

EL RAJADO ESTILAR DEL FRUTO EN LOS CITRICOS

ASPECTOS ANATOMICOS Y MORFOLOGICOS

□ A. García Luis; M. Kanduser; A.M.M. Duarte ; J.L. Guardiola

CONCEPTO E IMPORTANCIA

El rajado o agrietado es una alteración del fruto, y aun de otras partes utilizables de la planta, que se caracteriza por la formación de fisuras profundas en la piel o corteza de tal modo que la parte interna comestible del fruto queda expuesta y aun se agrieta. El fruto afectado en muchos casos se desprende prematuramente, pero aun en el caso de que complete su desarrollo y alcance la maduración es inservible para la comercialización.

Esta alteración se ha descrito en gran número de especies, entre las que se encuentran frutales de hueso y de pepita, plantas hortícolas (como el tomate) y los cítricos, provocando a menudo pérdidas económicas importantes. Las características de la misma han sido revisadas de modo crítico recientemente por Opara y col. (1997), que resaltan los aspectos siguientes:

a) Existe un factor genético en la predisposición a la presencia de esta alteración, mucho mas frecuente en algunos cultivares de cada una de las especies;

b) Hay una variación marcada en la susceptibilidad a la misma entre árboles y entre frutos de un mismo árbol;

c) La alteración es afectada por factores ambientales, de tal modo que su incidencia varía notablemente de un año a otro y entre parcelas de la misma especie;

d) No hay un factor causal único de la alteración, y

e) Las prácticas correctivas desarrolladas son de resultado errático, variando su eficacia de modo marcado sin que

sea posible establecer una pauta de respuesta definida.

La influencia de estos factores en la incidencia del rajado en los cítricos son evidentes. La alteración es frecuente en los cultivares Nova, Murcott y Ellendale, mientras se presenta raramente en satsumas y clementinas. Para una misma variedad el porcentaje de rajado varía notablemente entre parcelas y, en una misma parcela, de un año a otro, siendo en general mas elevado en regiones cálidas y húmedas, factores climáticos que favorecen la formación de frutos de piel fina (Alexander, 1983; Rabe and Van Rensburg, 1996). Probablemente las diferencias climáticas son responsables del comportamiento diferente de algunas variedades en distintas regiones citricolas, como ocurre con las variedades del tipo navel, que en Florida presentan un porcentaje significativo de frutos rajados mientras en las condiciones de Valencia el rajado del fruto no tiene normalmente importancia, así como de las diferencias en comportamiento en una misma región en años diferentes. Es notable al respecto que el tangor Ortanique, que en las condiciones de Valencia normalmente no se raja, ha presentado este año en algunas parcelas un porcentaje de rajado superior al 40%.

Las características del rajado en los cítricos han sido descritas con detalle por diversos autores (del Rivero, 1968; Ruiz Serrano y Primo Millo, 1989), que distinguen distintas formas del mismo atendiendo a su origen, entre las que se encuentran:

a) Rajado que se inicia en la región ecuatorial del fruto, y que progresa posteriormente bien transversalmente o a lo largo de un meridiano, como se ha presentado este año en el tangor Ortanique y en otras variedades.

b) Rajado que se inicia en la región estilar con la formación de una o varias fisu-

ras que progresan posteriormente hacia la región ecuatorial y aun la peduncular del fruto. Este tipo de rajado es característico de las variedades citadas anteriormente (Murcott, Nova y Ellendale).

Estos dos tipos de rajado son probablemente provocados por factores diferentes. En un trabajo previo (García Luis y col., 1994) hemos demostrado que el rajado del segundo tipo (rajado estilar) en el cultivar Nova está relacionado con la estructura anatómica del ovario. En el presente trabajo hemos analizado la estructura del ovario de las variedades que presentan un índice elevado de rajado estilar y lo hemos comparado con el de variedades que no presentan normalmente este tipo de rajado.

