



FERTILIZACIÓN FOLIAR CON POTASIO, CALCIO Y BORO. INCIDENCIA SOBRE LA NUTRICIÓN Y CALIDAD DE FRUTOS EN MANDARINO ‘NOVA’

Foliar fertilization with potassium, calcium and boron. Incidence on nutrition and quality of fruits in ‘Nova’ mandarin

María de las M. Yfran[✉], Marco D. Chabbal, Analía B. Píccoli, Laura I. Giménez, Víctor A. Rodríguez y Gloria C. Martínez

ABSTRACT. The splitting or “cracked fruit” is a factor that determines the production of mandarin ‘Nova’ in the Northeastern Argentina. The objective was to evaluate the incidence of foliar fertilization with potassium, calcium and boron on splitting, nutrition, productivity and fruit quality. Six treatments T1: control, T2: Ca (NO₃)₂ at 2 %, T3: 0,2 % Ca-B, T4: Ca-B at 0,4 %, T5: Ca-B at 0,6 %, T6: 4 % KNO₃, applied at three times, except the control, in a randomized complete block design with four replicates and four plants per replicate. Leaf samples were taken in March, September and December for each treatment in three consecutive seasons, with concentrations of nitrogen, phosphorus, boron, potassium, calcium, magnesium, zinc, iron, copper and manganese being determined. Before harvest, 20 fruits were sampled per experimental plot, and the following variables were evaluated: bark thickness (mm), equatorial diameter (mm), fresh mass (g), juice content, juice percentage, total soluble solids (°Brix), total acidity (expressed as % citric acid) and maturity index (MI). The addition of Ca and K was associated with increases of these nutrients in plant shell thickness, size, weight and fruit juice, as well as with the least amount of windfalls by splitting or cracked: the contribution of Ca and B to fruit quality variables related. Provide Ca, K and to a lesser extent, decreases the incidence of splitting or cracking in mandarin ‘Nova’.

Key words: fruit quality, Citrus, nutrition, yield

RESUMEN. El splitting o “rajado de la fruta” es un factor que condiciona la producción de mandarina ‘Nova’ en la región nordeste argentina. El objetivo fue evaluar la incidencia de la fertilización foliar con potasio, calcio y boro sobre el splitting, la nutrición, productividad y calidad de los frutos. Se probaron seis tratamientos T1: testigo, T2: Ca (NO₃)₂ al 2 %, T3: Ca-B al 0,2 %, T4: Ca-B al 0,4 %, T5: Ca-B al 0,6 %, T6: KNO₃ al 4 %, aplicados en tres momentos, excepto el testigo, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro plantas por réplica. Se tomaron muestras foliares en marzo, septiembre y diciembre para cada tratamiento en tres campañas consecutivas, determinándose concentraciones de nitrógeno, fósforo, boro, potasio, calcio, magnesio, zinc, hierro, cobre y manganeso. Antes de la cosecha se muestrearon 20 frutos por parcela experimental, evaluándose las variables: espesor de corteza (mm), diámetro ecuatorial (mm), masa fresca (g), contenido de jugo (ml), porcentaje de jugo, sólidos solubles totales (°Brix), acidez total (expresado en % de ácido cítrico) e índice de madurez (IM). El agregado de K y Ca se asoció con incrementos de estos nutrientes en planta. El aporte de Ca y B se relacionó a las variables de calidad de frutos: corteza, diámetro ecuatorial, masa fresca y contenido de jugo de los frutos, como también con la menor cantidad de frutos abscididos por splitting o rajado. Aportar Ca, y en menor medida K, disminuye la incidencia del splitting o rajado en mandarina ‘Nova’.

Palabras clave: calidad de frutos, Citrus, nutrición, rendimiento

INTRODUCCION

En la región nordeste de Argentina, dentro del grupo denominado mandarinas híbridas, Nova ha logrado ocupar un lugar destacado.

Presenta un fruto de tamaño mediano, que madura a principios de mayo, con buen color, de textura firme, sin semillas y de sabor equilibrado y agradable. El splitting o “rajado del fruto” es un factor que condiciona la producción de mandarina Nova. Cuando el fruto procede de plantas con bajo contenidos en calcio, pierde su capacidad de resistencia al transporte, y envejece prematuramente en las góndolas de comercialización (1,2).

