

Mejora de la productividad de la mandarina ‘Nova’: aspectos fisiológicos y medidas de manejo

Gambetta, G.¹; Borges, A.²; Espino, M.¹; da Cunha Barros, M.¹; Rivas, F.³; Arbiza, H.¹; Gravina, A.¹

¹Departamento de Producción Vegetal, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Garzón 780, C.P. 12900. Montevideo, Uruguay. gambetta@fagro.edu.uy

²Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Garzón 780, C.P. 12900. Montevideo, Uruguay.

³Mejoramiento Genético de Cítricos, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Salto, Uruguay. C. Correo 68033.

Recibido:6/5/08 Aceptado: 15/12/08

Resumen

En las condiciones del sur de Uruguay la mandarina híbrida ‘Nova’ presenta un comportamiento agronómico de tipo improductivo. Su brotación y floración es abundante, especialmente en los primeros años de producción, presentando baja relación hoja:flor y un muy bajo porcentaje de cuajado de frutos. Con el objetivo de mejorar su productividad se realizaron dos experimentos donde se evaluó el impacto de diferentes medidas de manejo sobre la intensidad de brotación y floración, dinámica de abscisión, cuajado final de frutos y componentes del rendimiento. El ácido giberélico (GA_3 , 40 mg L⁻¹) aplicado durante la ecodormición invernal (junio), redujo la intensidad de floración, a través de la disminución de la brotación e incremento en el porcentaje de brotes con hojas. Si bien esta modificación incrementó el porcentaje de cuajado, no produjo una mejora significativa del rendimiento. Aplicado en plena floración, el GA_3 (50 mg L⁻¹) retrasó la abscisión de frutitos, pero no mejoró el cuajado final y provocó disminución del tamaño de los frutos. El anillado de tronco 30 días post-antesis, tampoco incrementó el cuajado en el experimento que se realizó. Sin embargo, la combinación del GA_3 invernal con anillado aumentó el cuajado resultando en una mejora consistente del rendimiento y se presenta como una alternativa promisoriosa de manejo productivo.

Palabras clave: abscisión, ácido giberélico, anillado, *Citrus*

Summary

Improvement of ‘Nova’ mandarin productivity: physiological aspects and agricultural practices

Under Uruguayan southern conditions ‘Nova’ mandarin behaves as a low yielding cultivar. During the first years after planting, it shows high flowering intensity, low leaf:flower ratio and extremely low fruit set. To improve its productivity, different cultural practices were evaluated over two experiments. Flowering intensity, pattern of fruitlet abscission, final fruit set and yield were measured. Gibberellic acid (GA_3 , 40 mg L⁻¹) sprayed during winter period (June), significantly reduced flowering intensity due to a reduction in the sprouting intensity accompanied by an increase in the proportion of leafy shoots. Although GA_3 applied at this stage increased final fruit set, it did not significantly improve yield. GA_3 applied at full bloom (50 mg L⁻¹), delayed fruitlet abscission, but had no effect on final fruit set, and reduced fruit size. Girdling carried out 30 days after full bloom did not improve fruit set in the performed experiment. However, when combined with a winter GA_3 application, increased final fruit set and yield. Therefore, we conclude that this combined practice is the most suitable to enhance ‘Nova’ mandarin productivity.

Key words: abscission, *Citrus*, gibberellic acid, girdling

Introducción

La mandarina 'Nova', híbrido de mandarina 'Dancy' por tangelo 'Orlando', ha sido uno de los cultivares cítricos de mayor incremento en superficie plantada y producción en las dos últimas décadas en el Uruguay, ocupando el segundo lugar en número de plantas y el tercero en producción dentro del grupo de mandarinas e híbridos (MGAP-DIEA, 2009). Sus frutos se caracterizan por una excelente calidad externa, así como buen sabor, alto porcentaje de jugo y prolongada vida post-cosecha (Saunt, 2000). Su comportamiento agronómico en las condiciones agroecológicas de nuestro país, en ausencia de polinización cruzada, no es satisfactorio. Arias *et al.* (1996) reportan para plantas jóvenes en la zona de Paysandú (Uruguay, 31° LS), altos niveles de floración y bajos porcentajes de cuajado, no logrando alcanzar buenos rendimientos. Un exhaustivo estudio realizado por Rivas *et al.* (2004) en la zona de Kiyú (Uruguay, 35° LS), confirma la existencia de problemas de cuajado tanto en la fase inicial como final del período de caída fisiológica, pudiendo clasificarla como un cultivar de tipo improductivo.

En cultivares con este tipo de comportamiento se han evaluado medidas de manejo para incrementar y regularizar la producción. La aplicación de ácido giberélico (GA_3) en el período de inducción floral ha sido citado como eficaz en la disminución de la floración y en forma indirecta en la mejora del cuajado en tangor 'Ellendale' de similar hábito productivo, a través de un incremento en la relación hoja:flor (Gravina *et al.*, 1996).