DESARROLLO ANATOMICO DEL OVARIO

En todas las variedades, la formación del ovario sigue la misma pauta que se presenta en la figura 1 para el mandarino satsuma. Un verticilo único de primordios carpelares se forma a una distancia de unos 0.1 mm del extremo del eje floral cuando el capullo tiene 2mm de ancho (fotografía superior). Estos primordios carpelares crecen marginal y apicalmente, sobrepasando el extremo del eje floral y adquiriendo una forma de herradura en sección transversal (fotografía central). Posteriormente, el crecimiento de los márgenes tiene lugar hacia la parte central, formando unos surcos que constituirán las cavidades locales del fruto, al mismo tiempo que se fusionan lateralmente para formar la membrana de separación de los segmentos (fotografía inferior).

Con posterioridad, la parte dorsal de los primordios carpelares se prolonga para formar el estilo, al mismo tiempo que los márgenes se sueldan al eje central cerrando de este modo el ovario, pero el comportamiento del eje central y la soldadura de los carpelos presenta diferencias marcadas entre las distintas variedades estudiadas.

□ Departamento de Biología Vegetal
Universidad Politécnica de Valencia
46071-Valencia, España

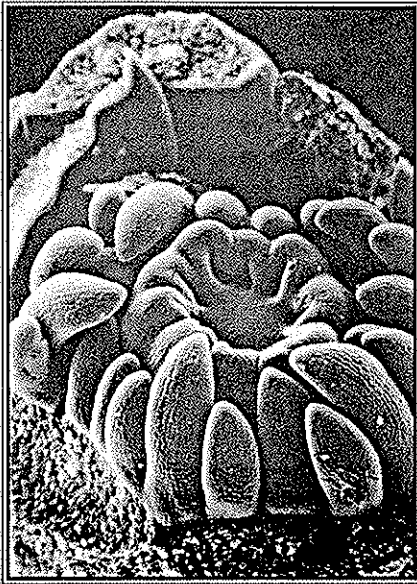
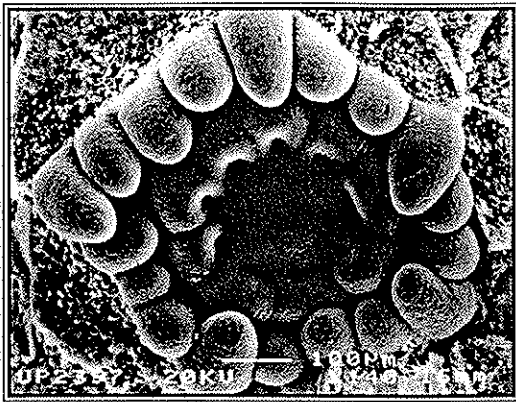


Figura 1. Estudio anatómico del desarrollo inicial del ovario en el mandarino satsuma utilizando el microscopio electrónico de barrido.

Fotografía superior. Formación de los primordios carpelares en capullos de 2 mm de diámetro. El verticilo de primordios carpelares está rodeado por los estambres en desarrollo. Pétalos y sépalos han sido retirados para facilitar la observación.

Figura intermedia. Crecimiento inicial de los primordios carpelares con la formación de unas estructuras plegadas que se convertirán en los segmentos del fruto.

Figura inferior. Coalescencia lateral de los primordios carpelares, que recubren por completo el eje floral.

En los diversos cultivares de clementina estudiados, así como en el mandarino satsuma, el eje floral reinicia el crecimiento penetrando a lo largo del estilo, al mismo tiempo que sus tejidos se sueldan íntimamente con los tejidos carpelares sin que se presente una zona de separación entre ambos tipos de tejidos en la región estilar del fruto ni en la base del estilo. Sólomente cerca del extremo del eje floral se distinguen unas estructuras epidérmicas que separan el mismo de los tejidos carpelares (Figura 2).