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Sargento Cabral 2131,
CP 3400 Corrientes, Argentina
[✉] mariyfran077@hotmail.com

Esta alteración, se inicia en febrero, prolongándose hasta después de marzo, alcanzando su máxima incidencia en marzo, lo que coincide con la etapa de expansión de la pulpa y el mínimo espesor de la corteza (1,3,4).

Algunos factores de manejo, como las podas, la época de cosecha, el estado de maduración del fruto cosechado, el balance hídrico y el balance nutricional, podrían favorecer el riesgo de inducir rajado o agrietamiento (4).

Esta alteración se ha detectado en todas las áreas cítricas del mundo y sobre diferentes cultivares, no obstante, Nova se presenta como la variedad más sensible, las Clementinas y Satsumas como las menos afectadas (1,3,4).

El calcio forma parte importante de la constitución de la membrana de las células y se acumula entre pared celular y lámina media, en donde interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, lo que confiere la estabilidad y mantiene la integridad de éstas; desde este punto de vista, el calcio tiene gran importancia en la economía del agua (1,3,5). Este nutriente, actúa como agente cementante de las células, se encuentra estrechamente relacionado con la actividad meristemática, tiene influencia en la regulación de los sistemas enzimáticos y la actividad de fitohormonas y aumenta la resistencia de los tejidos a patógenos, incrementando la vida útil pos cosecha y calidad nutricional (2,6,7). La sintomatología de la deficiencia se presenta en hojas sin alcanzar su tamaño final (estadio 1: 15 según escala BBCH (3)), las plantas en general pierden vigor y los frutos presentan agrietamiento de la corteza o Splitting (1,3).

El potasio (K) se caracteriza por la gran movilidad y solubilidad en el interior de los tejidos, ejerce una gran influencia en la permeabilidad de las membranas celulares y en la hidratación de los tejidos. Interviene en la economía hídrica de la planta, regulando la absorción y la pérdida por transpiración. La deficiencia de K es poco visible en las hojas, produce fundamentalmente una reducción del tamaño de los frutos con corteza más fina y lisa, y se lo asocia con el agrietamiento de la corteza (1,4).

Experimentos realizados en Israel demuestran que la fertilización potásica reduce significativamente el rajado en naranjo dulce 'Valencia'. El uso del potasio y del calcio se ha estudiado para reducir el rajado de frutos de cultivares de naranjo y mandarino y el boro para evitar la abscisión precoz de los frutos (4).

El boro (B) es un elemento del cual no se conoce con certeza su papel en el metabolismo, pero se considera que podría funcionar como una coenzima o intervenir en procesos enzimáticos y en el metabolismo y la traslocación de carbohidratos y al igual que el calcio, también desempeñaría un papel importante en la estructura de la célula y la integridad de la pared celular. Los síntomas foliares que indican su deficiencia se observan en hojas sin alcanzar su tamaño final (estadio 1: 15 según escala BBCH (3)), que son algo más chicas que las normales con limbo ondulado, algunas deformes, pero con coloración verde. Los frutos son más pequeños y algo deformados, que, al cortarlos muestran una corteza excesivamente gruesa, con una columela cerrada, donde las semillas son muy pequeñas y de color oscuro. La deficiencia de este elemento afecta la relación K/Ca y tiene influencia sobre el contenido de P foliar (1). Como consecuencia del efecto del calcio, potasio y boro sobre la estabilización de la membrana, manteniendo la permeabilidad selectiva y su integridad celular, su aplicación foliar podría disminuir el rajado de los frutos.

