

Análisis del crecimiento y estimación de la producción de rosas para flor cortada basada en variables climáticas.

D. Roca y P.F. Martínez.

Departamento de Horticultura. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 46113 Moncada. Valencia. (droca@ivia.es; pfmarti@ivia.es)

INTRODUCCIÓN.-

En un cultivo hidropónico de rosas en producción continua a lo largo de todo el año, empleado como modelo en un estudio sobre control automático integrado del sistema de producción sin suelo, en invernadero, se ha estudiado la evolución del crecimiento del cultivo y sus relaciones con parámetros fácilmente medibles, con el fin de encontrar modelos de estimación y predicción de la producción, con vistas a su integración en un sistema de control de la producción como submodelos. Al mismo tiempo, las informaciones prácticas obtenidas durante su desarrollo, pueden ser útiles para mejorar el manejo del cultivo. En el caso de los cultivos sin suelo en invernadero, apenas se dispone en la literatura de este tipo de información, ya que la existente es puntual, para periodos concretos, normalmente los óptimos para el cultivo de que se trate.

MATERIAL Y MÉTODOS.-

El estudio se ha llevado a cabo en un cultivo de rosa en producción continua cv. Dallas, en perlita, manejado por la técnica de tallos arqueados y con recirculación de la solución nutritiva. El invernadero es de policarbonato y dispone de calefacción del aire (mínima 16°C) y del sustrato (mínima 18°C), de sistema de regulación de humedad por nebulización de alta presión (mínima 50%) y, en verano, de sombreado con malla aluminizada sobre la cubierta al exterior del invernadero. La densidad de plantación es de 7 plantas/m². A lo largo de un mes representativo de cada estación (julio = verano; noviembre=otoño; enero=invierno; abril=primavera) se toman medidas de radiación fotosintéticamente activa (w.m⁻²), temperatura del aire (°C), DPV (kPa) y temperatura radicular (°C) de modo automático. Todos los tallos son cosechados en el punto de recolección y en el laboratorio se toman las siguientes medidas de los mismos: pesos frescos (g) y secos (g) totales por tallo floral - tras 72 h a 80°C -, peso seco de hojas (g), longitud del tallo floral (cm), número de hojas por tallo floral, área foliar total por tallo floral (cm²), diámetros de la base del tallo y del botón floral en mm, número de pétalos por botón floral, número de tallos florales por planta y mes, y niveles de concentración de nitrógeno total en las hojas (Kjeldhal). A su vez, se calculan las tasas relativas de producción floral mensuales (RGR en gramos de biomasa seca floral por planta y mes) y el área foliar específica (SLA en gramos de biomasa seca foliar por cm² de hoja), representativas de cada estación. Tanto la producción floral como las características de los tallos florales producidos son comparados entre estaciones tras ANOVA (para separación de medias se aplica el criterio de Tukey HSD al 99%). Además, para la obtención de las relaciones estimativas del incremento de biomasa floral por área de cultivo (BN en gramos de biomasa seca acumulada de tallos florales en punto de cosecha por metro cuadrado), se realiza, en cada estación, análisis de regresión múltiple con selección de variables "stepwise", siendo BN la variable dependiente y, las regresoras, tanto la integral de la radiación fotosintéticamente activa (PAR en MJ.m⁻²) como la integral térmica (CD en °C-día) correspondientes.

OBJETIVOS.-

Determinar qué factores fácilmente medibles pueden estimar la producción de tallos florales en cada estación y, por otra, discutir, por una parte, las diferencias estacionales obtenidas, tanto en la cantidad como en la calidad de la producción floral y, por otra, tratar de establecer asociaciones entre estas diferencias estacionales de la producción floral con los diferentes modelos estacionales obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.-

La Tabla 1 resume el conjunto de las condiciones climáticas en las que se ha desarrollado el cultivo. Merece destacarse el menor nivel de radiación interior en el invernadero durante los meses de verano, otoño e invierno. Durante el verano este bajo nivel se debe al empleo de la malla de sombreado citada. Sin embargo, a pesar de ello, los niveles térmicos mayores se alcanzan en verano y a ello se debe asimismo el mayor DPV que se registra en esta estación. La integral térmica en el invernadero es asimismo superior en verano y menor en invierno. Los niveles de temperatura radicular han oscilado en general entre 14 y 32°C según las estaciones.