En los cultivares Nova, Ellendale y Murcott, el crecimiento del eje floral es muy limitado y raramente alcanza el estilo (Figura 3). La base del estilo presenta una cavidad muy aparente, al mismo tiempo que el estilo tiene en toda su longitud un espacio central bordeado por un tejido epidérmico, espacio que en los cultivares mencionados anteriormente está ocupado, en parte de su recorrido al menos, por el eje floral. Los primordios carpelares se curvan hacia el interior, hasta soldarse con la parte lateral del eje floral, cuyo meristemo queda en la base de una cavidad que se prolonga en el estilo.

Estas diferencias en estructura determinan el comportamiento de los frutos durante el desarrollo, la incidencia del rajado y la morfología de la región estilar del fruto maduro.

ESTRUCTURA DEL OVARIO Y RAJADO DEL FRUTO

En los cultivares de clementina y satsuma, la abscisión del estilo, que tiene lugar por su base unas pocas semanas después de la floración, provoca simultáneamente la abscisión del extremo del eje floral prolongado con su meristemo en el extremo. La soldadura de los tejidos carpelares con los del eje floral resulta en la formación de una pequeña cicatriz en la región estilar del fruto, región que sólomente de modo excepcional se agrieta (Figura 4). En aquellos ovarios en que el crecimiento del eje floral ha sido menor y en la zona de abscisión sus tejidos no están soldados con los tejidos carpelares, el resto del eje floral se seca después de la abscisión, y el fruto presenta en su región estilar una pequeña abertura, de menos de 3 mm de diámetro, bordeada por un tejido pericárpico. Esta situación se presenta con frecuencia en el clementino fino, pero raramente en el clementino de Nules (Tabla 1).

En las variedades Nova, Murcott y Ellendale, por el contrario, el meristemo floral se conserva en el extremo estilar del fruto tras la abscisión del estilo (Figura 3). Este meristemo floral reinicia el crecimiento durante las fases iniciales del desarrollo del fruto, formando un tejido de naturaleza similar al pericarpio, con una región epidérmica inicialmente con cloroplastos y, posteriormente, con cromoplastos, y con glándulas de aceites esenciales (Figura 5). El desarrollo de este tejido está claramente relacionado con el rajado precoz y la abscisión del fruto, ya que es de mayor tamaño en los frutos que se rajan que en aquellos que persisten hasta la maduración (Tabla 2).

La morfología de la región estilar del fruto maduro en estas variedades difiere de la descrita anteriormente. Un porcentaje significativo de los frutos presenta un navel u ombligo prominente, y normalmente tiene una o varias grietas de pequeña longitud (Figura 6). Otros frutos tienen una abertura en su extremo estilar, pudiéndose apreciar el tejido formado por el meristemo floral en el fondo de la misma o cuando se realiza una sección del fruto. En los frutos restantes se observa una cicatriz estilar de pequeño tamaño del tipo descrito anteriormente, pero aun se observa en muchos casos en la sección del fruto un pequeño tejido formado por la actividad del meristemo floral (Tabla 1).

argo
n los
entre
esti-
ctu-
a 2].
il es
pre-
oda
acio
e de
van
eris-
fru-
a la
que
ón,
on-
ar-
ña
do
eci-
los
se
na
un
le-
ris-
ón
an-
tu-
on
de
en-
es
er-
les
os
na
do
na
ar
er-
do