La aplicación de GA_3 en plena floración ha demostrado incrementar significativamente el cuajado en cultivares autoincompatibles como Clementina 'Fina' (El-Otmani *et al.*, 1992), naranja 'Navelate' (Agustí *et al.*, 1982a) o en los híbridos 'Minneola', 'Nova', 'Orlando', 'Osceola' y 'Robinson' (Krezdorn y Jernberg, 1977; Goren, *et al.*, 1992). Sin embargo, ha sido poco consistente o ineficiente en cultivares de bajo índice de partenocarpia natural como 'Ellendale' (Gravina *et al.*, 1994; Rabe y van Rensburg, 1996). El efecto de la aplicación de GA_3 en esta etapa se asocia a los contenidos endógenos de giberelinas y por tanto, en aquellas variedades con niveles deficitarios, se hace evidente el estímulo sobre el cuajado (Talón *et al.*, 1992).

El anillado de tronco o ramas realizado desde 15 días pre-antesis (Rivas *et al.*, 2006b) hasta 30 días post-caída de pétalos (Agustí *et al.*, 1992; Duarte y Guardiola, 1996; Rabe y van Rensburg, 1996; Rivas *et al.*, 2006b)

ha sido citado como una medida eficiente en la mejora del cuajado en cultivares improductivos. El modo de acción del anillado se ha relacionado con cambios en el contenido hormonal en la planta (Wallerstein *et al.*, 1973), pero la hipótesis general hace relación a cambios en el transporte y acumulación de carbohidratos en la parte aérea (Wallerstein *et al.*, 1974; Rivas *et al.*, 2006b, 2007).

En el presente trabajo se estudia el efecto de estas medidas de manejo aplicadas en forma individual o combinadas sobre la floración, el cuajado de frutos y el rendimiento de la mandarina 'Nova' en las condiciones agroecológicas del sur del Uruguay.

Materiales y métodos

Se realizaron dos experimentos en un establecimiento comercial en el departamento de San José (35° LS). Se utilizaron plantas jóvenes en producción (7-8 años de edad) de mandarina 'Nova' [*Citrus reticulata* Hort.ex Tan. × (*C.paradisi* McF. × *C.tangerina* Hort.ex Tan)], injertadas sobre *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., con una distancia de plantación de 5.5 × 3 m y bajo las condiciones de fertirriego realizadas en el establecimiento. La fertilización aplicada por hectárea en cada ciclo productivo fue de 110 unidades de N, 60 de P, 25 de K, 10 de Ca, 15 de Mg y 2 de Zn. El riego se realizó en función de la evapotranspiración del cultivo, calculada a partir de la siguiente ecuación: $ET_c = ET_o \times K_c$, donde ET_o es la evapotranspiración de referencia (Allen *et al.*, 1998), estimada con datos de una estación meteorológica de la quinta y K_c es el coeficiente de cultivo para cítricos en Uruguay (García y Castel, 2007).

Experimento 1. Se realizaron seis tratamientos, en un diseño de parcelas al azar, con seis repeticiones y un árbol como unidad experimental (Cuadro 1). Se seleccionaron plantas con bajo rendimiento (promedio de 19 kg planta⁻¹) en la cosecha del año anterior.

Se aplicó GA_3 en invierno, durante el período de mayor sensibilidad registrado en Uruguay por Gravina *et al.* (1996). La concentración fue de GA_3 40 mg L⁻¹ y se acidificó la solución a pH 4.5 con H₃PO₄. Se agregó un adherente no iónico (Dusilan SP) a razón de 0.25 ml L⁻¹ de agua. Las aplicaciones se realizaron a punto de goteo con pulverizadora y el gasto fue de 3.5 L planta⁻¹. La aplicación de GA_3 en primavera se hizo en antesis (aproximadamente 50 % de flores abiertas) a una concentración de 50 mg L⁻¹ y en las mismas condiciones que la aplicación invernal. El anillado se realizó 30 días post-antesis (DPA) y consistió en un corte de 1 mm de an-

Cuadro 1. Tratamientos realizados en los dos experimentos en mandarina 'Nova', Kiyú, 35°LS, Uruguay.

Tratamientos	Experimento 1	Experimento 2
T1	Control Alta Flor (AF) ^z	Control Alta Flor (AF)
T2	GA ₃ (I) ^y + GA ₃ (P) ^x	AF-GA ₃ (I)
T3	GA ₃ (I) + Anillado ^w	AF-GA ₃ (I) + Anillado
T4	Anillado	Control Media Flor (MF)
T5	GA ₃ (P)	MF-GA ₃ (I) + Anillado
T6	GA ₃ (I)	Control Baja Flor (BF)

^zAF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

^yGA₃ (I): aplicado en invierno: 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40 mg L⁻¹).

^xGA₃ (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg L⁻¹).

^wAnillado: realizado 30 días post antesis, 19/11 y 4/11, experimento 1 y 2 respectivamente.

cho, rodeando completamente el tronco (10-20 cm por debajo de la inserción de las ramas principales), con navajas de filo circular, sin llegar a dañar el xilema.

