



An Agricultural
Sciences Company

Fast Fruit® Max

Fitorregulador

RESUMEN DE RESULTADOS AGRONÓMICOS DE:

CONTRATO DE APOYO TECNOLÓGICO CON LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA PARA EVALUACIÓN DEL PRODUCTO FAST FRUIT® MAX EN EL CONTROL DE LA CAÍDA PRE-COSECHA EN CÍTRICOS

CAMPAÑA 2016/17







INTRODUCCIÓN	04
La abscisión del fruto maduro en los cítricos	04
- Aspectos generales	04
- Especies y variedades de cítricos sensibles a la abscisión	04
- Factores determinantes	05
Control agronómico de la abscisión en los cítricos	06
OBJETIVOS	06
MATERIAL Y MÉTODOS	07
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	08
Experimento 1: Efecto de la concentración aplicada	08
Experimento 2: Efecto del volumen de aplicación	10
Experimento 3: Efecto sobre expresión de genes relacionados con el metabolismo de respuesta a auxinas y transporte polar	12
Experimento 4: Efecto sobre el diámetro del pedúnculo y la diferenciación de xilema	14
CONCLUSIONES	16
RECOMENDACIONES DE USO	17
BIBLIOGRAFÍA	18
AGRADECIMIENTOS	18



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017



INTRODUCCIÓN

La abscisión del fruto maduro en los cítricos

1.1 - Aspectos generales

La abscisión es un tipo de separación celular muy localizada producida por una secuencia de procesos bioquímicos y celulares, que tiene lugar en la zona de abscisión (ZA). La ZA está formada por células parenquimáticas especializadas, con una gran cantidad de conexiones plasmodésmicas, un citoplasma más denso y paredes celulares más engrosadas (Merelo, 2011). La zona de abscisión forma un cilindro que recubre los haces vasculares. El mecanismo de separación consiste en la disolución de las paredes celulares a través de la acción de enzimas hidrolíticas y poligalacturonasas, principalmente, creando un espacio intercelular que provocará la escisión del órgano. En general, el proceso se relaciona con la senescencia del órgano, pero el árbol puede desprenderse de sus estructuras florales, hojas o frutos, debido a otras causas fisiológicas, como la competencia nutricional o en respuesta a alguna situación de estrés biótico o abiótico. Así, la activación del proceso puede producirse por factores exógenos (como la temperatura, el estrés hídrico, heridas y patógenos) y/o por factores endógenos (factores hormonales y nutricionales), que, en la mayoría de los casos, se encuentran interrelacionados (Merelo, 2011). Por ejemplo, tanto en los órganos senescentes como en los que padecen estrés hídrico se produce un incremento en la síntesis de etileno, que se ha relacionado directamente con la abscisión. De hecho, su aplicación exógena también promueve el proceso (Agustí et al., 2007). Las auxinas también se han relacionado con la abscisión, y su aplicación en fases avanzadas del desarrollo del fruto la retrasa (Agustí et al., 2006).

La abscisión es un proceso universal en las plantas superiores, pero las partes aéreas de la planta poseen zonas de abscisión específicas. Así, las plantas pueden desprenderse de hojas senescentes o dañadas a través del pecíolo o del limbo, respectivamente, facilitar la propagación de polen y semillas, restringir la fecundación mediante la abscisión del estilo, etc. En el caso de las flores y frutos cítricos las zonas de abscisión son dos: ZA-A, situada entre el pedúnculo y el tallo, y ZA-C, localizada en la unión del cáliz con el ovario. La abscisión del fruto maduro, o precosecha, se produce por la ZAC.

1.2 - Especies y variedades de cítricos sensibles a la abscisión

En algunas variedades de naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.), la abscisión del fruto maduro es un problema agronómico importante, ya que la elevada caída prematura de frutos reduce la producción en gran medida. Algunas variedades son más sensibles que otras al problema de la abscisión. Por tanto, existe un marcado carácter genético en el desarrollo del proceso. El grupo navel muestra, en general, este problema agronómico, mientras que las naranjas "Blancas" son más resistentes a la abscisión. Dentro del grupo navel, la abscisión es más marcada en unos cultivares que en otros. Por ejemplo, al comparar el porcentaje de abscisión de las variedades "Washington navel" y "Navelate" cultivadas en la misma parcela se observa que la segunda es más sensible, 40% y 54% de frutos caídos respectivamente, lo que podría relacionarse con una menor fuerza de retención del pedúnculo (Agustí et al., 2006). Pero el problema también se presenta en otras variedades del grupo navel como son "Navelina" y "Lanelate", siempre en interacción con las condiciones ambientales. La variedad Ricalate, sin embargo, es menos sensible a la abscisión.

Por otro lado, existen algunas variedades de naranjo dulce que no muestran ningún problema de caída precosecha, como puede ser el caso de las variedades "Valencia Late" o "Salustiana", las 2 del grupo de naranjas "Blancas". El resto de especies (*C. clementina*, *C. unshiu*, *C. limon*, *C. paradisi*, etc.) no presentan problemas importantes en condiciones normales (Agustí et al., 2004).

EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

04



1.3 - Factores determinantes

La abscisión precosecha del fruto depende principalmente de factores endógenos relacionados con la senescencia del fruto. Así, la fuerza de sujeción del fruto al pedúnculo disminuye linealmente con el tiempo de forma natural (Agustí et al., 2006). Pero algunos factores exógenos pueden anticipar la caída, incrementarla, o inducir un desprendimiento brusco de la mayor parte de frutos. Por ejemplo, la fuerza de sujeción del fruto puede verse reducida bruscamente debido a cambios climáticos repentinos relacionados con humedad excesiva o temperatura baja próxima a 0°C (Agustí et al., 2004). El viento, si es fuerte, puede producir la caída del fruto en prácticamente cualquier variedad. Pero en aquellas en las que la fuerza de sujeción del fruto al pedúnculo es baja, el viento de intensidad moderada también incrementa la abscisión (Agustí et al., 2004). Todo ello sugiere que los factores endógenos que regulan la fuerza de sujeción del fruto al pedúnculo son determinantes en el proceso de abscisión.

Como en todo proceso asociado al desarrollo, las fitohormonas son el principal factor regulador. La hipótesis actual propone que el balance hormonal entre etileno (acelerador de la abscisión) y auxinas (retardadoras de la abscisión) controla el proceso de activación de la abscisión (Estornell et al., 2013). Las condiciones ambientales o endógenas que derivan en un estrés (estrés hídrico, la polución de ozono, la salinidad o algún estrés invasivo de plagas o enfermedades, etc.) promueven la síntesis de etileno y la abscisión. El ácido abscísico (ABA) juega un papel señalizador, de modo que su síntesis se incrementa cuando sucede el estrés, lo que promueve la síntesis del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) precursor del etileno (Gómez-Cadenas et al., 1996). Por otra parte, el nivel y transporte de auxina (ácido indol-3-acético, AIA) en/desde el fruto aumenta durante las fases de división y expansión celular, y se reduce cuando el fruto deja de crecer. Las auxinas, y más concretamente su transporte, se relacionan con la abscisión. En los cítricos, la aplicación de auxinas de síntesis es una práctica habitual para retrasar la abscisión (Agustí et al., 2006).