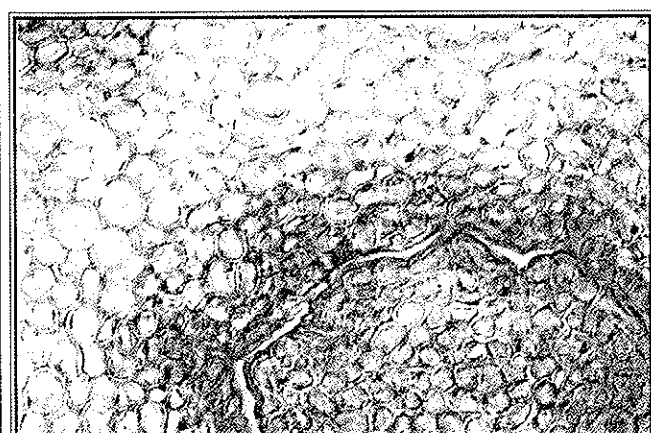
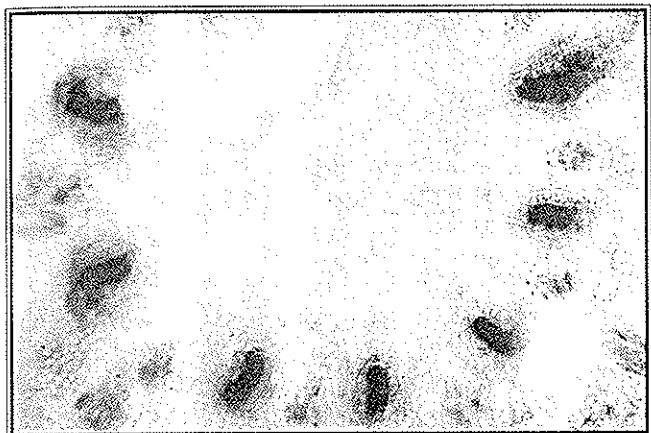
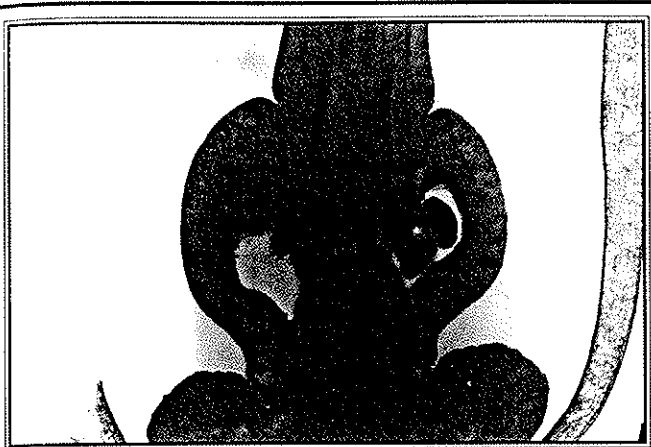


FIGURA 2: Ovario de clementina fina en el momento de la antesis. De arriba hacia abajo: sección longitudinal y secciones transversales en la parte superior del ovario, en la parte baja del estilo y a la mitad del estilo.

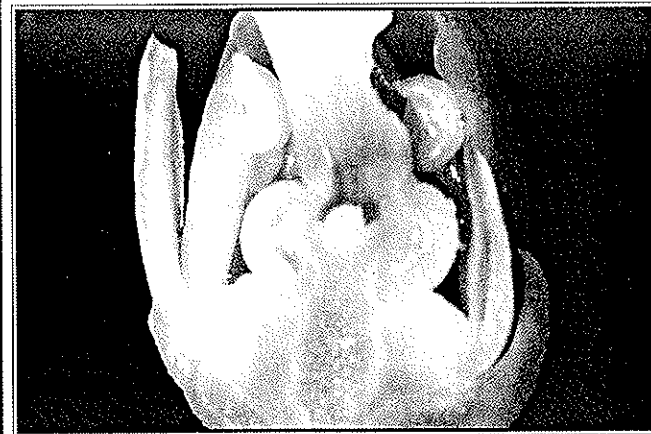
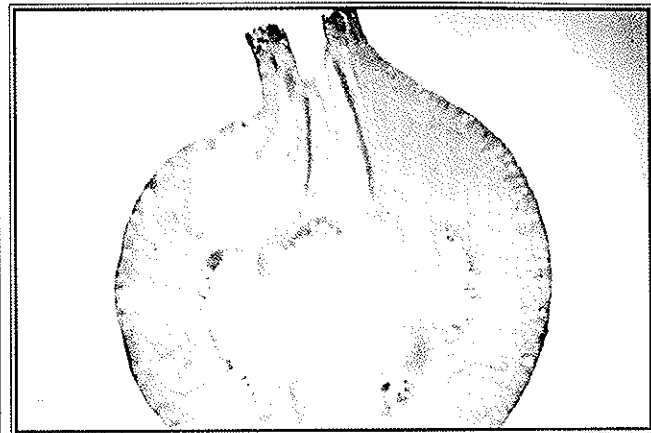


FIGURA 3: De arriba hacia abajo. Secciones longitudinales de un frutito de Ellendale en el momento de la abscisión del estilo, de un frutito de Nova en el mismo estado de desarrollo, y de mandarina Murcott en el momento de la antesis e inmediatamente antes de la abscisión del estilo.