Experimento 2. Se utilizaron plantas con tres niveles de rendimiento, alto (54 kg planta⁻¹), medio (37 kg planta⁻¹) y bajo (10 kg planta⁻¹), con baja floración esperada (menos de 20 flores cada 100 nudos), media (entre 20 y 70) y alta (más de 70 flores cada 100 nudos) en la siguiente primavera (BF, MF, AF respectivamente). Se consideró un control para cada situación. En AF se aplicó GA₃ invernal sólo (40 mg L⁻¹) o combinado con anillado (30 DPA) y en MF se realizó el tratamiento combinado. El diseño y número de repeticiones fue el mismo que en el experimento 1 (Cuadro 1).

En todos los experimentos se seleccionaron cuatro ramas por árbol conteniendo al menos 300 nudos cada una, en madera de menos de un año. En antesis (50 % flores abiertas) se contabilizó el número de nudos totales, número y tipo de brote y número total de flores y hojas por brote. Con esta información se determinó la intensidad de floración y brotación y su distribución porcentual por tipo de brote. A partir de los siete días de la antesis y con una frecuencia de aproximadamente 20 días hasta el fin de la caída fisiológica, se contabilizó el número de frutitos presentes en las ramas seleccionadas, para el estudio de la dinámica de abscisión. Al final de la caída fisiológica, se contabilizó el número de frutos en las mismas ramas para establecer el porcentaje de cuajado final por tratamiento.

La cosecha se realizó de acuerdo a criterios comerciales y se cuantificó el número de frutos y el rendimiento (kg por árbol) y con estos datos se determinó el peso medio de los frutos.

Análisis estadísticos. Las variables continuas se analizaron por el Modelo Lineal General (procedimiento GLM del Programa SAS/STAT®, 1997) y la separación de medias por prueba Tukey ($p \leq 0.05$). Las proporciones se analizaron por razón de verosimilitud, utilizando el Modelo Lineal Generalizado (procedimiento GENMOD del Programa SAS/STAT®, 1997), asumiendo distribución binomial con función de enlace logit ($\log [p/(1-p)]$). Para poder comparar la dinámica de abscisión de cada tratamiento se ajustaron curvas logísticas y se compararon los parámetros de las curvas a través de una prueba de Chi cuadrado. Adicionalmente, se construyeron intervalos fiduciales de confianza ($1-\alpha = 0.95$) para determinar los días en que cayó el 50 y el 75 % de los frutos en cada tratamiento.

Resultados y discusión

Efecto de la aplicación de GA₃ invernal sobre la brotación y floración

La floración en el experimento 1 y en la situación de alta floración del experimento 2, se ubicó en intensidades altas, mayores a 100 flores/100 nudos (Cuadro 2).

La aplicación invernal de GA₃ (40 mg L⁻¹) provocó una disminución significativa de la intensidad de floración en el experimento 1 y tendió a hacerlo en el experimento 2, reduciéndola a una intensidad similar al control de floración media en dicho experimento. En la situación de media floración, la aplicación logró un descenso significativo de la misma, alcanzando el nivel del control de baja floración. En todos los casos la reducción se dio a través de la disminución de la intensidad

Cuadro 2. Intensidad de floración expresada como flores/100 nudos en árboles control y tratados con GA₃ invernal, mandarina ‘Nova’. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones.

Tratamiento	Experimento 1	Experimento 2
Control AF ^z	167 a ^y	103 a
AF- GA ₃ (I) ^x	117 b	71 ab
Control MF	--	55 b
MF- GA ₃ (I)	--	22 c
Control BF	--	19 c

^zAF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

^yGA₃ (I): aplicado en invierno: 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40 mg L⁻¹).

^xGA₃ (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg L⁻¹).

^vAnillado: realizado 30 días post antesis, 19/11 y 4/11, experimento 1 y 2 respectivamente.

de la brotación (brotes/100 nudos) y de cambios en la distribución de los diferentes brotes (Cuadro 3). En este sentido, lo más relevante fue la disminución de los brotes de flor solitaria y el incremento de los tres tipos de brote con hojas (vegetativos, de flor terminal y mixtos).

Resultados similares se han obtenido en nuestras condiciones en tangor ‘Ellendale’ (Gravina *et al.*, 1996). El efecto del GA₃ se traduce en una redistribución de brotes, con incremento de los brotes con hojas y su eficiencia disminuye a medida que la floración natural se incrementa. A su vez la respuesta está asociada a la concentración utilizada y al momento de mayor sensibilidad

Cuadro 3. Influencia de la aplicación de GA₃ invernal en la brotación y distribución porcentual por tipo de brote en mandarina ‘Nova’. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones.

Experimento	Tratamiento	Brotes/100 nudos	Tipo de Brote (%)				
			Vegetativo	Terminal	Mixto	Solitario	Inflorescencia
1	Control	100 a ^z	0.2 b	0.6 b	5.9 b	63.2 a	30.2 a
	GA ₃ (I) ^y	65 b	3.5 a	4.8 a	16.9 a	46.5 b	33.1 a
2	Control AF ^x	74 a	0.9 d	1.4 d	5.5 c	72.9 a	19.3 b
	AF-GA ₃ (I)	38 b	3.6 c	5.1 c	10.9 ab	44.8 b	35.5 a
	Control MF	35 b	11.0 b	12.1 b	11.4 ab	46.6 b	18.9 b
	MF-GA ₃ (I)	19 c	39.2 a	24.4 a	15.6 a	13.9 c	7.0 c
	Control BF	20 c	36.0 a	18.2 a	8.1 bc	24.0 c	13.3 bc

^zLetras diferentes en columnas dentro de cada experimento indican diferencias significativas (p<0.05).