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

05



Control agronómico de la abscisión en los cítricos

La eficacia de la aplicación de auxinas de síntesis depende, fundamentalmente, de 3 factores: época de aplicación, tipo de auxina y concentración aplicada.

El momento de aplicación es muy importante para que el tratamiento surja efecto. Como es un tratamiento preventivo, la época adecuada es cuando el fruto inicia el cambio de color (Agustí et al., 1997), que en nuestras condiciones ambientales y para la variedad Navelate, a modo de ejemplo, sucede a principios de noviembre. En ésta y otras variedades de recolección tardías se ha demostrado que una aplicación posterior, entre mediados y finales de diciembre, también reduce la abscisión (Agustí et al., 1997). Cuando se realiza el tratamiento en las 2 fechas el efecto agronómico obtenido mejora significativamente en variedades de recolección tardía.

Por otra parte, el tipo de formulación del producto comercial (ácido libre, éster, sal, etc.) también modifica la eficacia de los tratamientos con auxinas. Las características de maduración interna del fruto, contenido en ácidos y azúcares, y el porcentaje de zumo, no se ven afectadas por el tratamiento (Agustí et al., 2004).

Las auxinas de síntesis también pueden producir fitotoxicidad en los cítricos. El efecto o síntoma más común es la deformación y enrollamiento de las hojas que están brotando, lo ocurre si el tratamiento se realiza cuando los brotes están en desarrollo, si se utiliza una concentración excesiva, o si se realiza una aplicación con condiciones ambientales (baja humedad, alta temperatura) que provoquen un aumento de la velocidad de evaporación y, por tanto, un aumento de la concentración. Esto no provoca la muerte de la planta, ya que, los brotes que se forman a partir de la aplicación de la auxina, carecen de deformaciones y se desarrollan con normalidad (Agustí et al., 2004).

OBJETIVOS

El objetivo general de este Proyecto de Investigación es determinar la eficacia de la nueva formulación de la auxina 2,4-D (sal dimetilamina 10%) de **Fast Fruit® Max** (número de autorización: ES-00107) de la empresa FMC Agricultural Solutions S.A.U., en el control de la abscisión del naranjo dulce dentro del marco normativo del Ministerio de Agricultura.

Además, se estudia el mecanismo de acción de **Fast Fruit® Max** en el retraso de la abscisión del fruto para relacionarlo con su eficacia agronómica.

Los objetivos específicos son:

- Determinar la influencia de la concentración y el volumen de aplicación en el control agronómico de la abscisión
- Determinar el efecto de **Fast Fruit® Max** en:
 - ✓ La fuerza de retención del pedúnculo del fruto.
 - ✓ La expresión de genes responsables de la respuesta a auxinas (ARF) y genes responsables del transporte polar de auxinas (PIN).
 - ✓ La diferenciación de xilema en el pedúnculo



MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron durante la campaña 2016-2017 con plantaciones adultas de naranjo dulce (*Citrus sinensis* L) localizadas en Valencia, concretamente en una finca experimental de la cooperativa de Lliria (Valencia), y en una parcela de la finca de Reva, situada en el término municipal de Chiva (Valencia). Finalmente, para estudiar el mecanismo de acción, también se seleccionaron árboles de una parcela ubicada en la Universitat Politècnica de València (UPV). En este caso, se eligieron árboles adultos de una variedad resistente a la caída prematura, como es el cultivar "Valencia Late" y otro, sensible, esto es, "Navelate".

Las tres parcelas se encuentran bajo la dirección de los técnicos de la Cooperativa de Lliria, Reva y UPV, respectivamente, y los árboles se encuentran en buen estado sanitario y nutricional.

En todos los experimentos se determinó la fuerza de retención del fruto al pedúnculo, la cosecha y el porcentaje de frutos sin cáliz en el momento de la cosecha. El instrumento que se utilizó para evaluar la fuerza de retención del fruto es un dinamómetro (Mecmesin AFG-250 N; Slinfold, Horsham, UK).



Foto cedida por la UPV.

Además, se evaluó el porcentaje de frutos cosechados sin cáliz en un total de 6 frutos cada 20 kg de cosecha de cada árbol.

En todos los experimentos se ha realizado un tratamiento estadístico de los resultados mediante el programa "Statgraphics" (Statgraphics Centurión XVI.I). Según el parámetro analizado, se aplicó el análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, utilizando el test LSD para la separación de medias, o el análisis de regresión. A los valores porcentuales se les ha aplicado el coeficiente de transformación $\arcsin \sqrt{p}$.

07



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

07



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1: Efecto de la concentración aplicada

Con el fin de determinar el efecto de la concentración de **Fast Fruit® Max** para retrasar la caída del fruto maduro se realizó un experimento con concentraciones crecientes (0, 10 y 20 mL/hL) de la hormona en el naranjo dulce cv. "Navelate".

La relación entre la fuerza de retención del fruto y el tiempo es descendente en todas las variedades, aunque con diferencias cuantitativas entre ellas, y el tratamiento con auxinas ralentiza la disminución de la fuerza de retención (Agustí et al., 2004). En el experimento realizado en el cv "Navelate", la aplicación de 10 y 20 mL/hL de **Fast Fruit® Max** modificó la relación entre la fuerza de retención el tiempo para el periodo estudiado, noviembre-marzo. El valor promedio de la fuerza de retención en el momento de la cosecha fue mayor en los frutos de los árboles tratados que en los frutos de los árboles control, aunque solamente se alcanzaron diferencias significativas ($P=0,0002$) para la concentración de 20 mL/hL (Figura 1).