En la región nordeste de Argentina se han registrado pérdidas de hasta un 30 % de los frutos en lotes de mandarina 'Nova' como consecuencia del rajado. Esta situación ha motivado la realización de este trabajo que tiene como objetivo evaluar la incidencia de la fertilización foliar con potasio, calcio y boro sobre la nutrición, el rendimiento y el splitting o rajado de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en San Lorenzo, departamento de Saladas, Corrientes - Argentina, en lotes comerciales de mandarina 'Nova' [*Citrus clementina* Host. ex Tanaka x Tangelo Orlando (*Citrus reticulata*, Blanco x *Citrus paradisi*, Macf)] de 12 años, injertadas sobre trifolio (*Poncirus trifoliata* Raf.), implantadas en un suelo franco, de 1 m de profundidad, y densidad de 416 plantas ha⁻¹. Para eliminar el efecto año, los experimentos se repitieron tres veces en las campañas 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011.

El contenido de los macronutrientes y de materia orgánica (MO), así como el pH del suelo se visualizan en la Tabla I.

Tabla I. Características químicas del suelo del lote experimental en San Lorenzo (32°45'S, 60°45'W y 79 m s.n.m.) Corrientes, Argentina

MO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	P (ppm)	K (cmol _c kg ⁻¹)	Ca (cmol _c kg ⁻¹)	Mg (cmol _c kg ⁻¹)	pH H ₂ O
17,2	0,8	14,3	0,4	4	0,9	5,35

La determinación cuantitativa de la MO del suelo se realizó por el método de Walkley y Black, la del P por el método Bray Kurtz I, el K por fotometría de llama, el Ca y el Mg por complexometría EDTA. El pH se midió potenciométricamente en una mezcla de suelo y agua en relación 1:2.5

Los tratamientos consistieron en la aplicación de nutrientes por medio de fertilizaciones foliares. Se realizaron tres aplicaciones de todos los tratamientos excepto del testigo, en prefloración, al 90 % de caída de pétalos y 40 días después de esta última. Para las aplicaciones foliares se utilizó una pulverizadora para frutales de dos mangueras, y como fuente de calcio y boro CaB (CaO 8 % y B soluble en agua en forma de boro etanolamina 0,5 %); de K, nitrato de potasio foliar (N 13 % y K₂O 44 %) y calcio como nitrato de calcio (N 16 % y Ca 26 %) con un gasto de 6 L planta⁻¹.

Se realizó una fertilización de base al suelo de 1,5 kg planta⁻¹ de 15-06-15-06 (N-P-K-Mg) que aporta 225 g de N, 120 g de P₂O₅, 225 g de K₂O y 120 g de MgO, el 50 % (750 g planta⁻¹) en el mes de diciembre y 50 % (750 g planta⁻¹) restante, en el mes de marzo.

Los tratamientos se detallan en la Tabla II.

Tabla II. Dosis foliar por planta correspondiente a cada tratamiento

Tratamientos	Dosis
1: Testigo	Sin aplicación
2: Ca-B al 0,2 %	7,6 ml planta ⁻¹
3: Ca-B al 0,4 %	15 ml planta ⁻¹
4: Ca-B al 0,6 %	20 ml planta ⁻¹
5: KNO ₃ al 4 %	0,24 g planta ⁻¹
6: Ca(NO ₃) ₂ al 2 %.	0,12 g planta ⁻¹

Para evaluar el estado nutricional de las plantas se tomaron muestras foliares de rama fructíferas en marzo, septiembre y diciembre en cada una de las plantas evaluadas para cada tratamiento en tres campañas consecutivas. Las mismas fueron desecadas en estufa a 60 - 65° C hasta peso constante, molidas en molinillo tipo Willey de malla 20. Se determinaron las concentraciones de nitrógeno (N), por el método de Kjeldhal; fósforo (P), por el método Murphy-Riley; boro (B) por espectrometría de absorción molecular; potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn) por espectrometría de absorción atómica (8).

En el momento de cosecha en cada parcela experimental se determinó la producción total (kg planta⁻¹). Para determinar los caracteres de calidad de los frutos se tomaron muestras al azar de 20 frutos por parcela, en los que se determinaron las siguientes variables, espesor de corteza (mm), diámetro ecuatorial (mm), masa fresca (g), contenido de jugo (ml), porcentaje de jugo = masa fresca del jugo/masa de 10 frutos x 100, contenido de sólidos solubles (SST) expresados en °Brix, acidez total por volumetría de neutralización (expresado en % de ácido cítrico) e índice de madurez (IM) (relación= SST/ acidez) que indica el grado de madurez del fruto (1). Asimismo se cuantificó y analizó la concentración de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en la corteza de los frutos (8).

