

REVISIÓN

Aplicación del ácido giberélico en Citrus: revisión de resultados experimentales en Uruguay

Gravina, A.¹

¹*Departamento de Producción Vegetal. Ecofisiología de Citrus. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Garzón 780, C.P. 12900. Correo electrónico: agravina@fagro.edu.uy Montevideo, Uruguay*

Recibido: 19/4/2007 Aceptado: 25/9/2007

Resumen

En esta revisión se presentan los principales resultados experimentales obtenidos con la aplicación de ácido giberélico (GA_3) en el control y mejora del ciclo reproductivo de variedades de Citrus en Uruguay. El GA_3 asperjado en concentraciones de 20 - 40 mg.L⁻¹ durante el período de ecodormición (otoño-invierno) logra disminuir en forma significativa el número de flores formadas en los híbridos “Ellendale”, “Nova”, “Ortanique”, en mandarina ‘Montenegrina’ y en naranjo dulce “Washington” navel. La eficacia del GA_3 se asocia a la intensidad de floración de la variedad en cada ciclo y a la concentración de producto utilizada. En pocos casos, esta reducción de la floración se traduce en un incremento del número de frutos cosechados o en una disminución en la alternancia productiva. La aplicación durante la antesis, en concentraciones de 15 a 50 mg.L⁻¹ con el objetivo de mejorar en forma directa el cuajado en híbridos de bajo índice de partenocarpia, no ha resultado eficaz en ninguno de los cultivares evaluados, con una tendencia adicional a disminuir el tamaño de frutos. La incidencia y severidad del “creasing”, desorden fisiológico que afecta la cáscara de la fruta cítrica, disminuye en forma significativa con la aplicación de GA_3 (10-20 mg.L⁻¹) entre 90 y 120 días después de la floración en naranja “Washington” navel. Se discuten los resultados considerando la información internacional disponible.

Palabras clave: cuajado de frutos, desórdenes fisiológicos, floración, reguladores de desarrollo

Summary

The Use of gibberellic acid in citriculture: An overview of experimental results in Uruguay

Main experimental results about the effect of gibberellic acid (GA_3) on the reproductive behavior of different varieties under Uruguayan conditions are summarized in the present review. GA_3 (20 - 40 mg.L⁻¹) sprayed during ecodormancy period (in Autumn-Winter) significantly reduced flower number in “Ellendale”, “Nova”, “Ortanique” hybrids, ‘Montenegrina’ mandarin and “Washington” navel sweet orange. GA_3 efficiency associates with the flowering intensity of the cultivar in each year and with the product concentration. Only in few cases this reduction increases fruit number harvested or moderate alternate bearings. No efficient anthesis application (15 to 50 mg.L⁻¹), to direct improve fruit set on hybrids of low partenocarpity ability, has been confirmed. Additionally, a trend of fruit size reduction has been found. A reduction of creasing incidence and severity was found with the application of GA_3 (10 - 20 mg.L⁻¹) sprayed between 90 and 120 days after flowering in “Washington” navel sweet orange. Results are discussed considering the international information.

Key words: citrus flowering, fruit-set, growth regulators, peel disorders

Introducción

La citricultura uruguaya se ha desarrollado en la últimas tres décadas con el objetivo de la exportación de fruta para consumo en fresco. Los principales mercados a los que hoy se accede se ubican en el hemisferio norte siendo la Unión Europea el principal destino de nuestra fruta, en donde se ha logrado un importante posicionamiento. El mantenimiento de estos mercados y el acceso a otros de igual o mayor exigencia, impone la necesidad de adecuar la oferta varietal y de alcanzar un equilibrio apropiado entre rendimiento y calidad de fruta. La aplicación de paquetes tecnológicos desarrollados en otras condiciones y en otros cultivares no ha sido exitosa en muchos casos, por lo que el estudio del comportamiento agronómico de los nuevos cultivares y el ajuste o desarrollo de medidas de manejo se convierte en un requerimiento indispensable para lograr optimizar su productividad.

Los reguladores de desarrollo o biorreguladores, definidos como una clase de compuestos orgánicos, naturales o sintéticos que aplicados a plantas u órganos de plantas regulan el crecimiento y el desarrollo (Petracek *et al.*, 2003), se han producido en las últimas cinco décadas en forma comercial y están hoy presentes en la mayoría de las industrias frutícolas del mundo. Durante ese tiempo, varias formulaciones inicialmente registradas han desaparecido del mercado, fundamentalmente por sus impactos negativos en el medio ambiente y/o salud humana, mientras que se desarrollan otras moléculas o formulados más inocuos. El-Otmani *et al.* (2000), realizan una amplia revisión sobre el uso de los principales biorreguladores en la citricultura mundial, controlando y/o modificando procesos de crecimiento vegetativo, inducción floral, cuajado y desarrollo de frutos, maduración y vida poscosecha. Entre los biorreguladores actualmente registrados para su uso en la citricultura, el ácido giberélico (GA_3) es el que ha demostrado una mayor versatilidad, modificando o controlando diferentes procesos fisiológicos. Así, se ha verificado un estímulo del crecimiento vegetativo, cuando es aplicado durante el receso invernal o al inicio de la brotación (Agustí, 1986; Guardiola *et al.*, 1980) y se presenta como el inhibidor más potente de la inducción floral (Davenport, 1990; El-Otmani *et al.*, 1995; Guardiola *et al.*, 1982; Krajewsky y Rabe, 1995; Iwahori y Oohata, 1981; Lord and Eckard, 1987). Su uso como promotor del cuajado en forma directa, cuando es aplicado en antesis, no ha dado resultados consistentes, estando asociada la respuesta a la concentración, momento de aplicación y especialmente a la variedad (Agustí *et*

al., 1982; El-Otmani *et al.*, 1992; Goren *et al.*, 1992; Krezdorn and Jernberg, 1977; Talón *et al.*, 2001). El retraso de la maduración externa y el control de desórdenes fisiológicos de la piel como ‘creasing’ (Bower, 2000), ‘splitting’ o rajado estilar (Almela *et al.*, 1994) y el bufado (Agustí *et al.*, 1981; García-Luis *et al.*, 1985), son otros de los efectos reportados de la aplicación del GA_3 .