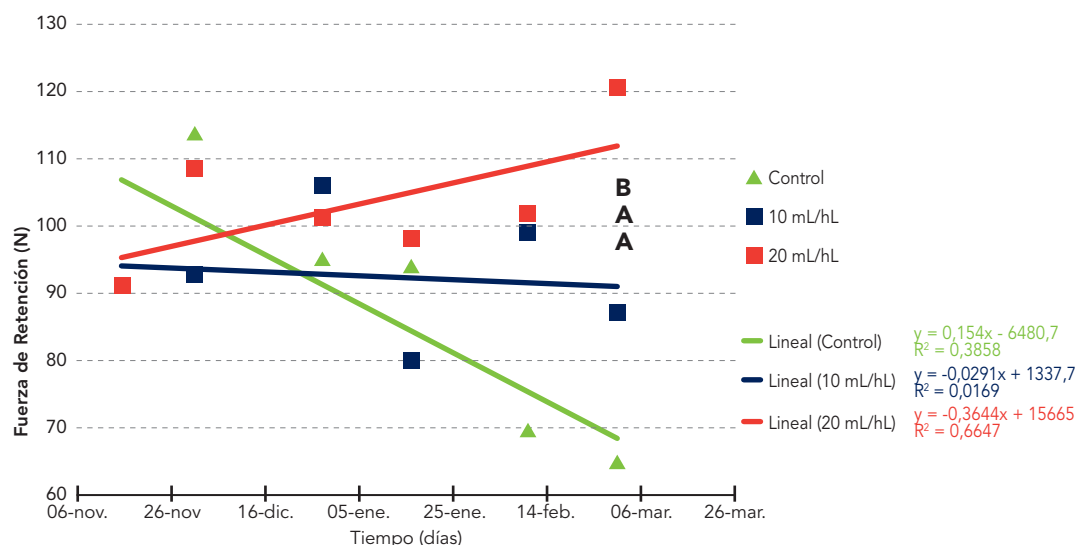


Figura 1. Efecto de la concentración de **Fast Fruit® Max** (0, 10 y 20 mL/hL) sobre la evolución de la fuerza de retención del fruto al pedúnculo en la variedad de naranjo "Navelate". Fecha del tratamiento: 16/11/2016. Volumen de aplicación: 5,5 L/árbol⁻¹; N= 10 árboles/tratamiento⁻¹. Valores de la cosecha 2016-2017. Letras diferentes indican diferencias significativas.

EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

08





Agustí et al (2004) obtuvieron resultados similares en un experimento, también realizado con la variedad de naranja "Navelate", en el que trataron los árboles el día 3 de noviembre a una concentración de 15 mL/hL. Estos autores observaron diferencias significativas en la fuerza de retención del fruto entre los árboles control (62,7 N) y los árboles tratados (85,3 N).

Así, en el momento de la cosecha (marzo) el número de frutos cosechados fue significativamente mayor en los árboles tratados con **Fast Fruit® Max** (Figura 2):

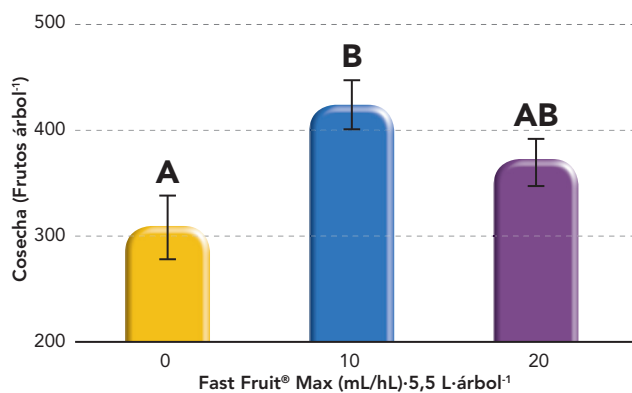


Figura 2. Efecto de la concentración de **Fast Fruit® Max** (0, 10 y 20 mL/hL) sobre la cosecha (frutos-árbol⁻¹). Variedad de naranjo "Navelate". Fecha del tratamiento: 16/11/2016. Volumen de aplicación: 5,5 L-árbol⁻¹; N= 10 árboles-tratamiento⁻¹. Valores de la cosecha 2016-2017. Letras diferentes indican diferencias significativas.

El efecto de la concentración de **Fast Fruit® Max** también influyó en el porcentaje de frutos que, al recolectarlos del árbol, perdieron el cáliz debido a la debilidad de su zona de abscisión.

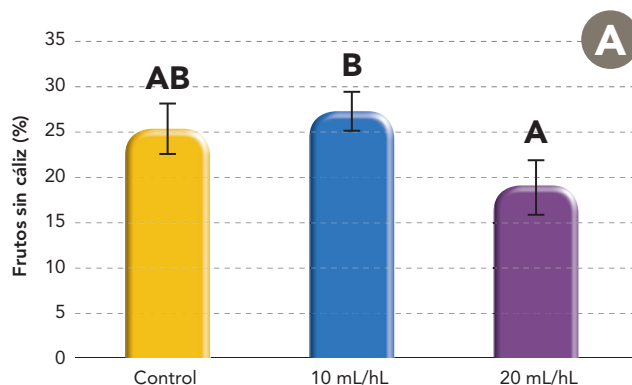


Figura 3. (A) Efecto de la concentración de **Fast Fruit® Max** (0, 10 y 20 mL/hL) sobre el porcentaje final de frutos recolectados del árbol sin cáliz en variedad de naranjo "Navelate". Fecha del tratamiento: 16/11/2016. Volumen de aplicación: 5,5 L-árbol⁻¹. N= 6 frutos cada 20 Kg de fruta por árbol y 10 árboles-tratamiento⁻¹. Valores del año 2016-2017. Letras diferentes indican diferencias significativas.



Figura 3. (B) Detalle de un cajón control de naranjo "W. Navel" con un alto porcentaje de frutos recolectados sin cáliz.

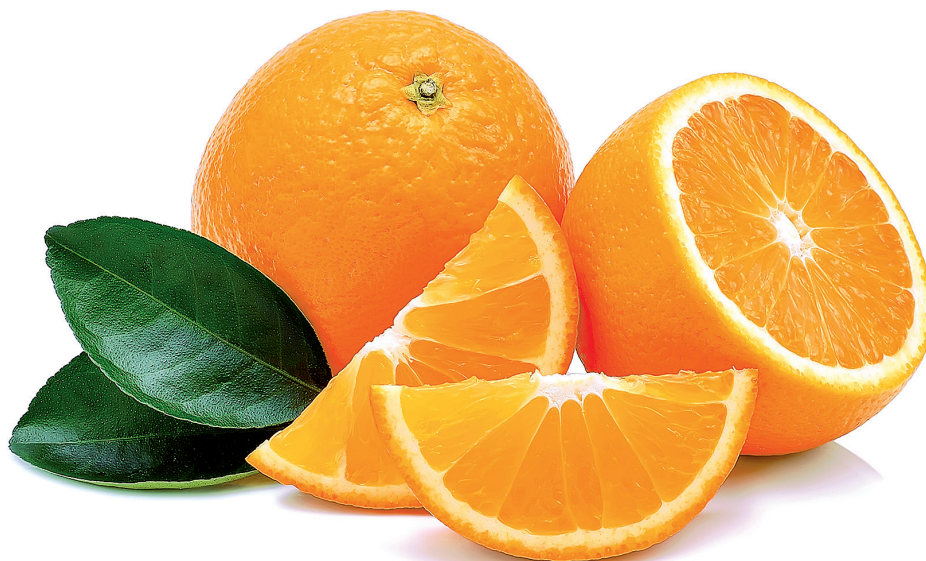
La pérdida del cáliz por parte del fruto durante la conservación supone un problema para su vida útil y comercial, ya que envejece más rápido y, por otra parte, aumenta el porcentaje de destrío y su valor decae.