En la Tabla 2 se muestran las relaciones estimativas de la producción floral obtenidas para cada estación. En primavera, verano e invierno, permanecen las dos variables regresoras. Mientras en primavera, los coeficientes de las dos variables son del mismo orden (0.471 y 0.393 para PAR y CD, respectivamente), en invierno y en verano, el coeficiente de la integral de radiación tiene un peso superior al de la temperatura. Las mayores tasas mensuales de producción floral de todo el año se dan en primavera y en verano (ver RGR en Tabla 3), pero mientras en primavera es mayor la integral de radiación PAR frente al verano, en éste, la integral térmica supera a la de primavera en un 20%, con lo que el mayor crecimiento deberá asociarse en mayor grado a la PAR recibida en primavera, y en verano - dados unos niveles de radiación similares a los de otoño e incluso invierno - a las elevadas temperaturas del aire (ver Tabla 1).

Por lo que se refiere a la relación estimativa obtenida en otoño, la integral de radiación ha sido rechazada tras la selección de variables con lo que la estimación de producción de biomasa es a través de la integral térmica. En otoño nos encontramos con los mayores áreas específicas foliares y niveles de nitrógeno foliar de todo el año (ver SLA y % N en Tabla 3) en la misma línea que resultados obtenidos con otro cultivar (Roca et al. 2008), y también de área foliar total por tallo y de longitud del mismo (ver Tabla 4). Las hojas con alta SLA se asocian con un mayor contenido de N (Coley et al. 1985; Coley, 1988; Reich et al. 1991, 1992), con mayor capacidad de fotosíntesis y una respuesta más flexible al aprovechamiento del nivel de luz disponible (Westloby, 1998) en condiciones de menor radiación (Wilson et al. 1999; Dahlgreen et al. 2006). Hay estudios que indican que las plantas con alta SLA disponen de más N y más capacidad de fotosíntesis neta por unidad de masa foliar (Walters y Ellsworth, 1997), esta es la situación que encontramos en otoño en nuestro trabajo. Se ha sugerido que este aumento del área foliar específica se debe a menores tasas de transpiración por mayor humedad ambiente (Givnish et al. 2004; Dahlgreen et al. 2006), en verano, sin embargo, nos encontramos con niveles de SLA equivalentes a los de invierno y bajos niveles de humedad ambiental (ver niveles de DPV en verano en Tabla 1).). Las plantas con mayor SLA están menos preparadas para el

estrés (Grime, 1979; Dahlgreen et al. 2006). Los niveles de SLA en verano y un reparto preferente de la biomasa del tallo floral hacia sus hojas (ver en Tabla 3 los elevados niveles del área foliar del tallo) frente al botón floral (Tabla 3: menores diámetro del botón y número de pétalos en los mismos) pueden asociarse, tanto a una respuesta adaptativa de la planta para captar más luz – niveles de luz similares a los de otoño –, como a una respuesta al estrés térmico para aumentar la superficie evaporativa que le permita, tanto refrigerarse, como mantener el flujo de transpiración y la absorción de nutrientes altamente demandados, dadas las considerables tasas de crecimiento floral (ver en Tabla 4 niveles RGR en verano). En primavera el SLA es más bajo (hojas más gruesas), la longitud de los tallos es la menor del año y también el área foliar total por tallo (Tabla 3), el reparto de biomasa es preferente hacia las hojas pero a costa de reducir la superficie evaporativa.