Sin embargo existen variaciones importantes en la respuesta encontrada a este regulador asociadas al clima, cultivar, manejo del cultivo y a las condiciones de la aplicación del producto. En ese sentido, Talón *et al.* (2001), señalan que la síntesis de giberelinas se ve prácticamente inhibida por debajo de los 17° C, mientras que entre 27° y 32° C se alcanzan los máximos; sin embargo no se conocen con precisión las temperaturas óptimas para su aplicación exógena. Las condiciones de humedad post-aplicación también pueden modificar la respuesta, aunque no existen datos concretos al respecto. En relación al pH de la solución, el GA_3 es un ácido débil, por lo que puede perder eficacia por mayor disociación si el mismo es alto. Greenberg y Goldschmidt (1989), reportan una respuesta lineal inversa al pH en las aplicaciones de GA_3 , disminuyendo la misma entre 4 y 7; Gilfillan y Cutting (1992) y Tugwell *et al.* (1996) confirman estos resultados.

Estos factores, considerados en forma individual o combinada, dificultan la consistencia de los resultados encontrados en diferentes trabajos, por lo que la experimentación local se torna imprescindible para llegar a conclusiones válidas para su uso en la producción.

En esta revisión se presentan y discuten los principales resultados experimentales obtenidos en Uruguay con el uso del GA_3 en el control de la floración, cuajado de frutos y control del “creasing” en diferentes cultivares del género *Citrus*.

Control de la inducción floral

En términos generales, los cítricos son capaces de producir un número de flores muy superior al número de frutos que pueden cuajar y alcanzar la maduración. La excepción a este comportamiento, se presenta en las variedades de tipo alternante, en las que la alta producción de fruta en un ciclo inhibe casi por completo la floración del ciclo siguiente. Estas variedades son generalmente las autocompatibles que presentan semillas (mandarina común, “Montenegrina”, “Murcott”) y algunas partenocárpicas como la naranja “Washington” navel [*C. sinensis* (L.) Osb.]. Por otra parte, dentro de los cultivares que no presentan semillas, existen algu-

nos de importancia comercial en el país, en los cuales la relación floración – cuajado es pobre, sucediéndose varios ciclos de baja producción. En estos últimos, el costo energético del proceso floracional es muy alto y desde el punto de vista productivo poco eficiente, ya que normalmente supera la capacidad de asimilación de carbono de la planta (Bustan y Goldschmidt, 1998). En estos casos, una de las alternativas para modificar los ciclos improductivos es disminuir la intensidad de floración, mejorar la relación fuente – fosa y como consecuencia incrementar el número de frutos cuajados.

“Ellendale” [*Citrus sinensis* (L) Osb.x *C.reticulata* Bl.], tangor natural de origen australiano (Bowman, 1956) es un cultivar que en nuestras condiciones presenta altas y prolongadas floraciones y bajo porcentaje de cuajado. Borsani *et al.* (1992) evaluaron en este híbrido, el efecto de aplicaciones invernales de GA₃ en

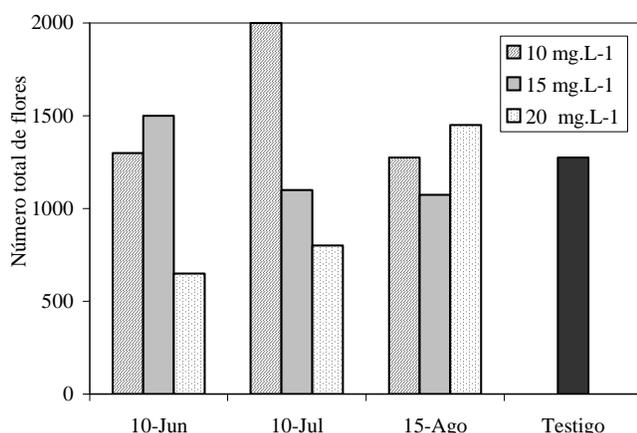


Figura 1. Efecto de aplicaciones de GA₃ (10, 15 y 20 mg.L⁻¹) durante la ecodormición, en el número de flores formadas en tangor “Ellendale”, Melilla. (Borsani *et al.*, 1992).

Cuadro 1. Intensidad de floración expresada en flores/100 nudos, con y sin aplicación invernal (junio y julio) de GA₃ (20 y 40 mg.L⁻¹), en tangor “Ellendale”. (Adaptado de Gravina *et al.*, 1997).

Fecha de aplicación	Concentración de GA ₃ (mg.L ⁻¹)	Intensidad de Floración (Flores/100 nudos)
Testigo	---	155 a ^z
Junio	20	85 b
	40	78 b
Julio	20	77 b
	40	62 b

^z Letras diferentes en filas indican diferencias significativas (P≤0.05).

diferentes momentos y concentraciones, sobre la intensidad de floración en la primavera siguiente.