MORFOLOGIA Y ANATOMIA DEL FRUTO EN RELACION CON EL RAJADO

Una caracterización ulterior de los factores anatómicos y morfológicos del fruto asociados con el rajado se efectuó en la variedad Nova, comparando diversos parámetros de los frutos que iniciaban el rajado en un estado avanzado del desarrollo con los de frutos sin síntomas de rajado.

Los datos mas relevantes de esta comparación se presentan en la Tabla 3. Los frutos rajados presentaban invariablemente un mayor tamaño de ombligo, un menor espesor de la corteza en la región estilar, y eran mas achatados (relación diámetro/altura mas elevada). No se observaron diferencias en el espesor de la corteza en la región ecuatorial ni en el diámetro del fruto.

Como la metodología seguida en el estudio no nos permitía predecir el comportamiento ulterior de los frutos, las observaciones anatómicas se realizaron una vez los primeros síntomas de rajado eran evidentes, por lo que no resulta posible determinar si las diferencias en el espesor de corteza en la región estilar es un factor causal del rajado o es simplemente una consecuencia de éste.

Por el contrario, la medida periódica de las dimensiones del fruto nos permitió determinar que la forma mas achatada (relación diámetro/altura mas elevada) de los frutos rajados se detecta varias semanas antes de que se produzca el rajado, y que en cada expe-

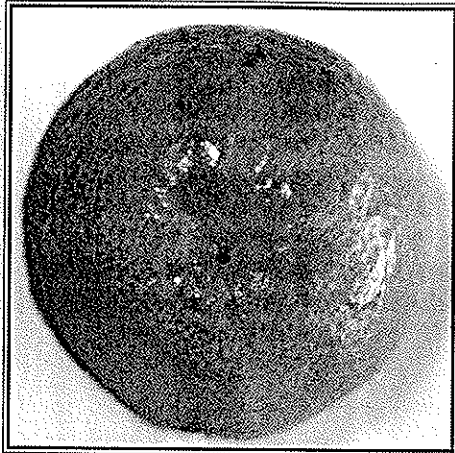


Figura 4. Región estilar de la clementina Orogrande mostrando la cicatriz estilar.

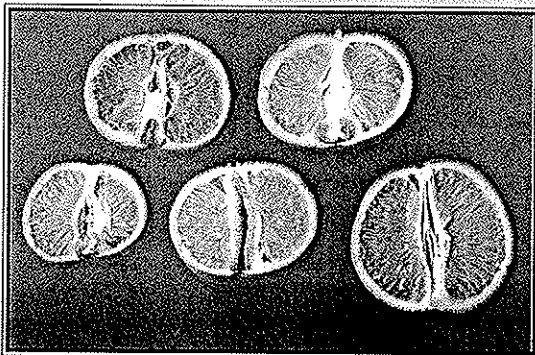


Figura 5. Sección longitudinal de frutos de la mandarina híbrida Nova mostrando diversos grados de desarrollo del tejido derivado de la actividad del meristemo floral. Frutos muestreados el 17 de Enero.