Se trabajó con un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, utilizando una parcela experimental de cuatro plantas, evaluándose las dos centrales. Los datos obtenidos fueron sometidos a las pruebas de normalidad mediante prueba de bondad de ajuste con el estadístico Shapiro-Wilks (9) modificado ($p \leq 0,05$) y se analizaron estadísticamente mediante ANOVA y prueba de Duncan (10) ($p \leq 0,05$) utilizando el software Infostat (11).

A través del Análisis de Componentes Principales (ACP), se analizó el comportamiento de los tratamientos respecto a las variables estudiadas, considerando los tratamientos como variables clasificatorias. Se construyeron ejes artificiales que permitieron obtener gráficos Biplot con propiedades óptimas para interpretar e identificar asociaciones entre observaciones (tratamientos) y variables en un mismo espacio (12).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestra la representación gráfica del Análisis de Componentes Principales (ACP) de las concentraciones foliares de macro y micronutrientes. El tratamiento con aporte de nitrato de potasio, presentó mayor asociación con los contenidos de N, Ca y K, el tratamiento con nitrato de calcio se asoció con el Cu, mientras que el testigo se asoció más con el B. Los tratamientos con aporte de Ca y B al 0,2 % se asociaron con el contenido foliar de Fe, Ca-B al 0,4 % con el P y Ca-B al 0,6 % con el Mg.

En general los niveles foliares de N se encontraron entre valores bajos a normales (2 a 2,4 %), el P entre niveles normales (0,13 %) a altos (0,18 %) y, el Ca y K se hallaron en rangos normales (0,71 -1,00 % y 3 - 5 % respectivamente) (Tabla III).

La asociación del tratamiento con aporte de nitrato de potasio y el contenido de K en planta se confirmó al corroborar que en este tratamiento se observó un incremento significativo de este nutriente en un 70 % de los muestreos evaluados. Cabe destacar que los tratamientos que no presentaron asociación con el contenido de K, presentaron los mínimos valores.

La removilización de las reservas del P en los cítricos sería más importante para satisfacer las demandas de un nuevo crecimiento vegetativo y reproductivo que la absorción de P (13). Por ello, el suministro de P debería permitir a las plantas acumular cantidades adecuadas de P a fin de proveer las demandas de crecimiento de la próxima temporada. En este sentido, en momentos de mayor demanda de P por la planta, el contenido de P foliar así como también el disponible en suelo aumentan a expensas del pool de P edáfico más estable (14).

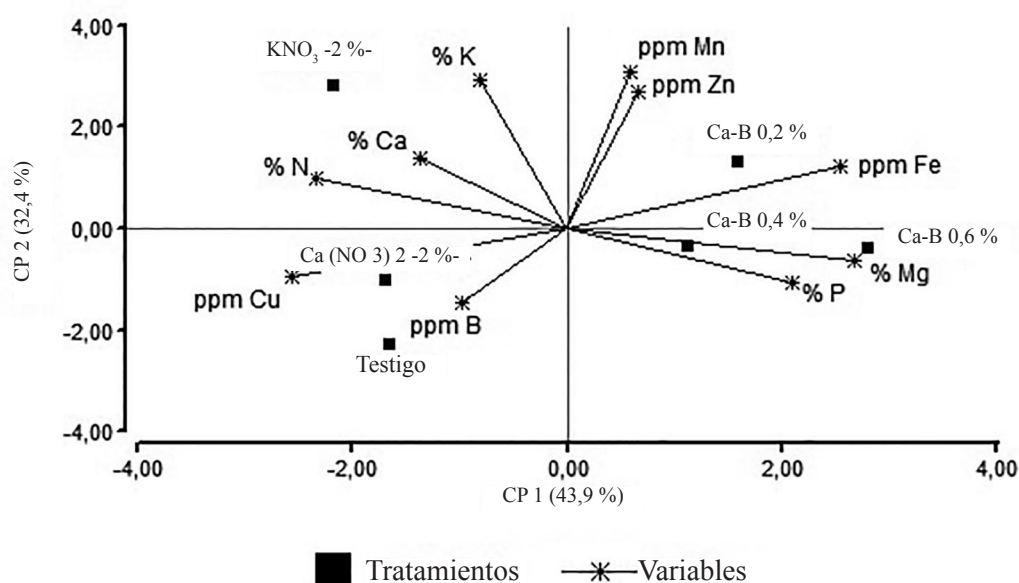


Figura 1. Biplot resultante del Análisis Componentes Principales (ACP) de las concentraciones foliares de nutrientes en los seis tratamientos probados