Los resultados indican que la sensibilidad en la zona sur de Uruguay es mayor durante los meses de junio y julio, cuando se aplica a 20 mg.L⁻¹, mientras que las aplicaciones de agosto no modifican la floración en ninguna de las concentraciones utilizadas (Figura 1).

Gravina *et al.*, (1997), reportan en este híbrido una reducción similar de la floración con 20 ó 40 mg.L⁻¹ de GA₃ aplicado en los mismos meses (Cuadro 1). Cuando la floración natural es muy elevada (más de 200 flores por 100 nudos), la respuesta al GA₃ es mínima, no alcanzando diferencias significativas con los testigos.

La disminución de la floración se explica por dos factores: el menor número de yemas brotadas y el cambio en la proporción de los diferentes tipos de brote. En términos generales, los brotes más sensibles son los generativos (inflorescencias y flores solitarias), cuyo porcentaje disminuye con el GA₃ y los vegetativos, que se incrementan. Los brotes mixtos y de flor terminal son menos abundantes en altas intensidades de floración y sufren menores variaciones que los anteriores.

Resultados similares se han obtenido en mandarina ‘Nova’ [*Citrus reticulata* Bl. x (*C.paradisi* Macf. x *C.tangerina* Hort.ex Tan.)] y tangor ‘Ortanique’ [*Citrus sinensis* L.(Osb.) x *C.reticulata* Bl.]. En la primera, caracterizada en nuestro país por presentar altas floraciones y bajos porcentajes de cuajado, especialmente en los primeros años de producción (Arias *et al.*, 1996; Rivas *et al.*, 2004), la aplicación de 40 mg.L⁻¹ en el mes de junio reduce significativamente la floración en relación a los testigos con más de 100 flores/100 nudos. La aplicación de 20 mg.L⁻¹ no resulta eficiente en situaciones de más de 200 flores/100 nudos (Cuadro 2).

En condiciones de floración media, también se verifica una intensidad de floración significativamente menor con la aplicación de 40 mg.L⁻¹ de GA₃.

De acuerdo a nuestros resultados, la disminución en la floración se explica al igual que en tangor ‘Ellendale’, por una reducción significativa en su intensidad y un cambio en el patrón de la brotación, incrementándose los vegetativos y disminuyendo su proporción los puramente generativos. También, los brotes florales con hojas (terminales y mixtos), se incrementan en forma significativa, aunque en ningún caso su participación supera el 20% del total de los brotes.

El tangor ‘Ortanique’ es otro híbrido de importancia creciente en los últimos años en la citricultura nacional. Su comportamiento agronómico es insatisfactorio en ausencia de polinización cruzada, caracterizándose

Cuadro 2. Efecto de la aplicación invernal de GA₃ en la intensidad de floración de mandarina ‘Nova’, evaluada en 4 ramas por planta conteniendo al menos 400 nudos cada una. Cada valor corresponde al promedio de 5 árboles.

Tratamiento	Experimento 1 (Flores/100nudos)	Experimento 2 (Flores/100nudos)	Experimento 3 (Flores/100nudos)
Testigo alta flor	211 a ^z	167 a	103 a
GA ₃ invernal ^y	240 a	117 b	71 ab
Testigo media flor	---	---	55 b
GA ₃ invernal	---	---	22 c
Testigo baja flor	---	---	19 c

^z Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (P£ 0.05)

^yGA₃, exp. 1, 20mg.L⁻¹; exp. 2 y 3, 40mg.L⁻¹ aplicado en la segunda quincena de junio.

como los anteriores por presentar elevadas floraciones y bajo porcentaje de cuajado (Gravina, 2005). La aplicación de GA₃ (40 mg.L⁻¹) en el mes de junio para control de la floración ha sido eficiente, lográndose en dos temporadas consecutivas disminuciones de 35 a 40% en su intensidad (Espino *et al.*, 2005) (Cuadro 3).

En términos generales, los resultados obtenidos confirman en nuestras condiciones, la eficacia del GA₃ como reductor de la floración en diferentes cultivares del género *Citrus*. Se concluye que esa eficacia se relaciona con la época de aplicación, la concentración de producto utilizada y la intensidad de floración de cada cultivar en un ciclo de brotación dado.

También se ha evaluado el efecto del GA₃ invernal en variedades partenocárpicas de alta capacidad natural de cuajado como la naranja “Washington” navel y autocompatibles como mandarina ‘Montenegrina’

Cuadro 3. Intensidad de floración y brotación con y sin aplicación de GA₃ invernal (40 mg.L⁻¹), tangor ‘Ortanique’. (Adaptado de Espino *et al.*, 2005).

Tratamientos	Floración (flores/100nudos)	Brotación (brotes/100nudos)
2003		
Testigo Alta Flor	145 a ^z	52 a
GA ₃ invernal	95 ab	39 ab
GA ₃ invernal + Anillado	120 ab	40 ab
Testigo Media Flor 2004	80 b	37 ab
Testigo Alta Flor	169 a	57 a
GA ₃ invernal+Anillado	101 b	27 c
Testigo Media Flor	77 b	37 b

^z Letras diferentes en columnas en un mismo año, indican diferencias significativas (P£0.1).