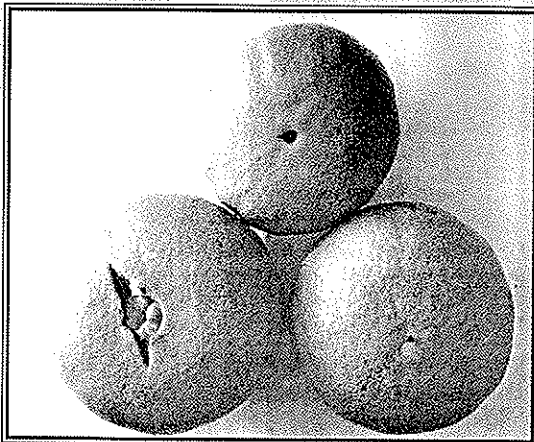


Figura 6. Región estilar del mandarino híbrido Murcott mostrando un navel prominente con grietas estilares, un extremo estilar abierto y una cicatriz estilar cerrada.

TABLA 1. CARACTERISTICAS DE LA REGION ESTILAR DEL FRUTO DE DIVERSAS VARIETADES EN LA MADURACION
Las cifras indican el porcentaje del total de los frutos

VARIETADE	CARACTERISTICAS DE LA REGION ESTILAR		
	CICATRIZ	ABIERTA	CON GRIETAS
CLEMENTINAS			
- Fina	67	33	0
- Orogrande	100	0	0
- De Nules	100	0	0
NOVA	72	12	16
MURCOTT	68	20	12
ELLEDALE	31	69	0

TABLA 2. DIMENSIONES DEL OMBLIGO Y RAJADO DEL FRUTO. INFLUENCIA DE LAS APLICACIONES DE AC. 2-4 DICLOROFENOXIA-CETICO (20 mg/l) Y ACIDO GIBERELICO (20 mg/l) EN FLORACION
Medidas realizadas el 29 de Septiembre. Datos de mandarina Nova

CLASE DE FRUTO Y TRATAMIENTO	DIMENSIONES DEL OMBLIGO (mm)	
	ANCHO	LONGITUD
FRUTO NO RAJADO		
- Control	5.2	3.4
FRUTO RAJADO		
- Control	5.6	5.8*
- 2,4-D	9.4*	9.5*
- GA ₃	6.1	5.6*
Error estandard (n = 48)		

El asterisco indica diferencias estadísticamente significativas frente a los testigos

TABLA 3. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LOS FRUTOS RAJADOS AL INICIO DE LA ALTERACION, Y DE LOS FRUTOS NO RAJADOS DE LOS MISMOS ARBOLES DE MANDARINA NOVA
Medidas realizadas el 12 de Octubre

CLASE DE FRUTO	ESPESOR DE LA CORTEZA (mm)		DIMENSIONES DEL FRUTO (mm)		
	Zona Ecuatorial	Zona estilar	Diámetro	Altura	Diám/altura
Sin rajar	2.34	2.02	51.4	41.2	1.25
Rajados	2.24	1.77*	50.7	38.3*	1.33*
Error standard (n = 50)	(0.08)	(0.07)	(0.76)	(0.79)	(0.01)

El asterisco indica diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de fruta.

TABLA 4. INFLUENCIA DE LAS APLICACIONES HORMONALES EN EL CUAJADO Y EL RAJADO DEL FRUTO EN MANDARINA NOVA

El ácido giberélico (20 mg/l) y el ácido 2,4-diclorofenoxiacético se aplicaron a principios de mayo en plena floración. Resultados expresados en número de frutos por árbol

TRATAMIENTO	NUMERO DE FRUTOS CUAJADOS	NUMERO DE FRUTOS RAJADOS	PORCENTAJE DE RAJADO
TESTIGO	503	87	18
2,4-D	345*	41*	12*
GA ₃	601	113*	19
Error standard	(37)	(5.6)	(2)

El asterisco indica diferencias estadísticamente significativas frente a los testigos sin tratar.

rimento hay un valor de esta relación que solamente superan los frutos que se rajan posteriormente. Sin embargo, el límite inferior de esta relación varió entre las distintas parcelas estudiadas, y dentro de una misma parcela con el año.

CONSIDERACIONES FINALES

Nuestro estudio prueba que las variedades de cítricos que se reputan como más sensibles al rajado estilar, presentan invariablemente dos características:

a) Un crecimiento limitado del eje floral antes de la antesis, de tal modo que el meristemo floral se conserva en el interior del ovario después de la abscisión del estilo.

b) Una reanudación de su actividad meristemática durante las fases iniciales del desarrollo del fruto, con la formación de un tejido de naturaleza pericárpica.