A la vista de los resultados, la aplicación de 20 mL/hL de **Fast Fruit® Max** es más eficaz en el control de la abscisión del fruto de naranjo "Navelate", y en el desprendimiento del cáliz del fruto tras la cosecha, porque mantiene en un valor más elevado la fuerza de retención del fruto al pedúnculo, inactivando, de este modo, la zona de abscisión C.

EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017





Experimento 2: Efecto del volumen de aplicación

Con el fin de determinar la influencia del volumen de aplicación para retrasar la caída del fruto maduro se realizaron dos experimentos con volúmenes crecientes manteniendo una misma concentración de **Fast Fruit® Max** (20 mL/hL).

La aplicación de volúmenes crecientes (2, 3, 4 y 5,5 L·árbol⁻¹) de **Fast Fruit® Max** (20 mL/hL) sobre el naranjo "Navelate" aumentó significativamente su eficacia sobre la fuerza de retención del fruto al pedúnculo, apreciándose diferencias significativas a partir de 3 L·árbol⁻¹ (Figura 4).

Por otra parte, en el momento de la cosecha, el valor promedio de la fuerza de retención difirió significativamente entre los tratamientos (P=0,0007). El análisis de separación de medias indica que hay diferencias significativas entre volúmenes inferiores a 3 L·árbol⁻¹ (incluido) y 5,5 L·árbol⁻¹, y, por otra parte, también pone de manifiesto diferencias significativas entre el control y volúmenes superiores a 3 L·árbol⁻¹ (incluido) (Figura 4).

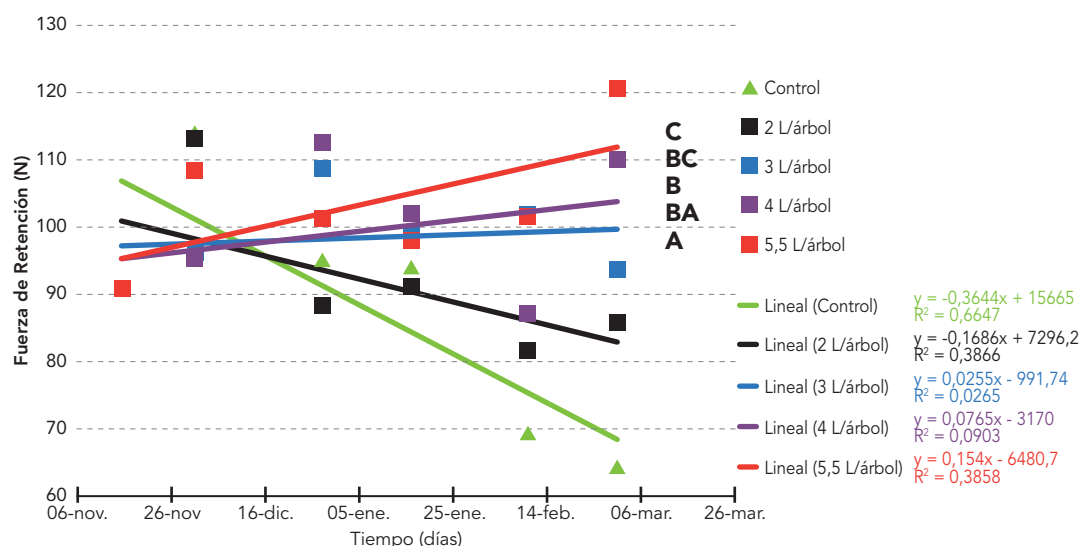


Figura 4. Efecto del volumen de aplicación de **Fast Fruit® Max** sobre la evolución de la fuerza de retención del fruto al pedúnculo en variedad de naranjo "Navelate". Fecha del tratamiento: 16/11/2016. Concentración: 20 mL/hL. 10 árboles·tratamiento⁻¹. Valores del año 2016-2017. Letras diferentes indican diferencias significativas.



Como consecuencia de ello, los tratamientos con mayor volumen de aplicación redujeron el porcentaje de frutos caídos, mejorando la cosecha a partir de la aplicación de 3 L-árbol⁻¹ (Figura 5).

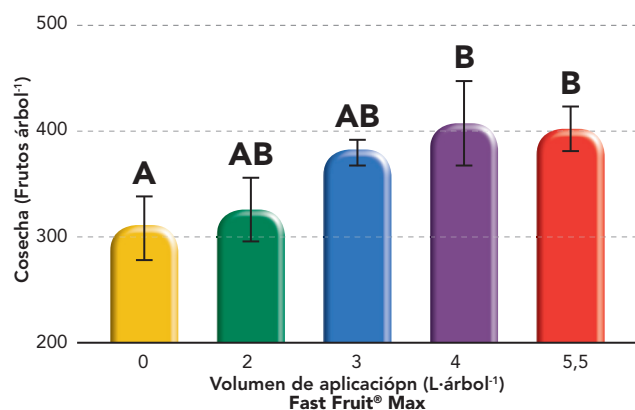


Figura 5. Efecto del volumen de aplicación de **Fast Fruit® Ma** sobre la cosecha en variedad de naranjo "Navelate". Fecha del tratamiento: 16/11/2016. Concentración: 20 mL/hL. 10 árboles-tratamiento⁻¹. Valores del año 2016-2017. Letras diferentes indican diferencias significativas.

El porcentaje de frutos sin cáliz tras la recolección se redujo a partir del tratamiento con 3 L-árbol⁻¹ (Figura 6)

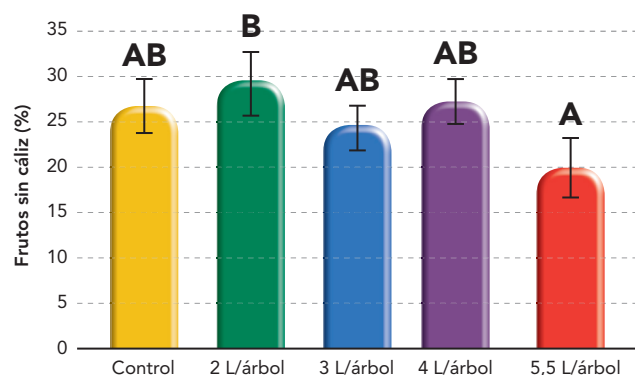


Figura 6. Efecto del volumen de aplicación de **Fast Fruit® Max** sobre el porcentaje de frutos sin cáliz en variedad de naranjo "Navelate". Fecha del tratamiento: 16/11/2016. Concentración: 20 mL/hL. 10 árboles-tratamiento⁻¹. Valores del año 2016-2017. Letras diferentes indican diferencias significativas.