(*Citrus deliciosa* Tenore). Estas variedades tienden a presentar un comportamiento alternante en nuestras condiciones de cultivo, por lo que se plantea disminuir la floración con el objetivo de reducir el número de frutos a cosechar en años de alta floración esperada. Los resultados obtenidos en dos experimentos en “Washington” navel, indican reducciones de 12 a 26% en la intensidad de floración con la aplicación de GA₃ a 20 mg.L⁻¹. En este caso, la brotación no se vio afectada en forma cuantitativa, pero sí cualitativamente, afectando en forma diferencial a los brotes con flores lo que se traduce en una reducción de la intensidad de floración. En ‘Montenegrina’, los resultados obtenidos en dos ciclos consecutivos señalan una fuerte respuesta al GA₃ aplicado a 40 mg.L⁻¹, con disminuciones de 60 y 51% en la intensidad de floración, pero sin reducción de la cosecha.

Relaciones floración-fructificación

El cuajado de frutos cítricos en un sentido amplio, comprende el período de crecimiento durante el cual pueden sufrir abscisión (Talón, 1997). Este proceso es en general consecuencia de la polinización y fecundación de los óvulos; sin embargo muchos cultivares son partenocárpicas lo que permite el desarrollo de frutos sin fecundación previa y por lo tanto sin semillas. El cuajado está sujeto a factores exógenos como temperatura, régimen hídrico y radiación y a una compleja regulación nutricional y hormonal, que en términos de competencia determina el número de frutos que continúa y completa su desarrollo. Dentro de los factores hormonales, las giberelinas parecen estar directamente involucradas en la retención de las estructuras reproductivas, especialmente en las primeras semanas

de desarrollo. Un estudio comparativo de ovarios y frutitos en desarrollo de mandarinas “Satsuma” y “Clementina”, cultivares de alto y bajo índice de partenocarpia natural respectivamente, ha demostrado concentraciones superiores de varias giberelinas en la primera, lo que sugiere que el contenido endógeno de éstas en los ovarios, es uno de los factores que controla el desarrollo de los frutos en estos cultivares (Talón *et al.*, 1992).

En “Ellendale” (Gravina *et al.*, 1996) y ‘Nova’ (datos sin publicar, Figura 2), la relación floración-cuajado presenta un comportamiento en dos fases. Cuando la densidad de floración aumenta hasta aproximadamente 80 – 90 flores/100 nudos, el porcentaje de cuajado disminuye; en floraciones superiores, el cuajado tiende a mantenerse en porcentajes muy bajos, siendo prácticamente nulo con 150 flores/100 nudos o más. Con esta información, se estudió en nuestras condiciones el impacto de la disminución de la floración en el cuajado final y rendimiento. En “Ellendale”, solamente en aquellos casos en donde la floración general no era muy elevada y/o la aplicación de GA₃ logró modificaciones

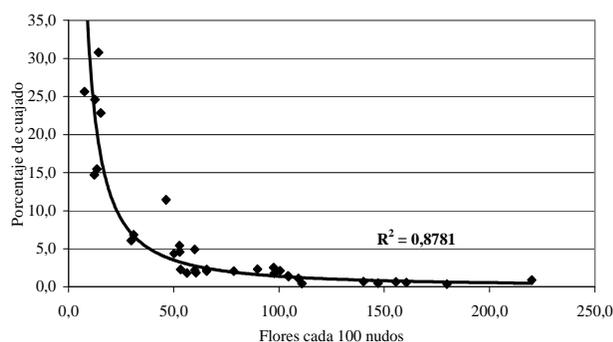


Figura 2. Relación intensidad de floración - porcentaje de cuajado en mandarina ‘Nova’. Cada punto corresponde al porcentaje de cuajado de cuatro ramas de un mismo árbol, conteniendo al menos 300 nudos cada una.

importantes en la brotación, se alcanzaron incrementos en el cuajado y producción (Cuadro 4).

Cuadro 4. Influencia de la aplicación invernal de GA₃ (20 mg.L⁻¹) sobre la intensidad de floración y rendimiento de tangor “Ellendale”. Valores expresados en flores/100 nudos y kilogramos por planta (adaptado de Gravina *et al.*, 1997).

Localidad	Tratamiento	Flores/100 nudos	Kg/planta
Melilla	Control	137 a ^z	39.7 b
	GA ₃	83 b	49.1 a
Melilla	Control	155 a	54.9 b
	GA ₃	85 b	69.5 a
Kiyú	Control	250 a	47.7 a
	GA ₃	210 a	47.6 a
Paysandú	Control	120 a	55.6 a
	GA ₃	103 a	55.9 a

^zLetras diferentes en columnas en cada localidad indican diferencias significativas (P<0.05).

En dos experimentos realizados sobre plantas de 5 y 6 años de edad, el GA₃ aplicado en el reposo invernal se tradujo en incrementos significativos en el cuajado de “Nova”. Por su parte, el número de frutos cosechados superó en 22 y 15% al de los testigos respectivamente aunque sin alcanzar diferencias estadísticas (Cuadro 5).

Similares resultados se han obtenido en el tangor ‘Ortanique’, no lográndose que la disminución de la floración se traduzca en un número significativamente mayor de frutos cosechados. Esto sugiere que además de la relación fuente-fosa, que mejora con la aplicación exógena de GA₃, existen otros factores que limitan en nuestras condiciones de cultivo el cuajado de frutos en este cultivar.

Se concluye que la reducción de la floración alcanzada con la aplicación de GA₃ durante la ecodormición invernal, no es suficiente en la mayoría de los casos, para asegurar como única medida de manejo, una me-

Cuadro 5. Efecto de la aplicación invernal de GA₃ en el porcentaje de cuajado y número de frutos cosechados por planta en mandarina “Nova” (Adaptado de Gravina *et al.*, 2005).