^yGA₃ (I): 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40mg L⁻¹).

^xAF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

de las yemas (Iwahori y Oohata, 1981; Lord y Eckard, 1987; El-Otmani *et al.*, 2000).

Cuajado de frutos

El cuajado final en cítricos está asociado a factores externos como el estado hídrico de las plantas y la temperatura, las cuales fueron comunes a todos los tratamientos. En términos generales un incremento en la intensidad de floración disminuye el cuajado de todos los tipos de brote y por lo tanto del árbol (Agustí *et al.*, 1982b; Guardiola *et al.*, 1984). Dentro de los factores endógenos que regulan el cuajado, los frutos ubicados en brotes con hojas se han reportado como los de mayor probabilidad de supervivencia por la cercanía de la fuente (Jahn, 1973), por su aparición más tardía en la estación lo que les permite un régimen térmico más favorable (Lovatt *et al.*, 1984), por el mayor diámetro de los haces vasculares (Erner y Shomer, 1996) y por presentar un balance endógeno GA₃:ABA más alto que los brotes sin hojas (Sagee y Erner, 1991). A nivel nacional Da Cunha Barros y Gravina (2006) en Ortanique y Rivas *et al.* (2006a), en ‘Nova’ también encontraron mayor porcentaje de cuajado en brotes con hojas, especialmente en los uniflorales. Adicionalmente, los primeros autores reportan que los brotes con más de cinco hojas presentan mayor porcentaje de cuajado que los brotes con cuatro hojas o menos.

La evolución de la abscisión de estructuras reproductivas a partir de la antesis, evaluada en el experimento 1, evidenció un comportamiento diferencial entre tratamientos (Figura 1). Las pendientes de las curvas ajustadas de los dos tratamientos que incluyeron GA₃ en primavera fueron diferentes al control, lo que representa una dinámica de abscisión distinta.

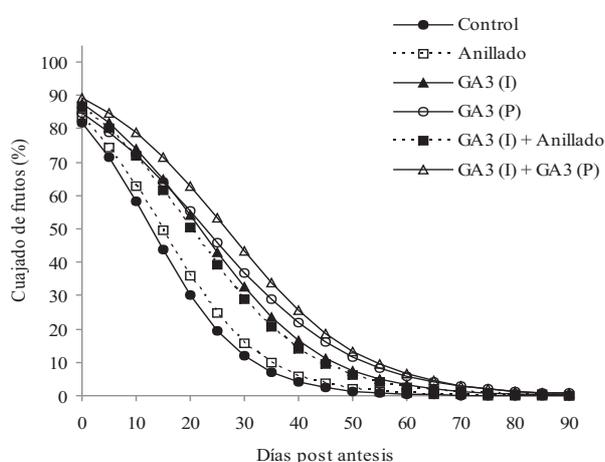


Figura 1. Evolución del cuajado de frutos por tratamiento en mandarina 'Nova', Experimento 1: curvas logísticas ajustadas con datos correspondientes a 24 ramas por tratamiento. GA₃ (I): aplicado 19/6 (40 mg L⁻¹), GA₃ (P): aplicado con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg L⁻¹) y Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11.

Adicionalmente, y en relación con los datos cuantificados, las plantas tratadas con GA₃ invernacional, primavera o en ambos momentos, significativamente retuvieron por más tiempo el 50 y el 25 % de los frutos que las plantas control (Figura 2). Mientras que en éste la abscisión del 50 y 75 % de los frutos se produjo en solo 13 y 22 días respectivamente, con el tratamiento com-

binado dichos porcentajes de caída se completaron en 27 y 40 días.

El cuajado final en las plantas tratadas con GA₃ invernacional (aplicación individual, o combinada con GA₃ en primavera, o anillado) fue significativamente mayor al control (Cuadro 4), confirmando reportes previos de Gravina *et al.* (1996) en 'Ellendale'. El mismo resultado se encontró en la situación de floración media del experimento 2.

Esto puede explicarse por la disminución de la intensidad de floración y por el cambio en la brotación causado por el GA₃ invernacional, verificándose un mayor porcentaje de brotes vegetativos, de flor terminal y mixtos en relación al control (Cuadro 3).

El anillado como medida de manejo individual no modificó el cuajado de frutos en el experimento que se realizó (Cuadro 4). Esta práctica, sin embargo, ha demostrado ser efectiva en la mayoría de las especies y variedades de frutales (Agustí *et al.*, 1992; Goren *et al.*, 2003; Gravina *et al.*, 1998).