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

11



Experimento 3: Efecto sobre expresión de genes relacionados con el metabolismo de respuesta a auxinas y transporte polar

Las variedades de naranjo dulce "Valencia Late" y "Navelate" difieren significativamente en su predisposición natural a la abscisión del fruto maduro, que es baja y alta respectivamente. Así, cultivadas en las mismas condiciones ambientales la naranja "Valencia Late" presenta una mayor fuerza de retención del fruto que la naranja "Navelate".

Con el fin de relacionar dicha predisposición con el metabolismo endógeno de auxinas en el árbol, se evaluó 1) el transporte polar de auxinas a través la expresión de los genes AUX1 (transportador de entrada) y PIN1 (transportador de salida) a ambos lados del cáliz, en el floema del pedúnculo (Figura 7 B, C) y en el haz vascular axial del fruto (Figura 7 D y E), y los genes de respuesta a auxinas en las hojas del mismo brote del fruto (Figura 7 F y G).

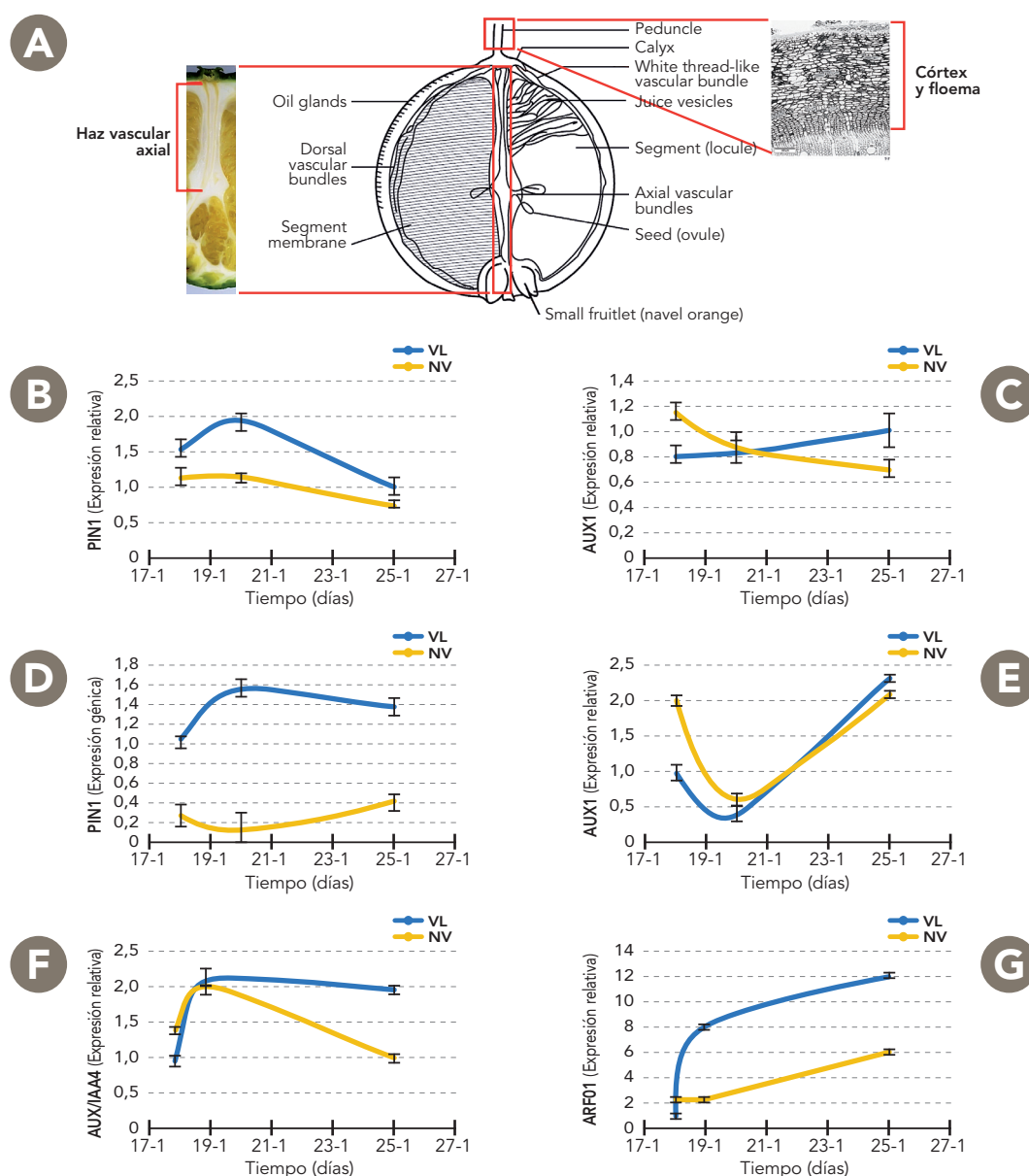


Figura 7. Expresión de los genes transportadores de auxinas PIN1 y AUX1, en el floema (B y C) y en el eje axial del fruto (D y E) y los encargados en los procesos de detección AUX/IAA4 y ARF01 en hojas cercanas al fruto (F y G). Cada valor es la media de 3 réplicas técnicas de un pool de muestra tomada de 5 frutos por variedad: Valencia Late (VL) y Navelate (NV).



Los resultados muestran que la expresión del gen PIN1, transportador de salida en la célula y responsable del transporte polar (Acosta et al., 2008), es significativamente mayor en la naranja "Valencia Late" que en la "Navelate" (Figura 7 B y D). No se observaron diferencias significativas en la expresión del transportador de entrada AUX1 (Figura 7 C y E). En las hojas del brote campanero, la expresión del gen ARF01, factor de transcripción responsable de la respuesta a auxinas, también es significativamente mayor en el naranjo "Valencia Late" que en el naranjo "Navelate" (Figura 7 G). El gen AUX/IAA4, inhibidor de la respuesta a auxinas, no mostró diferencias consistentes entre las 2 variedades (Figura 7 F). Todo ello permite proponer que el metabolismo de las auxinas está, en general, más activo en el naranjo "Valencia Late" que en el naranjo "Navelate", lo que correlaciona con la tendencia natural a la abscisión.