Tratamiento	Experimento 2004		Experimento 2005	
	% de Cuajado	Nº de frutos	% de Cuajado	Nº de frutos
Testigo	0.56 b ^z	475 a	1.6 b	772 a
GA ₃ (40mg.L ⁻¹)	1.26 a	579 a	2.6 a	892 a

^zLetras diferentes en columnas en cada experimento y en cada factor, indican diferencias significativas (P< 0.05).

Cuadro 6. Intensidad de floración y porcentaje de cuajado en mandarina ‘Montenegrina’, con aplicación de GA₃ (40 mg.L⁻¹) durante el mes de junio. La floración se evaluó en 4 ramas por planta conteniendo al menos 300 nudos. Los datos corresponden a la media de 6 árboles por tratamiento.

Tratamiento	Flores/100 nudos	Porcentaje de Cuajado	Nº de frutos/planta
Testigo (2003)	64 a ^z	3.2 b	1148 b
GA ₃	26 b	17.2 a	1351 a
Testigo (2004)	51 a	4.2 b	1176 b
GA ₃	26 b	8.7 a	1850 a

^zLetras diferentes en columnas para cada año indican diferencias significativas (P<0.1).

jora significativa y consistente en el cuajado de frutos en los cultivares híbridos estudiados, de baja capacidad partenocárpica natural. Similar resultado es reportado por Duarte *et al.* (2006) en experimentos de largo plazo en mandarina satsuma ‘Clausellina’, cultivar de alta capacidad partenocárpica.

Por su parte, en cultivares de alta capacidad de cuajado como la mandarina ‘Montenegrina’, esa menor floración y mejora en la relación fuente-fosa se traduce consistentemente en un sobrecuajado que incrementa el número final de frutos cosechados (Cuadro 6), no corrigiendo la alternancia y presentando efectos negativos sobre el tamaño final de los mismos.

Aplicaciones para Mejora directa del cuajado

En las condiciones de Uruguay, se ha evaluado la eficacia de aplicaciones de GA₃ en plena floración, con el objetivo de incrementar el cuajado final en variedades de baja capacidad partenocárpica. Errandonea (1986), reporta que aplicaciones en antesis de GA₃ en parcelas de tangor ‘Ellendale’ en concentraciones de 10, 20 y 100 mg.L⁻¹ no mejoran el cuajado ni el número final de frutos cosechados, al igual que 20 mg.L⁻¹ aplicados al final de la caída de pétalos. Resultados concordantes se han encontrado en plantas de 6 años de edad y baja productividad en este híbrido, con aplicaciones de 15 mg.L⁻¹ de GA₃ en plena floración (Gravina *et al.*, 1994) (Cuadro 7).

Una respuesta similar se ha obtenido en mandarina ‘Nova’, sin alcanzar incrementos significativos en el cuajado y productividad en esta variedad, con la aplicación de 20 ó 50 mg.L⁻¹ de GA₃ en plena floración (Gravina *et al.*, 2005). Se destaca que existe un retraso en la abscisión durante los primeros 60 días post aplicación en relación al testigo; sin embargo, en la fase final se verifica una mayor caída, finalizando en por-

Cuadro 7. Rendimiento (kg por planta) en tangor ‘Ellendale’, con aplicaciones de GA₃ en plena floración (15 mg.L⁻¹) y anillado de tronco a los 30 días post-floración. (Gravina *et al.*, 1994).

Tratamiento	Experimento 1	Experimento 2
Testigo	13.95 a ^z	12.99 a
GA ₃ (15mg.L ⁻¹)	22.55 ab	12.57 a
Anillado	23.40 ab	30.95 b
GA ₃ (15mg.L ⁻¹) + anillado	30.27 b	29.94 b

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

centajes de cuajado similares (Figura 3). Como consecuencia del mayor tiempo de competencia entre los frutitos en desarrollo, el peso medio de frutos en cosecha disminuye en forma significativa, por lo que el tratamiento no resulta en ningún beneficio desde una óptica productiva.

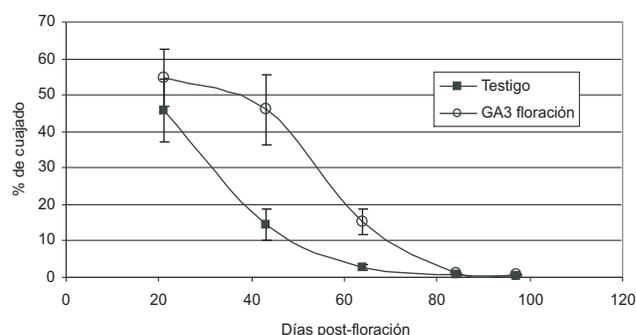


Figura 3. Evolución del porcentaje de cuajado de frutos en mandarina ‘Nova’ con o sin aplicación de GA₃ (50 mg.L⁻¹) en floración. Cada dato corresponde al promedio de cuatro ramas por árbol de 5 árboles por tratamiento.

Resultados concordantes en la dinámica de abscisión, cuajado final y rendimiento se han encontrado en el tangor “Ortanique”, en respuesta al GA_3 (50 mg.L^{-1}) aplicado en floración. La mayor diferencia en la respuesta de ambos híbridos es que en “Ortanique” se alcanza un porcentaje de cuajado final levemente inferior al testigo. Como consecuencia, el número de frutos y rendimiento se reduce ligeramente, aunque sin modificaciones en el peso medio de los mismos (Figura 4).