El elevado número de tallos jóvenes en crecimiento en verano y primavera, constituyen un fuerte sumidero de asimilados, coincidente con datos de otros trabajos (Mor y Halevy, 1979; Dayan et al. 2005; Roca et al. 2008), que da lugar a una competencia por los nutrientes disponibles. En primavera, los bajos niveles de DPV, el mayor grosor de la hoja (menor SLA), del tamaño de la flor y del número de pétalos, pueden relacionarse con la mayor disponibilidad de luz en primavera que, junto con temperaturas del aire en torno al óptimo permiten tanto un balance hídrico adecuado como una buena disponibilidad de las reservas acumuladas en invierno por la planta. Durante la primavera, se ha constatado (Roca et al. 2008) una mayor disponibilidad de las reservas acumuladas en invierno en las raíces, relacionada directamente con la capacidad de absorción mineral, mientras que en verano se observaron, sin embargo, menores niveles de azúcares solubles y de almidón en los tres compartimientos (tallos de flor, estructura y raíces) de la planta, confirmando resultados anteriores (Roca et al. 2005).

AGRADECIMIENTO.-

Este trabajo ha sido posible gracias a las siguientes personas: J.J. Cerdà, A. Tomás, y B. Hueso. El trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA RTA03-096-C5-5 y RTA2006-00158-00-00.

Tabla 1. Condiciones climáticas

		Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Radiación					
Integral mensual de radiación fotosintéticamente activa recibida por la planta (MJ.m ⁻²)		109.89	80.88	84.64	191.83
Intensidad de radiación máxima (medias diarias) (w.m ⁻²)					
(exterior)		1085	607	594	939
(interior)		481	565	522	926
Temperatura del aire					
Integral térmica mensual (°C-día)		698.6	529.2	508.2	586.6
Media de las máximas diarias		32.3	23.8	23.1	26.9
Media de las mínimas diarias		17.6	14.0	13.2	15.0
Temperatura radicular					
Media de las máximas diarias		32.48	25.69	24.8	27.39
Media de las mínimas diarias		19.1	15.2	14.0	16.7
Déficit de la presión de vapor del aire (kPa)					
Media de las máximas diarias		2.47	2.02	1.51	1.89
Media de las mínimas diarias		0.11	0.07	0.09	0.16

Tabla 2.- Modelos estacionales de estimación de producción de rosa cv. Dallas.

BN= biomasa acumulada neta mensual (g de materia seca . m⁻²); PAR= integral mensual de radiación fotosintéticamente activa interior; (MJm⁻²); CD= integral térmica mensual (°C-día).

estación	PAR	CD	modelo	r ²	Probabilidad		
	MJ m ⁻²	°C-día			PAR	CD	modelo
Verano	109.89	698.6	BN_v = 1,184 PAR + 0,163 CD	0,999	0,0013	0,0252	<0,0001
Otoño	80.88	529.2	BN_o = 0,390 CD	0,997	--	<0,0001	<0,0001
Invierno	84.64	508.2	BN_i = 0,513 PAR + 0,143 CD	0,999	0,0002	0,0001	<0,0001
Primavera	191.83	586.6	BN_p = 0,471 PAR + 0,393 CD	0,999	0,0418	0,0059	<0,0001

Tabla 3. Características de los tallos florales. Separación de medias (Tukey HSD al 99%). Letras diferentes muestran diferencias significativas. (p ANOVA <.0001)

estación	Longitud tallo (cm) (n=96)	N° hojas (n=20)	Area foliar (cm ² .tallo ⁻¹) (n=20)	Ø tallo (mm) (n=96)	Área foliar (cm ² . hoja ⁻¹) (n=20)	Longitud botón (mm) (n=96)	Ø flor (mm) (n=96)	N° pétalos (n=20)
Verano	104.90±5.94 b	18.15±2.39 b	1717.77±297.05 a	8.08±1.10 a	94.63±13.67 a	37.01±4.35 d	26.88±2.82 c	23.47±3.38 b
Otoño	116.81±9.23 a	18.20±2.57 b	1544.21±274.93 ab	8.17±0.92 a	84.90±11.59 b	42.38±3.17 c	28.09±2.52 b	24.10±2.23 ab
Invierno	118.29±10.25 a	20.60±2.68 a	1709.90±365.04 a	8.19±0.87 a	84.27±11.02 b	51.17±3.61 a	33.86±2.49 a	25.50±1.43 ab
Primav.	91.89 ±12.57 c	15.85±2.33 c	1463.16±331.56 b	7.94±1.18 a	91.58±11.99 a	47.47±3.67 b	33.09±3.19 a	25.92±2.36 a