La aplicación de **Fast Fruit® Max** modificó significativamente la expresión de los genes transportadores de auxinas PIN1 y AUX1 y del factor de transcripción de respuesta a auxinas ARF01 (Figura 8). Así, la auxina estimuló el transporte basípeto, hacia la zona de abscisión, en el eje axial del fruto, al aumentar significativamente la expresión del gen transportador de salida PIN1 (x2,5) (Figura 8 A), y la expresión del gen transportador de entrada AUX1 (x1,6) (Figura 8 B) respecto del control. En el floema del pedúnculo del fruto, la expresión de PIN1 se redujo mientras que la expresión de AUX1 no se modificó. Pero el efecto cuantitativamente más importante fue el incremento de la expresión del gen ARF01 en las hojas por efecto del tratamiento con **Fast Fruit® Max** (x6, respecto del control, Figura 8 E).

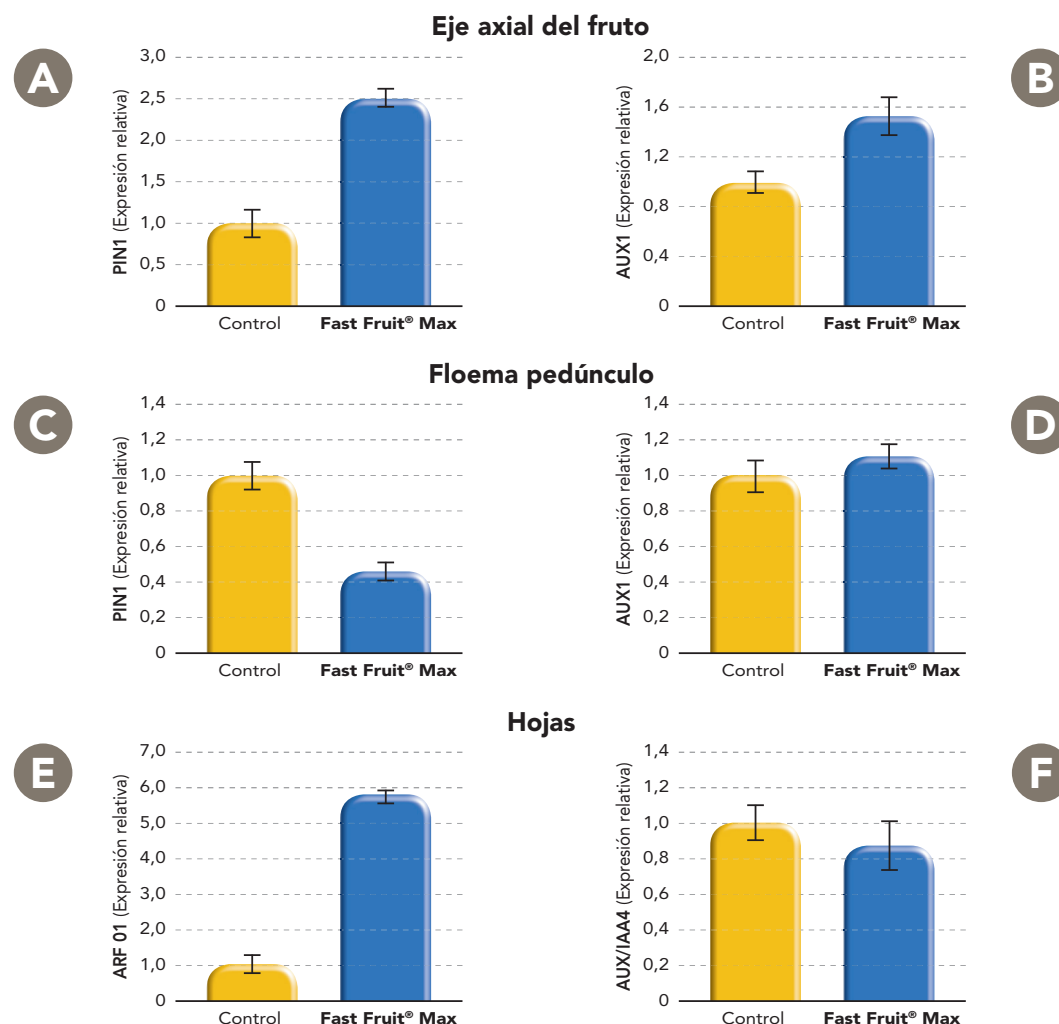


Figura 8. Efecto del tratamiento con **Fast Fruit® Max** (15 mL/hL) sobre la expresión relativa de los genes PIN1 y AUX1 en el eje axial del fruto (A y B) y el floema del pedúnculo (C y D), así como los encargados de la detección de la hormona en las hojas (E y F) ARF01 y AUX/IAA4. Cada valor es la media de 3 réplicas técnicas de un pool de muestra tomada de 5 frutos por variedad.

EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

Experimento 4: Efecto sobre el diámetro del pedúnculo y la diferenciación de xilema

Uno de los principales procesos fisiológicos regulados por las auxinas es la diferenciación del xilema. La aplicación de auxinas al inicio de la fase de crecimiento lineal (julio) estimula el desarrollo de los haces vasculares en los cítricos, en especial del xilema, promoviendo su lignificación e incrementando el diámetro del pedúnculo (Mesejo et al., 2003). En concreto, la diferenciación de xilema está relacionada con la concentración de auxina en el apoplasto, que está mayoritariamente regulada por los importadores de auxina en la célula (AUX1) (Fàbregas et al., 2015).

Pero la aplicación de auxinas para reducir la abscisión del fruto maduro se realiza cuando éste está iniciando el cambio de color al final de su desarrollo (octubre-noviembre), época en la que la diferenciación de los haces vasculares ya se ha producido, mayoritariamente, por efecto del desarrollo del fruto. Se desconoce si, en esta época, la aplicación de auxinas puede estimular la diferenciación de xilema y, por ello, el desarrollo del pedúnculo. No parece lógico establecer una relación entre el diámetro del pedúnculo y la fuerza de retención del fruto, porque mientras el diámetro del pedúnculo es prácticamente invariable al final de crecimiento del fruto, la fuerza de retención sigue una tendencia decreciente. Sin embargo, resulta lógico evaluar la diferenciación del xilema como señal de activación del metabolismo endógeno de auxinas por efecto del tratamiento, que, sin duda, sí se relaciona con la abscisión. Por ello, con el fin de explicar las diferencias observadas en la expresión de los genes de respuesta a auxinas, se estudió el efecto de **Fast Fruit® Max** en la diferenciación del xilema del pedúnculo del fruto.