Los resultados obtenidos con aplicación de GA₃ en primavera son similares a los encontrados por Talón *et al.* (2001) en mandarina 'Nova', por Gravina *et al.* (1994) en 'Ellendale' y Espino *et al.* (2005) en 'Ortanique', no confirmando datos previos de Krezdorn y Jernberg (1977) y Goren *et al.* (1992) en varios híbridos. Considerando globalmente las medidas de manejo asociadas al comportamiento fisiológico, se sugiere que en las variedades que no responden a la apli-

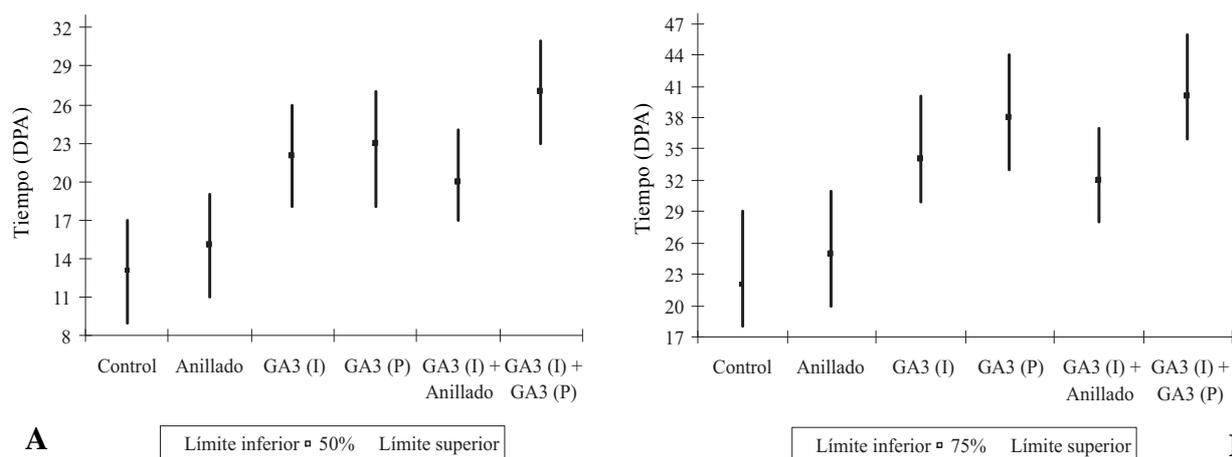


Figura 2. Tiempo (días post floración) en que se alcanzó el 50 % (A) y el 75 % (B) de abscisión de estructuras reproductivas [intervalos fiduciales de confianza ($1 - \alpha = 0.95$)], por tratamiento en mandarina 'Nova'. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones. GA₃ (I): aplicado 19/6 (40 mg.L⁻¹), GA₃ (P): aplicado con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L⁻¹) y Anillado: realizado 30 días post antesis, 19/11.

Cuadro 4. Porcentaje final de cuajado por tratamiento en condiciones de alta floración, mandarina ‘Nova’. Cada valor corresponde al promedio de 4 ramas por árbol con al menos 300 nudos y 6 repeticiones.

Tratamiento	Cuajado de frutos (%)	
	Experimento 1	Experimento 2
Control AF ^z	0.57 c ^y	1.57 b
GA ₃ (I) ^x	1.26 a	2.63 a
GA ₃ (P) ^w	0.79 bc	--
Anillado ^v	0.51 c	--
GA ₃ (I) + GA ₃ (P)	1.65 a	--
GA ₃ (I) + Anillado	1.17 ab	2.81 a

^zAF: alta floración.

^yLetras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

^xGA₃ (I): aplicado en invierno: 19/6, 27/6, experimento 1 y 2 respectivamente (40 mg.L⁻¹).

^wGA₃ (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L⁻¹).

^vAnillado: realizado 30 días post antesis, 19/11 y 4/11, experimento 1 y 2 respectivamente.

cación de GA₃ en floración, el factor limitante para la producción no es el cuajado inicial sino la alta tasa de abscisión posterior, relacionada más a la competencia por carbohidratos que a una restricción del aporte de giberelinas.

La abscisión de estructuras reproductivas inmediatamente después de la antesis, se atribuye básicamente a factores de tipo hormonal, y la aplicación de un estímulo exógeno como el GA₃ detiene la caída transitoria. El cambio encontrado en la dinámica de abscisión, indica un estímulo inicial del cuajado en respuesta al aporte hormonal exógeno que se evidencia en

variedades con bajos niveles endógenos de giberelinas, tal como lo reporta Talón *et al.* (1992) y que sería también válido para ‘Nova’. En la segunda etapa, cuando los aportes de carbohidratos se vuelven más limitantes dada la intensidad de la competencia, la abscisión aumenta (Mehouachi *et al.*, 1995; Rivas *et al.*, 2006b).

Nuestros resultados indican que los tratamientos combinados de GA₃ en invierno con anillado post-antesis, o la doble aplicación de GA₃ en invierno y primavera, resultaron consistentes en la mejora del cuajado final. Aunque la aplicación individual de GA₃ en floración no mejoró el cuajado final, se sugiere que potencia los resultados obtenidos con la aplicación invernal.