Estas observaciones son de interés, pues permiten una detección precoz de la sensibilidad potencial al rajado y, de este modo, eliminar las plantas susceptibles durante las fases iniciales de estudio en los programas de mejora genética. Pero al mismo tiempo, somos conscientes de que las características

citadas no explican completamente la incidencia de esta alteración, ya que el porcentaje de rajado varía notablemente entre experimentos (parcelas) y de un año a otro. Los factores que inducen esta variabilidad en la respuesta no son conocidos, pero la influencia del clima parece decisiva a la vista de las diferencias de comportamiento de una misma variedad en distintas regiones citrícolas. En el momento actual no se conoce si la influencia del clima afecta la estructura del ovario, factor que parece ligado a la sensibilidad al rajado, o afecta aspectos posteriores del desarrollo del fruto.

Diversos investigadores, incluidos nosotros, han utilizado aplicaciones hormonales para reducir o evitar el rajado. Los resultados obtenidos no han sido siempre consistentes, pero conviene reexaminarlos considerando su influencia en la estructura del fruto y la relación de ésta con el rajado.

La influencia de algunas aplicaciones hormonales en floración en el rajado del fruto se presentan en la Tabla 4. La aplicación de la auxina 2,4-D (20 mg/l) en floración reduce el rajado tanto en términos absolutos (número de frutos rajados por árbol) como en términos relativos (porcentaje de frutos rajados). Esta respuesta la hemos

encontrado consistentemente y da algunas indicaciones sobre la importancia de los distintos factores relacionados con el rajado. La aplicación de esta hormona aumenta el tamaño del ombligo, factor que aumenta el rajado, y el espesor de la corteza, relacionado inversamente con el rajado. A la vista de ello parece que sea de mayor importancia el espesor de corteza que el tamaño del navel para determinar el rajado del fruto. Incidentalmente, esta hormona reduce el número de frutos cuajados y aumenta de modo marcado el tamaño del fruto, respuesta general a su aplicación (Guardiola y García Luis, 1997). También afecta la forma del fruto, que es menos achatado, pero los efectos de esta hormona en la forma del fruto es mucho menor que las diferencias en forma de los frutos que se rajan y los que no se rajan.

Por el contrario, la aplicación de ácido giberélico (20 mg/l) en floración, que normalmente tiene un efecto marginal en el cuajado y aumenta normalmente el rajado del fruto (aunque no en el experimento presentado en la Tabla 4), aumenta el tamaño del ombligo pero no afecta de modo significativo el espesor de la corteza en la región estilar.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Programa Séneca de la Región de Murcia.

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, D. McE. (1983) Some Citrus species and varieties in Australia. CSIRO, Adelaide, Australia.
- del Rivero, J.M. (1968) Los estados de carencia de los agrios. Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- García-Luis, A., A.M.M. Duarte, I. Porras, A. García-Lidón and J.L. Guardiola (1994) Fruit splitting in Nova hybrid mandarin in relation to the anatomy of the fruit and fruit set treatments. *Scientia Horticulturae*, 57:215-231.
- Guardiola, J.L. and A. García-Luis (1997) Thinning effects on citrus yield and fruit size. *Acta Horticulturae*, 463:463-473.
- Opara, L.U., C.J. Studman and N.H. Banks (1997). Fruit skin splitting and cracking. *Horticultural Reviews* 19:217-262.
- Rabe, E. and P.J.J. Van Rensburg (1996) Gibberellic acid sprays, girdling, flower thinning and potassium applications affect fruit splitting and yield in the Ellendale tangor. *Journal of Horticultural Science* 71:195-203.
- Ruiz Serrano, U. and E. Primo Milla (1989) El rajado, agrietado o "splitting" de los frutos cítricos. *Levante Agrícola* 291:98-102.