En el cultivar "Navelate", la aplicación de la aplicación de **Fast Fruit® Max** modificó significativamente (18%, $p < 0.05$) el diámetro del pedúnculo respecto del control (Figura 9 B). Por otra parte, en la variedad "Ricalate", el efecto del tratamiento no alcanzó diferencias significativas ($p=0.087$), aunque la aplicación de **Fast Fruit® Max** aumentó un 3,8% el diámetro promedio del pedúnculo (Figura 9 A). Es de destacar que los pedúnculos de la variedad "Ricalate" mostraron un diámetro ligeramente superior a los de la variedad "Navelate".

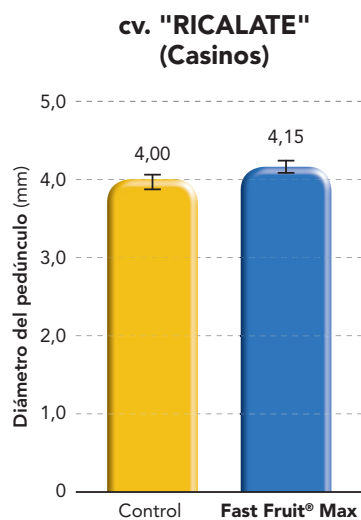
El estudio histológico de los pedúnculos en el cultivar "Navelate" indica que el mayor diámetro de los pedúnculos tratados con **Fast Fruit® Max** es por una mayor área del xilema en comparación con el pedúnculo de los frutos control ($P = 0,001$) (Figura 9 C), como determinaron Mesejo et al (2003). Según Fabregas et al. (2015), la diferenciación de xilema está inversamente relacionada con la concentración de auxina en el apoplasto. De este modo, los importadores de auxina en la célula (AUX1) juegan un papel esencial, como muestra que las plantas mutantes AUX1 de Arabidopsis presentan una menor diferenciación vascular que las plantas control.

Los resultados sugieren una relación entre la aplicación de **Fast Fruit® Max**, AUX1 y la diferenciación del xilema en los cítricos.





A



B

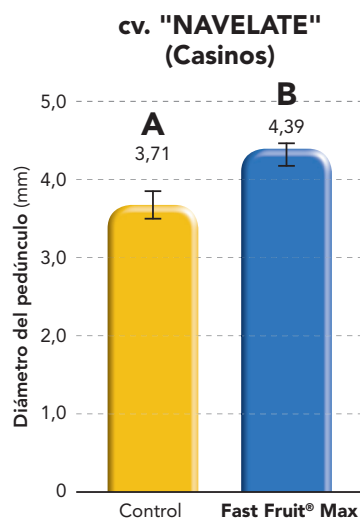
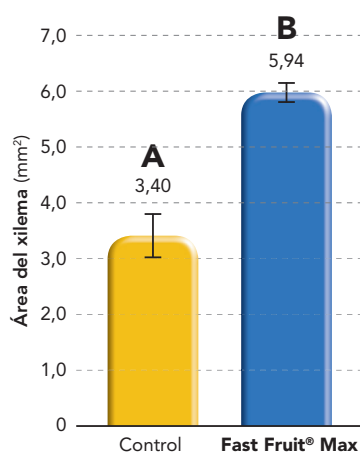


Figura 9. Efecto de la aplicación de **Fast Fruit® Max** (15 mL/hL) sobre el diámetro del pedúnculo del fruto y el área del xilema. Tratamiento realizado en noviembre; mediciones realizadas en enero. Letras diferentes indican diferencias significativas. Cada valor es la media de 50 pedúnculos (A y B) y de 5 muestras representativas del diámetro medio del pedúnculo (C).

C



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

15



CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos la aplicación de **Fast Fruit® Max** resulta eficaz en el control de la abscisión del fruto de variedades sensibles así como el desprendimiento del cáliz del fruto tras la cosecha.
- Los valores más elevados de fuerza de retención del fruto al pedúnculo se obtuvieron a una concentración de **Fast Fruit® Max** de 20 mL/hL y un volumen de agua de al menos 3 litros por árbol.
- La aplicación de **Fast Fruit® Max** estimula el metabolismo endógeno de auxinas en el árbol, favoreciendo su transporte hacia la zona de abscisión del fruto.
- La aplicación de **Fast Fruit® Max** estimula la diferenciación del xilema del pedúnculo del fruto, y por ello, incrementando el diámetro del pedúnculo.





An Agricultural
Sciences Company

RECOMENDACIONES DE USO

Fast Fruit® Max

Fitorregulador

COMPOSICIÓN	Ácido 2,4-D (sal dimetilamina) 10% p/v
FORMULACIÓN	Líquido soluble (SL)
Nº REGISTRO	ES-00107
ENVASES	200 mL

RECOMENDACIONES DE USO



NARANJO



Evitar caída fruto



15-22,5 mL/hL
(120-270 mL/ha)



30

Modo de empleo en naranjo

Aplicar en pulverización foliar normal. Efectuar una aplicación por campaña.

Aplicar al aire libre en el momento que el fruto empieza a colorear (cambio de color), no antes del cambio de color de los frutos. Los tratamientos no deben efectuarse en plantaciones jóvenes, ni cuando existan brotes tiernos. Normalmente las aplicaciones se hacen a partir de octubre-noviembre, dependiendo de la variedad y fecha prevista de recolección. Emplear un volumen de caldo de entre 800 a 1.200 L/ha.

Precauciones

Utilizar bajo asesoramiento técnico-agronómico, siguiendo en todo momento las indicaciones de la etiqueta. En caso de duda consulte al Servicio Técnico.