Rendimiento y tamaño de fruto

En correspondencia con los resultados en floración y cuajado, el rendimiento por árbol se incrementó en varios de los tratamientos, siendo significativo en la combinación de GA₃ invernal con anillado en las dos situaciones de alta floración. El mayor rendimiento obtenido con esta combinación, se explica por el incremento en el número de frutos cosechados que solo alcanzó significancia estadística en el experimento 2 (Cuadros 5 y 6).

En dicho experimento los controles de intensidad de floración media y baja, alcanzaron rendimientos superiores al control de alta floración y muy similares entre sí, vinculado al porcentaje de cuajado alcanzado en ambos casos. En relación a los tratamientos, es relevante el resultado obtenido en alta floración con el tratamiento combinado de GA₃ invernal y anillado, ya que además de superar significativamente al control de dicha intensidad, iguala en el rendimiento y sus componentes a los controles de floración media y baja (Cuadro 6). Estos dos, en los que se obtuvieron altos rendi-

Cuadro 5. Rendimiento, número de frutos por planta y peso medio de frutos por tratamiento, mandarina ‘Nova’. Experimento 1. Cada valor corresponde al promedio de 6 árboles.

Tratamientos	Rendimiento (kg/planta)	Número de frutos/planta	Peso medio de fruto (g)
Control	38.3 b ^z	475 ab	84.5 a
GA ₃ (I) ^y	46.5 ab	579 ab	82.0 ab
GA ₃ (P) ^x	38.1 b	563 ab	68.5 b
Anillado ^w	39.5 ab	418 b	92.9 a
GA ₃ (I) + GA ₃ (P)	42.1 ab	616 ab	68.4 b
GA ₃ (I) + Anillado	56.1 a	694 a	81.8 ab

^zLetras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

^yGA₃ (I): aplicado en invierno: 19/6, (40 mg.L⁻¹).

^xGA₃ (P): aplicado en primavera con 50% de flores en antesis, 21/10 (50 mg.L⁻¹).

^wAnillado: realizado 30 días post antesis, 19/11.

Cuadro 6. Rendimiento, número de frutos por planta y peso medio de frutos por tratamiento, mandarina ‘Nova’. Experimento 2. Cada valor corresponde al promedio de 6 árboles.

Tratamientos	Rendimiento (kg/planta)	Número de frutos/planta	Peso medio de fruto (g)
Control AF ^z	64.8 b ^y	772 b	84.2 ns
AF-GA ₃ (I) ^x	59.1 b	892 ab	67.2 ns
AF-GA ₃ (I) + Anillado ^w	81.9 a	1096 a	74.7 ns
Control MF	78.7 ab	1141 a	69.5 ns
MF-GA ₃ (I) + Anillado	84.1 a	1144 a	73.8 ns
Control BF	80.4 ab	1020 ab	82.5 ns

^zAF: alta floración; MF: floración media; BF: baja floración.

^yLetras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

^xGA₃(I): aplicado en invierno: 27/6, (40 mg L⁻¹).

^wAnillado: realizado 30 días post antesis, 4/11.

mientos (superiores a 80 kg y 1000 frutos por planta), indican que la mandarina ‘Nova’ en situaciones de floraciones ubicadas entre 20-50 flores cada 100 nudos, no presenta problemas de cuajado y logra alta producción sin necesidad de un manejo específico.

En ambos experimentos, ninguna de las medidas individuales aplicadas presentó resultados consistentes. El GA₃ aplicado en invierno, aunque incrementó ligeramente el número de frutos cosechados, no fue suficiente para mejorar significativamente el rendimiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Duarte *et al.* (2006) en satsuma ‘Clausellina’, Espino *et al.* (2005) en ‘Ortanique’ y Gravina *et al.* (1996) en ‘Ellendale’, los que reportan que como medida individual en general es insuficiente para mejorar la productividad. El anillado, en las condiciones del experimento, no mejoró el cuajado ni los componentes del rendimiento, a diferencia de lo reportado anteriormente (Goren *et al.*, 2003; Gravina *et al.*, 1998; Rivas *et al.*, 2006b). El GA₃ en primavera no mejoró el rendimiento y, adicionalmente, provocó disminución significativa en el peso promedio de frutos.

La mayor efectividad se logra al combinar el tratamiento de GA₃ invernal con el anillado 30 días post-antesis, lo que se puede explicar a través de lo publicado por Rivas *et al.* (2007), donde se demuestra que el anillado de ramas o tronco, incrementa el cuajado final exclusivamente en brotes con hojas, debido a un aumento de la eficiencia fotosintética de las hojas nuevas que acompañan a los frutitos en desarrollo. En las condiciones de nuestros experimentos, la aplicación de GA₃ invernal, aumentó el porcentaje de brotes con hojas, y con el anillado el cuajado final y el rendimiento.