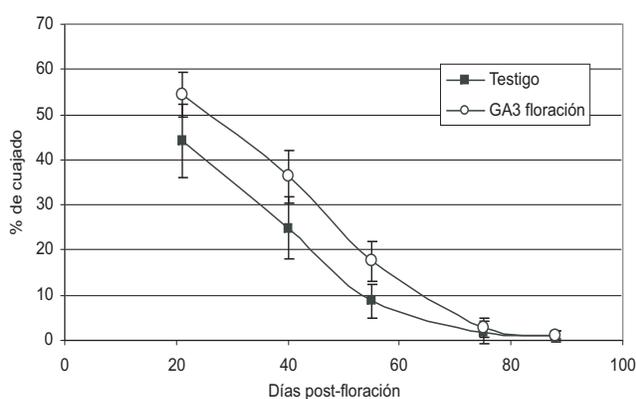


Figura 4. Evolución del porcentaje de cuajado de frutos en tangor ‘Ortanique’ con o sin aplicación de GA_3 (50 mg.L^{-1}) en floración. Cada dato corresponde al promedio de cuatro ramas por árbol y 5 árboles por tratamiento.

Se evidencia entonces una consistente falta de respuesta al GA_3 aplicado en floración, de los 3 híbridos de mandarina estudiados. Estos resultados no confirman los reportes de Krezdorn y Jernberg (1977) en los híbridos “Minneola”, “Nova”, “Orlando”, “Osceola” y “Robinson”. Sí, resultan coincidentes con el reporte de Rabe y vanRensburg (1996) que no encuentran respuesta de “Ellendale” al ácido giberélico aplicado en floración y con Talón *et al.* (2001) en los mismos híbridos evaluados en nuestros trabajos.

Esta ausencia de respuesta al ácido giberélico en el cuajado final, sugiere la existencia de otros factores diferentes que lo limitan. El rol de los carbohidratos en el proceso de cuajado ha sido demostrado por Iglesias *et al.* (2003), Meohuachi *et al.* (1995), Rivas *et al.* (2006) y Talón *et al.* (2000). Una limitación en su disponibilidad en condiciones de alta floración, en las que predominan los brotes florales sin hojas, puede considerarse un factor decisivo en la abscisión de frutitos.

A la vista de estos resultados, la aplicación de GA_3 durante la floración no se considera como una medida de aplicación práctica para estos cultivares en nuestra citricultura.

Control del “creasing”

El ‘creasing’ es un desorden fisiológico que afecta la piel de los frutos cítricos, caracterizado por la presencia de depresiones en el flavedo, las cuales se corresponden con adelgazamientos y/o ruptura del albedo subyacente, desmereciendo la calidad externa de los frutos y su vida post-cosecha (Gambetta *et al.*, 2002). En las condiciones de Uruguay, la naranja “Washington” navel se presenta como la variedad de mayor sensibilidad a este desorden, alcanzando en algunos años a afectar el 40% de los frutos (Gravina, 1998).

El control del “creasing” ha sido enfocado a nivel mundial desde el punto de vista nutricional con resultados poco consistentes y mediante el uso de reguladores de desarrollo, entre los que el GA_3 ha resultado el más eficaz. En nuestro país, en el marco de un proyecto de estudio, caracterización y control del desorden, se realizaron 6 experimentos durante 3 años consecutivos, evaluándose sales potásicas, fosfato monoamónico y GA_3 en diferentes concentraciones, combinaciones y fases de desarrollo de los frutos. La aplicación de GA_3 al inicio del cambio de color de los frutos, aproximadamente 6 meses después de la floración, no fue eficaz en el control del desorden, con un efecto negativo adicional en el color de la cáscara en la cosecha. Los mejores resultados se obtuvieron cuando las aplicaciones se realizaron a los 90 ó 120 días pos-floración (primera quincena de enero o de febrero respectivamente), con diámetros promedio de fruto entre 41 y 55 mm. En todos los casos se alcanzaron disminuciones significativas de la incidencia (porcentaje de frutos afectados) y severidad (porción de la piel afectada) con la aplicación de 20 mg.L^{-1} de GA_3 , siendo incrementada la eficiencia en dos de los casos con la adición de KNO_3 o $NH_4H_2PO_4$ (Gambetta *et al.*, 2002) (Figura 5).

En términos generales, estos resultados concuerdan con reportes previos de Gilfillan y Cutting (1992), Monselise *et al.*, (1976), Treeby *et al.* (2000) y Tugwell *et al.*, (1997). El ácido giberélico no provocó cambios en la concentración de N,P,K y Ca a nivel foliar, por lo que se descarta que su efecto en el control del creasing esté relacionado con una interacción con los mismos (Telias *et al.*, 2002).