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

17



BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., Bañón, A., & Sánchez, J. (2008). "Auxinas", en Azcón-Bieto, J., & Talón, M., (2008), Fundamentos de fisiología vegetal. Editorial McGraw Hill. Madrid, España, 377-398.
- Addicott, F. T. 1982. Abscission. University of California Press, Berkeley, California.
- Agustí, M. 2003. Citricultura. Ed. Mundi-Prensa. 2ª Edición. Madrid, España.
- Agustí, M. 2000. Citricultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Agustí, M. y Almela, V. 1991. Aplicación de fitoreguladores en citricultura. AEDOS EDITORIAL. Barcelona. España.
- Agustí, M., Almela, M., Juan, M. 2004. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos. Editorial Centro de publicaciones, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Agustí, M., Almela, V., y Juan, M. 2004. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Madrid. España.
- Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Reig, C., & Almela, V. 2006. Application of 2, 4-dichlorophenoxypropionic acid 2-ethylhexyl ester reduces mature fruit abscission in Citrus navel cultivars. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81(3), 532-536.
- Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Reig, C., y Almela, V. 2006. Application of 2,4-dichlorophenoxypropionic acid 2-ethylhexyl ester reduces mature fruit abscission in Citrus navel cultivars. Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Spain
- Agustí, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Juan, M., & Almela, V. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Editorial Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació. Sèrie divulgació Tècnica. Valencia, España.
- Almela, V., Juan, M., Lapica, P., Salvi, J., y Agustí, M. 1997. Control de la abscisión del fruto maduro en cítricos. C.V.Agraria, 10: 15-22.
- Aloni, R. 2001. Foliar and axial aspects of vascular differentiation: hypotheses and evidence. Journal of plant growth regulation, 20(1), 22-34.
- Aloni, R., & Zimmermann, M. H. 1983. The control of vessel size and density along the plant axis: a new hypothesis. Differentiation, 24(1-3), 203-208.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Ed McGRAW-HILL. Madrid. España.
- Blausa, T., Else, M. A., Atkinson, C. J., & Davies, W. J. 2005. The regulation of sweet cherry fruit abscission by polar auxin transport. Plant growth regulation, 45(3), 189-198.
- Estornell, L. H., Agustí, J., Merelo, P., Talón, M., & Tadeo, F. R. 2013. Elucidating mechanisms underlying organ abscission. Plant Science, 199, 48-60.
- Fàbregas, N., Formosa-Jordan, P., Confraria, A., Siligato, R., Alonso, J. M., Swarup, R. & Ibañez, M. 2015. Auxin influx carriers control vascular patterning and xylem differentiation in Arabidopsis thaliana. PLoS genetics, 11(4), e1005183
- Franklin, K. A., Lee, S. H., Patel, D., Kumar, S. V., Spartz, A. K., Gu, C., ... & Wigge, P. A. 2011. Phytochrome-interacting factor 4 (PIF4) regulates auxin biosynthesis at high temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(50), 20231-20235.
- Gómez-Cadenas, A., Tadeo, F. R., Talon, M., & Primo-Millo, E. 1996. Leaf abscission induced by ethylene in water-stressed intact seedlings of Cleopatra mandarin requires previous abscisic acid accumulation in roots. Plant Physiology, 112(1), 401-408.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de Investigación de "Citricultura y Fruticultura" de la UPV que ha realizado el presente trabajo y especialmente por su generosidad a la hora de transmitir su conocimiento,

- Manuel Agustí Fonfría
- Carlos Mesejo Conejos
- Carmina Reig Valor
- Amparo Martínez Fuentes

También al equipo técnico de la cooperativa de Lliria y Reva por su ayuda y poner a disposición las parcelas donde se han realizado los experimentos.

EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

18



- Gómez-Cadenas, A., Tadeo, F. R., Talon, M., & Primo-Millo, E. 1996. Leaf abscission induced by ethylene in water-stressed intact seedlings of Cleopatra mandarin requires previous abscisic acid accumulation in roots. *Plant Physiology*, 112(1): 401-408.
- Gonzalez-Rossia, D. Reig, C. M. Juan, M. M. Agustí, M. 2007. Horticultural factors regulating effectiveness of GA3 inhibiting flowering in peaches and nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Scientia Horticulturae*, 111: 352-357.
- Goren, R. y Huberman, M. 1976. Effects of ethylene and 2,4-D on the activity of cellulase isoenzymes in abscission zones of the developing orange fruit. *Physiol. Plant.*, 37: 123-130.
- Gray, W. M., Östin, A., Sandberg, G., Romano, C. P., & Estelle, M. 1998. High temperature promotes auxin-mediated hypocotyl elongation in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(12), 7197-7202.
<http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>
- Jordán, M., & Casaretto, J. 2006. Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. Squeo, F. A., & Cardemil, L.(eds.). *Fisiología Vegetal*, 1-28.
- Katz, E., Lagunes, P., Riov, J., Weiss, D., & Goldschmidt, E. 2004. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric Citrus fruit. *Planta*, 219(2): 243-252.
- Li, S. B., OuYang, W. Z., Hou, X. J., Xie, L. L., Hu, C. G., & Zhang, J. Z. 2015. Genome-wide identification, isolation and expression analysis of auxin response factor (ARF) gene family in sweet orange (*Citrus sinensis*). *Frontiers in plant science*, 6.
- Liu, X., Li, J., Huang, M., & Chen, J. 2015. Mechanisms for the influence of citrus rootstocks on fruit size. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(10), 2618-2627.
- MAGRAMA, 2017. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente, España, visto el 3 de abril de 2017.
- Merelo, P. 2011. Aproximación genómica al estudio de la abscisión de frutos cítricos: análisis transcriptómico de la zona de abscisión C. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València.
- Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Juan, M., Almela, V., & Agustí, M. 2003. Vascular tissues development of citrus fruit peduncle is promoted by synthetic auxins. *Plant growth regulation*, 39(2), 131-135.
- Patterson, S.E. 2001. Cutting loose. *Abscission and dehiscence in Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 126: 494-500.
- Pollard, J.E. y Biggs, R.H. 1970. Role of cellulase in abscission of citrus fruits. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 95: 667-673.
- Rasmussen, G.K., 1981. Gibberellin and cell-wall hydrolases as related to the low response of Valencia oranges to abscission chemicals. *Hort Science*, 16: 497-498.
- Ratner, A., Goren, R., y Monselise, S.P. 1969. Activity of pectin esterase and cellulase in abscission zone of citrus leaf explants. *Plants Physiol.*, 44: 1717-1723.
- Vanneste, S., & Friml, J. 2009. Auxin: a trigger for change in plant development. *Cell*, 136(6), 1005-1016.
- Xie, R., Pang, S., Ma, Y., Deng, L., He, S., Yi, S., ... & Zheng, Y. 2015. The ARF, AUX/IAA and GH3 gene families in citrus: genome-wide identification and expression analysis during fruitlet drop from abscission zone A. *Molecular genetics and genomics*, 290(6), 2089-2105.



EVALUACIÓN TÉCNICA
Y AGRONÓMICA
DE FAST FRUIT® MAX
EN CÍTRICOS

2016-2017

19



Fast Fruit® Max

Fitorregulador

ÚNICO
PRODUCTO
TOTALMENTE
ESPECÍFICO

(CAÍDA DE FRUTOS)

EXCELENTE
EFICACIA

AMPLIA
EXPERIENCIA

FMC

Visite nosso canal

YouTube



Pº de la Castellana, 257 - 5º
28046 MADRID

91 553 01 04

www.fmcagro.es



Con el fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, antes de aplicar un producto fitosanitario, lea atentamente la etiqueta y siga estrictamente las instrucciones de uso.
Fast Fruit® Max es una marca registrada de FMC Corporation y/o de sus empresas afiliadas.

CG - REF: OCTUBRE 2019