Tabla III. Concentraciones foliares de nutrientes y error estándar en función de los tratamientos de fertilización en árboles de mandarina 'Nova', en San Lorenzo, Corrientes, Argentina, en las campañas 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011

Tratamientos	Muestras	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Testigo	1	1,7 bc ±0,21	0,1 a ±0,02	0,84 a ±0,01	3,08 a ±0,19	0,25 a ±0,03
Ca(NO ₃) ₂ -2 %-	1	1,8 bc ±0,17	0,09 a ±0,01	0,87 a ±0,07	4,33 b ±0,2	0,25 a ±0,03
Ca-B 0,2 %	1	1,65 ab ±0,08	0,11 a ±0,01	0,85 a ±0,08	4,73 d ±0,12	0,29 a ±0,03
Ca-B 0,4 %	1	1,66 ab ±0,06	0,1 a ±0,02	0,83 a ±0,11	4,54 c ±0,15	0,29 a ±0,03
Ca-B 0,6 %	1	1,54 a ±0,06	0,11 a ±0,01	0,78 a ±0,06	4,54 c ±0,12	0,29 a ±0,03
KNO ₃ -2 %-	1	1,82 c ±0,18	0,09 a ±0,01	0,95 b ±0,11	4,45 ab ±0,15	0,23 a ±0,03
Testigo	2	2,04 ab ±0,19	0,15 a ±0,01	0,71 a ±0,08	2,94 a ±0,16	0,13 ab ±0,01
Ca(NO ₃) ₂ -2 %-	2	2 ab ±0,22	0,14 a ±0,01	0,76 a ±0,10	3,01 a ±0,16	0,11 a ±0,01
Ca-B 0,2 %	2	2,08 b ±0,10	0,14 a ±0,01	0,87 b ±0,02	3,31 a b ±0,17	0,14 ab ±0,01
Ca-B 0,4 %	2	1,9 a ±0,14	0,16 a ±0,01	0,90 b ±0,04	3,33 b ±0,21	0,13 ab ±0,01
Ca-B 0,6 %	2	1,91 a ±0,14	0,15 a ±0,01	0,78 a ±0,06	3,87 b ±0,17	0,15 b ±0,01
KNO ₃ -2 %-	2	2 ab ±0,22	0,15 a ±0,01	0,92 b ±0,01	3,36 b ±0,14	0,11 a ±0,01
Testigo	3	2,05 a ±0,10	0,16 a ±0,01	0,71 a ±0,04	3,29 a ±0,2	0,18 a ±0,01
Ca(NO ₃) ₂ -2 %-	3	2,2 a ±0,18	0,17 a ±0,04	0,79 a ±0,03	3,40 a ±0,14	0,17 a ±0,08
Ca-B 0,2 %	3	2,15 a ±0,19	0,18 a ±0,01	0,83 a ±0,05	3,60 ab ±0,13	0,18 a ±0,09
Ca-B 0,4 %	3	2,0 a ±0,21	0,17 a ±0,04	0,85 a ±0,08	3,59 ab ±0,12	0,19 ab ±0,08
Ca-B 0,6 %	3	2,13 a ±0,18	0,17 a ±0,04	0,83 a ±0,10	3,42 a ±0,15	0,16 a ±0,1
KNO ₃ -2 %-	3	2,09 a ±0,15	0,16 a ±0,01	0,95 b ±0,02	3,44 a ±0,11	0,18 a ±0,1

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05). (Media ± error estándar)

En la Figura 2 se muestra la representación gráfica del Análisis Componentes Principales (ACP) de las variables de calidad de los frutos. Los tratamientos con aporte de calcio, en forma de nitrato y con boro en concentración 0,4 y 0,6 % respectivamente y el testigo presentaron mayor asociación con todas las variables de calidad de los frutos mientras que el aporte de nitrato de potasio y Ca-B 0,2 % no se asociaron a ninguna variable.