En general, el rendimiento final en cítricos presenta una correlación positiva con el número de frutos cosechados (Guardiola, 1988). Nuestros resultados, indican

valores de correlación de $r = 0.97$ y 0.72 en ambos experimentos, respectivamente. En algunos casos, el aumento en el número de frutos por planta, se tradujo en una tendencia a disminuir el peso promedio de los mismos, efecto citado previamente por Goldschmidt y Monselise (1977) y Guardiola (1988). El menor peso promedio de frutos con aplicación de GA₃ en primavera no puede ser atribuido al número de frutos, ya que presenta valores similares a los demás tratamientos (Cuadro 5). La disminución del peso promedio de frutos puede ser debida al estímulo del cuajado inicial (Figura 1), lo cual mantiene durante más tiempo la competencia por metabolitos entre los frutos. En esta fase el crecimiento se reduce (Guardiola *et al.*, 1984) y de mantenerse los frutos en el árbol, el tamaño final se ve afectado negativamente. Este efecto fue reportado para el híbrido ‘Fortune’ por Rivas *et al.* (2006b) y es sustentado por otros trabajos que sostienen que el tamaño del ovario en las fases del desarrollo de la flor y frutito es determinante del tamaño final (Guardiola, 1988).

Con estos resultados se verifica que la redistribución por tipo de brote como consecuencia de la aplicación exógena de GA₃ (40 mg L⁻¹) durante el período inductivo, tiene un efecto indirecto en la mejora del cuajado. Por otra parte, el tratamiento de GA₃ (50 mg L⁻¹) aplicado en antesis, retrasa la abscisión, sin lograr un incremento significativo del cuajado final de frutos.

Desde el punto de vista agronómico, se puede concluir que la aplicación de GA₃ invernal combinada con anillado de tronco 30 días post-antesis, incrementa en forma consistente la productividad de mandarina ‘Nova’ en situaciones de alta floración. Con floraciones de menor intensidad y mayor porcentaje de brotes con hojas, el cuajado y la producción de ‘Nova’ alcanza niveles satisfactorios sin medidas específicas de manejo. Estos resultados señalan la necesidad de un manejo

diferencial de las plantas, tendiente a regularizar la floración y consecuentemente la producción en una misma parcela.

Agradecimientos

Trabajo financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica, Universidad de la República, Uruguay. Se agradece a los Ingenieros Agrónomos Alegre Sasson y Federico Montes, y al Sr. Roberto Marrero por la cesión del establecimiento para la realización del trabajo y la colaboración en las tareas de aplicación de tratamientos y cosecha.

Bibliografía

- Agustí, M.; García-Marí, F. and Guardiola, J. L.** 1982a. Gibberellic acid and fruit set in sweet orange. *Sci. Hort.* 17:257-264.
- Agustí, M.; García-Marí, F. and Guardiola, J. L.** 1982b. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. *Sci. Hort.* 17:343-352.
- Agustí, M.; Almela, V. and Pons, J.** 1992. Effects of girdling on alternate bearing in Citrus. *J. Hort. Sci.* 67:203-210.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. and Smith, M.** 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56, FAO, Rome.
- Arias, M.; Ronca, F.; Arbiza, H. and Gravina, A.** 1996. Reproductive Phenological Behaviour of 'Nova' and 'Clementina de Nules' mandarins in Uruguay. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 2:1052-1056.
- Da Cunha Barros, M. y Gravina, A.** 2006. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tangor Ortanique. *Agrociencia X* (1):37-46.
- Duarte, A. M. and Guardiola, J. L.** 1996. Flowering and fruit set of 'Fortune' hybrid mandarin. Effect of girdling and growth regulators. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (2):1069-1071.
- Duarte, A. M.; García-Luis, A.; Molina, R. V.; Monerri, C.; Navarro, V.; Nebauer, S. G.; Sánchez-Perales, M. and Guardiola, J. L.** 2006. Long-term effect of winter gibberellic acid sprays and auxin applications on crop value of 'Clausellina' Satsuma. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131(5):586-592.
- El-Otmani, M.; Ben Ismail, M.; Ait Oubahou, M. and Achouri, M.** 1992. Growth regulators use on 'Clementine' mandarin to improve fruit set. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (1):500-508.
- El-Otmani, M.; Coggins, Ch.; Agustí, M. and Lovatt, C.** 2000. Plant growth regulators in Citriculture: World current uses. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 19(5):395-447.
- Erner, Y. and Shomer, I.** 1996. Morphology and anatomy of stems and pedicels of spring flush shoots associated with Citrus fruit set. *Ann. Bot.* 77:537-545.
- Espino, M.; Borges, A.; da Cunha Barros, M.; Gambetta, G. y Gravina, A.** 2005. Manejo de la floración y cuajado en tangor 'Ortanique'. *Memorias 2° Simposio Investigación y desarrollo tecnológico en Citrus.* Facultad de Agronomía Montevideo, Uruguay: CD, N° 16: 4p.
- García Petillo, M. and Castel, J.R.** 2007. Water balance and crop coefficient (Kc) estimation of a citrus orchard in Uruguay. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 5(2): 232-243.
- Goldschmidt, E. E. and Monselise, S. P.** 1977. Physiological assumptions toward the development of Citrus fruiting model. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (1):668-672.
- Goren, R.; Huberman, M. and Goldschmidt, E. E.** 2003. Girdling: physiological and horticultural aspects. *Hort. Rev.* 30:1-36.
- Goren, R.; Huberman, M. and Riov, J.** 1992. Effects of gibberellins and girdling on the yield of 'Nova' (Clementin' x 'Orlando' tangelo) and 'Niva' ('Valencia' x Wilking'). *Proc. Int. Soc. Citriculture* (1): 493-499.
- Gravina, A.; Arbiza, H. y Balbi, V.** 1994. Efecto de aplicaciones de ácido giberélico y anillado sobre la producción de tangor 'Ellendale' (*C. sinensis* L. Osb. X *C. reticulata* Bl.) en Uruguay. *Fruticultura Profesional.* 61:17-22.
- Gravina, A.; Arbiza, H.; Juan, M.; Almela, V. and Agustí, M.** 1996. Flowering-fruiting interrelationships in 'Ellendale' tangor under the growing conditions of Spain and Uruguay. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (2):1081-1085.
- Gravina, A.; Juan, M.; Arbiza, H.; Almela, V.; Coelli, V. y Agustí, M.** 1998. Respuesta productiva de tangor 'Ellendale' (*C. sinensis* L. Osb. X *C. reticulata* Bl.) a diferentes fechas de anillado. *Agrociencia II* (1):112-116.
- Guardiola, J. L.** 1988. Factors limiting productivity in Citrus. A physiological approach. *Proc. 6th Int. Citrus Congress* (1):381-394.
- Guardiola, J. L.; García-Marí, F. and Agustí, M.** 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. *Physiol. Plant.* 62:297-302.
- Iwahori, S. and Oohata, J.** 1981. Control of flowering of 'Satsuma' mandarins (*Citrus unshiu* Marc.) with gibberellin. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (1): 247-249.
- Jahn, O.L.** 1973. Inflorescence types and fruiting patterns in 'Hamlin' and 'Valencia' oranges and 'Marsh' grapefruits. *Amer. J. Bot.* 60(7):663-670.
- Krezdorn, A. H. and Jernberg, D.C.** 1977. Field evaluation of growth regulators for fruit set. *Proc. Int. Soc. Citriculture* (2):660-663.
- Lord, E. M. and Eckard, K. J.** 1987. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington navel orange). II. Alterations of developmental fate of flowering shoots after GA treatment. *Bot. Gaz.* 148:17-22.