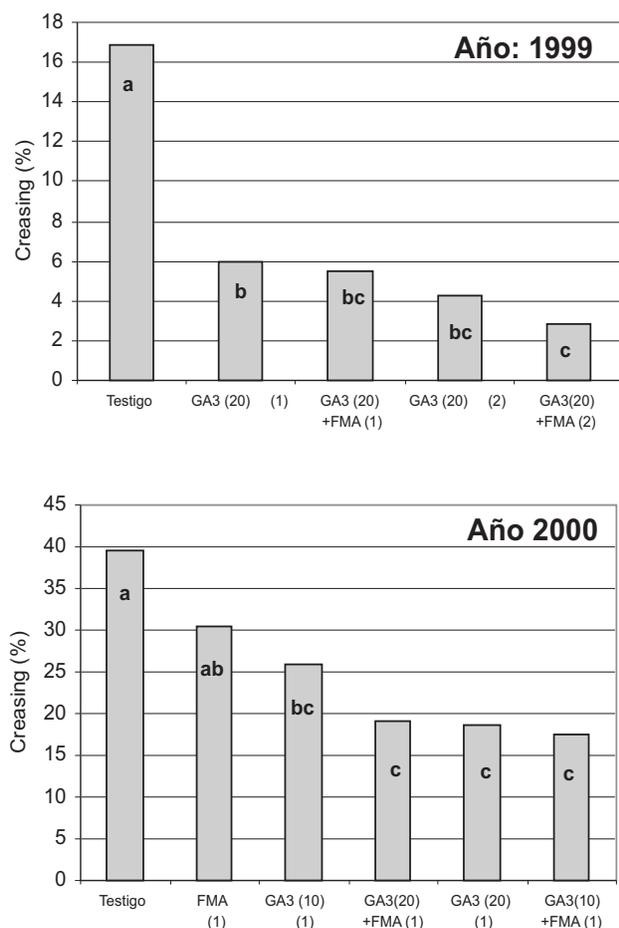


Figura 5. Efecto del momento de aplicación (1 = 90 días post-floración; 2 = 120 días post-floración) y concentración (10, 20 mg.L⁻¹) de GA₃, sólo o combinado con fosfato monoamónico (FMA, 2%), en la incidencia del 'creasing'. Año 1999: baja incidencia; año 2000: alta incidencia. (Adaptado de Gambetta *et al.*, 2002).

En síntesis, la información generada en nuestras condiciones permite afirmar que el uso del GA₃ es una herramienta tecnológica válida en la producción cítrica nacional, para la mejora de algunos procesos del ciclo reproductivo. Su aplicación debe ser realizada considerando el comportamiento de la variedad, la etapa de desarrollo fenológico y la concentración de producto a utilizar.

Agradecimientos

Agradezco a las Ingas. Agras. Giuliana Gambetta y Mariela daCunha Barros por los aportes en la revisión y diagramado del texto.

Bibliografía

- Agustí, M.; Almela, V. and Guardiola, J. L. 1981. The regulation of fruit cropping in mandarins through the use of growth regulators. Proc.Int.Soc.Citriculture. 1:216-220.
- Agustí, M.; García-Marí, F. and Guardiola, J. L. 1982. Gibberellic acid and fruit set in sweet orange. Sci. Hortic. 17:257-264.
- Agustí, M. 1986. Estímulo del desarrollo vegetativo en los agrios. Agrícola Vergel. 60:642-644.
- Almela, V.; Zaragoza, S.; Primo-Millo, E. and Agustí, M. 1994. Hormonal control of splitting in 'Nova' mandarin fruit. J. Hort. Sci. 69(6):969-973.
- 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. Citricultura. 2:1052-1056.
- Borsani, J.; Pattarino, E.; Ronca, F.; Franco, F.; Arbiza, H.; Chifflet, M. y Gravina, A. 1992. Estudio de aplicaciones invernales de GA₃ en el comportamiento productivo del tangor 'Ellendale' (*Citrus sinensis* L.Osb. x *C. reticulata* Bl.). I Efecto en la floración. Actas XIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Córdoba, Argentina, pp. 221-222.
- Bower, J. P. 2000. Prediction and physiology of creasing. Proc. Intl. Soc. Citriculture. 2:1089-1093.
- Bowman, F.T. 1956. Citrus growing in Australia. Halstead Press, Sydney, New South Wales. p. 311.
- Bustan, A. and Goldschmidt, E. E. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. Plant Cell and Environment. 21:217-225.
- Davenport, T. L. 1990. Citrus flowering. Hort. Rev.12:349-408.
- 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. C.; Ait Oubahou, A. and Achouri, M. 1992. Growth regulators use on 'Clementine' mandarin to improve fruit set. Proc. Int. Soc. Citriculture.1:500-508.
- El-Otmani, M.; Lovatt, C.; Coggins, C. W. and Agustí, M. 1995. Plant growth regulators in Citriculture: factors regulating endogenous levels in Citrus tissues. Critical Rev. Plant Sci.14:367-412.