Tabla 4.- Área foliar específica (SLA), tasa relativa de producción mensual (RGR) y niveles de concentración de nitrógeno total (%N) en las hojas. Separación de medias (Tukey HSD al 99%). Letras diferentes muestran diferencias significativas. (p ANOVA <.0001)

estación	SLA (cm ² .g ⁻¹) (n=20)	RGR _{mensual} (g.p ⁻¹) (n=96)	% N (mgNtot/100 mg ms hojas) (n=20 tallos)
Verano	151.50±42.98 b	32.40± 7.6 b	2.575± 0.021 c
Otoño	196.47±26.12 a	20.21± 4.1 c	3.537± 0.021 a
Invierno	170.48±14.36 b	13.76± 2.6 d	3.200± 0.021 b
Primav.	98.71±24.60 c	35.50 ± 9.3 a	2.222± 0.021 d

REFERENCIAS.-

- Brooks JR, Hinckley TM, Sprugel DG. 1994. Acclimation responses of mature *Abies amabilis* sun foliage to shading. *Oecologia*, 100: 316–324.
- Coley PD. 1988. Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of anti-herbivore defense. *Oecologia*, 74:531-536
- Coley PD, Bryant JP, Chapin, FS. 1985. Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science* 230:895-899
- Dahlgren JP, Eriksson O, Bolmgren K, Strindell M, Ehrlén J. 2006. Specific leaf area as a superior predictor of changes in field layer abundance during forest succession. *Journal of Vegetation Science*, 17:577-582.
- Dayan E, Plaut Z, Presnov E, Grava A. 2005. Long term production of rose flowers in the greenhouse under different cooling methods: I. Energy balance, flower yield and quality. *Europ. J. Hort. Sci.* 70:257-264.
- Givnish TJ, Montgomery RA, Goldstein G. 2004. Adaptive radiation of photosynthetic physiology in the Hawaiian lobeliads: light regimes, static light responses, and whole plant compensation points. *Am. J. Bot.* 91: 228-246.

- Grime JP.1979. Plant strategies and vegetation processes. Wiley, London, UK.
- Marshall JD, Monserud RA.2003. Foliage height influences specific leaf area of three conifer species. *Can. J. For. Res.* 33: 164–170
- Mor Y, Halevy AH.1979. Translocation of ^{14}C assimilates in roses. I. The effect of the age of the shoot and the location of the source leaf. *Physiol. Plant.* 45:177-182.
- Reich PB, Ellsworth DS, Walters MB. 1998. Leaf structure (specific leaf area) modulates photosynthesis-nitrogen relations: evidence from within and across species and functional groups. *Func. Ecol.*, 12:948-958.
- Reich PB, Uhl C, Walters MB, Ellsworth DS.1991. Leaf lifespan as a determinant of leaf structure and function among 23 tree species in Amazonian forest communities. *Oecologia* 86:16-24
- Reich PB, Walters MB, Ellsworth DS.1992. Leaf lifespan in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecol Monogr* 62:365-392
- Roca D, Martínez PF., Martínez S., Belda RM., Fornes F.2005. Seasonal carbohydrate and total nitrogen distribution in rose plants: developmental and growth implications. *Acta Hort.* 697:213-219.
- Roca D, Belda RM, Calatayud A, Gorbe E, Martínez PF.2008. Comparing mineral uptake efficiencies in rose plant flowering flushes under two climate conditions. *Acta Hort.* 801:1135-1141.
- Waring RH, McDonald AJS, Larsson S, Ericsson T, Wiren A, Arwidsson E, Ericsson A, Lohammar T. 1985. Differences in chemical composition of plants grown at constant relative growth rates with stable mineral nutrition. *Oecologia*, 66: 157–160.
- Westoby M, Falster DS, Moles AT, Vesk PA, Wright IJ. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33:125-159.
- Wilson PJ, Thompson K, Hodgson JG. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol.* 143: 155-162.