- Lovatt, C.; Streeter, S.; Minter, T.; O'Connell, N.; Flaherty, D.; Freeman, M. and Goodell, P.** 1984. Phenology of flowering of *Citrus sinensis* L.Osbeck cv. 'Washington' navel orange. Proc. Int. Soc. Citriculture (1):186-190.
- Mehouachi, J.; Serna, D.; Zaragoza, S.; Agustí, M.; Talón, M. and Primo-Millo, E.** 1995. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. Plant Science. 107:189-197.
- MGAP-DIEA.** 2009. Encuesta Citrícola Primavera 2008. Serie Encuestas N° 271, 16p.
- Rabe, E. and van Reensburg, P.** 1996. Gibberellic acid sprays, girdling, flower thinning and potassium applications affect fruit splitting and yield in the 'Ellendale' tangor. J. Hort. Sci. 71(2):195-203.
- Rivas, F.; Arbiza, H. y Gravina, A.** 2004. Caracterización del comportamiento reproductivo de la mandarina 'Nova' en el sur del Uruguay. Agrociencia IV (2): 79-88.
- Rivas, F.; Arbiza, H.; Borges, A.; Gambetta, G. y Gravina, A.** 2006a. Caracterización del comportamiento reproductivo de la mandarina Nova en el sur del Uruguay. TodoCitrus. 32: 22-31.
- Rivas, F.; Erner, Y.; Alós, E.; Juan, M.; Almela, V. and Agustí, M.** 2006b. Girdling increases carbohydrates availability and fruit set in *Citrus* irrespective of cultivar parthenocarpic ability. J. Hort. Sci. & Biotech. 81(2):289-295.
- Rivas, F.; Gravina, A. and Agustí, M.** 2007. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two *Citrus* cultivars. Tree Physiol. 27:527-535.
- Sagee, O. and Erner, Y.** 1991. Gibberellic and abscisic acid contents during flowering and fruit set of 'Shamouti' orange. Sci. Hort. 48:29-39.
- SAS/STAT®.** 1997. Software: Changes and enhancements through release 6.12, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1167p.
- Saunt, J.** 2000. Citrus Varieties of the World. Sinclair Int.Lim., England. 156p.
- Talón, M.; Zacarías, L. and Primo-Millo, E.** 1992. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. Plant Physiol. 99:1575-1581.
- Talón, M.; Tadeo, F.R.; Juan, M.; Soler, J.; Agustí, M. y Primo, E.** 2001. Mejora del cuajado del fruto de los Cítricos mediante aplicaciones de ácido giberélico. Fruticultura Profesional 116:31-45.
- Wallerstein, I.; Goren, R. and Monselise, S. P.** 1973. Seasonal changes in gibberellin-like substances of Shamouti orange (*Citrus sinensis* (L) Osb) trees in relation to ringing. J. Hort. Sci. 48:75-82.
- Wallerstein I.; Goren, R. and Monselise, S. P.** 1974. The effect of girdling on starch accumulation in sour orange seedlings. Can. J. Bot. 52:935-937.