- El-Otmani, M.; Coggins, C. H.; Agustí, M. and Lovatt, C.** 2000. Plant growth regulators in Citriculture: World current uses. *Critical. Rev. Plant. Sci.* 19(5):395-447.
- Errandonea, J. M.** 1986. Efecto de la utilización de ácido giberélico y anillado en la productividad del tangor Ellendale. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, UDELAR. pp. 99.
- Espino, M.; Borges, A.; da Cunha Barros, M.; Gambetta, G. y Gravina, A.** 2005. Manejo de la floración y cuajado de frutos en tangor Ortanique. Memorias II Simposio Investigación y desarrollo tecnológico en Citrus. Montevideo, Uruguay. CD, N° 20, p. 4.
- Gambetta, G.; Telias, A.; Arbiza, H.; Espino, M.; Franco, F.; Rivas, F. y Gravina, A.** 2002. 'Creasing' en naranja 'Washington' navel en Uruguay. Incidencia, severidad y control. *Agrociencia.* 2:17-24.
- García-Luis, A.; Agustí, M.; Almela, V.; Romero, E. and Guardiola, J. L.** 1985. Effect of gibberellic acid on ripening and peel puffing in 'Satsuma' mandarin. *Sci. Hortic.* 27:75-86.
- Gilfillan, I. and Cutting, J.** 1992. Creasing reduction in navel oranges: lower efficacy of gibberellic acid in spray in mixtures containing petroleum oil. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 1:527-529.
- Goren, R.; Huberman, M. and Riov, J.** 1992. Effects of gibberellins and girdling on the yield of "Nova" ("Clementine" x "Orlando" tangelo) and "Niva" ("Valencia" x "Wilking"). *Proc. Int. Soc. Citricultura.* 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. Citricultura.* 2:1081-1085.
- Gravina, A.; Arbiza, H.; Arias, M. y Ronca, F.** 1997. Estudio de la floración en el tangor 'Ellendale' (*Citrus sinensis* L. Osb. x *C. reticulata* Bl.) y su relación con el cuajado de frutos y productividad. *Agrociencia.* 1:55-59.
- Gravina, A.** 1998. Produção de Citros para exportação no Uruguay. V Seminario Internacional de Citros. Tratos culturais. ANAIS FCAV-UNESP, Bebedouro, S. Paulo, Brasil. p. 273-278.
- Gravina, A.** 2005. Comportamiento agronómico y manejo diferencial en cultivares de Citrus. X Congreso de la Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura. Montevideo, Uruguay, mayo 2005. CD, p. 12.
- Gravina, A.; Gambetta, G.; Espino M. y Borges, A.** 2005. Mejora de la productividad en mandarina "Nova". Memorias II Simposio Investigación y desarrollo tecnológico en Citrus. Montevideo, Uruguay. CD, N°19, p. 4.
- Greenberg, J. and Goldschmidt, E. E.** 1989. Acidifying agents, uptake and physiological activity of gibberellin A₃ in citrus. *HortScience.* 24(5):791-793.
- Guardiola, J. L.; Agustí, M.; Barberá, J. y García Marí, F.** 1980. Influencia de las aplicaciones de ácido giberélico durante la brotación en el desarrollo de los agrios. *Rev. Agroquim. Tecnol. Alimentaria.* 20:139-143.
- Guardiola, J. L.; Monerri, C. and Agustí, M.** 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plantarum.* 55:136-142.
- Iglesias, D. J.; Ibañez, R.; Tadeo, F.; Primo-Millo, E. y Talón, M.** 2003. La disponibilidad de carbohidratos mejora el cuajado de los frutos de los cítricos. *Levante Agrícola.* 365:160-166.
- Iwahori, S. And Oohata, J. T.** 1981. Control of flowering of 'Satsuma' mandarinas (*Citrus unshiu* Marc.) with gibberellin. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 1:247-249.
- Krajewsky, A. and Rabe, E.** 1995. Citrus flowering: a critical evaluation. *J. Hortic. Sci.* 70(3):357-374.
- 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 Eckart, K. J.** 1987. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington navel orange). II. Alterations of developmental fate of flowering shoots after GA₃ treatment. *Bot. Gaz.* 148:17-22.
- Meohuachi, J.; Serna, D.; Zaragoza, S.; Agustí, M.; Talón, M. and Primo-Millo, E.** 1995. Defoliation increases fruit abscisión and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. *Plant Science.* 107:189-197.
- Monselise, S. P.; Weiser, M.; Shafir, N.; Goren, R. and Goldschmidt, E. E.** 1976. Creasing of orange peel : physiology and control. *J. Hort. Sci.* 51:341-351.
- Petracek, P. D.; Silverman, F. P. and Greene, D. W.** 2003. A history of commercial plant growth regulators in apple production. *Hort. Science.* 38 (5):937-942.
- Rabe, E. and vanRensburg, P. J.** 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.* 2:79-88.
- Rivas, F.; Erner, Y.; Alós, E., Juan, M.; Almela, V. and Agustí, M.** 2006. Girdling increases carbohydrates availability and fruit set in *Citrus* irrespective of cultivar parthenocarpic ability. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 81(2):289-295.
- Talón, M.; Zacarías, L. and Primo-Millo, E.** 1992. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedlees mandarins. *Plant Physiology.* 99:1575-1581.

- Talón, M.** 1997. Regulación del cuajado del fruto en cítricos: evidencias y conceptos. *Levante Agrícola*. 338:27-37.
- Talón, M. J.; Mehouchi, J.; Iglesias, D.; Tadeo F.; Lliso, I.; Moya, J. L.; Gomez-Cadenas, A. and Primo-Millo, E.** 2000. Citrus fruitlet abscission: physiological bases supporting the "Competition hypotesis". *Proc. Int. Soc. Citricultura*. 1:602-604.
- Talón, M., Tadeo, F. R., Juan, M., Soler, J., Agustí, M. y Primo-MILLO, E.** 2001. Mejora del cuajado del fruto de los Cítricos mediante aplicaciones de ácido giberélico. *Fruticultura Profesional*. 116:31-45.
- Telias, A., Gambetta, G., Arbiza, H., Franco, J. y Gravina, A.** 2002. "Creasing" en naranja "Washington" navel y su relación con la nutrición mineral. *Actas XI Reunión Latinoamericana de Fisiología Vegetal*, P. del Este, Uruguay. CD: 6023. Treeby, M. T.; Milne, D. J.; Storey, R.; Bevington, K. B.; Loveys, B. R. and Hutton, R. 2000. Creasing in Australia: causes and control. *Proc. Intl. Soc. Citriculture*. 2:1099-1103.
- Tugwell, B.; Chvyl, W.; Moulds, G. and Hill, J.** 1996. Control of albedo rind breakdown with gibberellic acid. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 2:1147-1149.