Los tratamientos con Ca-B 0,4 % y nitrato de calcio al 2 % se asociaron con la masa fresca de los frutos (g) y contenido de jugo (ml) respectivamente. Ca-B 0,6 % con espesor de corteza, diámetro ecuatorial, porcentaje de jugo; y el testigo con °Brix, acidez e índice de madurez (IM).

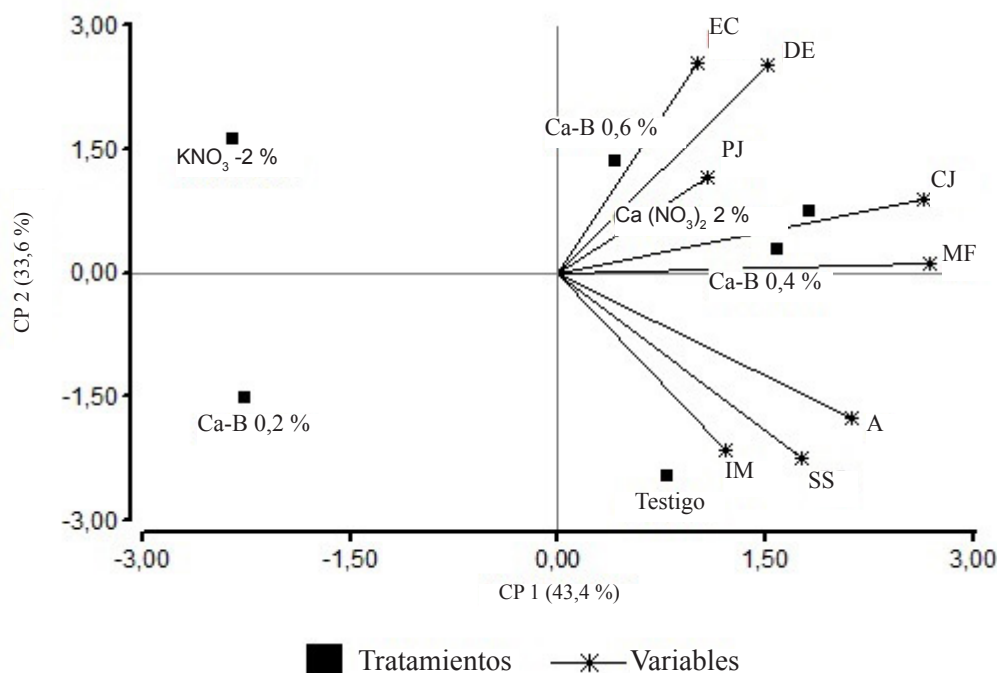


Figura 2. Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables: espesor corteza (EC), diámetro ecuatorial (DE), porcentaje de jugo (PJ), contenido de jugo (CJ), masa fresca (MF), contenido de sólidos solubles (SS), acidez (A) e índice de madurez (IM) en frutos de mandarina 'Nova' para los seis tratamientos probados en las campañas 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011

El aporte de calcio favorece el aumento en el tamaño de frutos (1,3,15), ya que tiene la ventaja de retardar la respiración celular y favorecer el mantenimiento de la firmeza por más tiempo (16). Sin embargo, las variables evaluadas masa fresca, diámetro ecuatorial, contenido de jugo, °Brix, acidez e IM no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. No obstante el espesor de corteza aumentó significativamente en los tratamientos con aporte de Ca y K respecto del testigo. Estos resultados podrían indicar que el aporte de estos nutrientes promueve mayor espesor de corteza pudiendo incidir sobre la susceptibilidad al splitting o rajado de los frutos.

Además el aporte de calcio en precosecha mejora significativamente la firmeza de los frutos (16,17), uno de los atributos más importantes a la hora de la manipulación poscosecha y la comercialización del producto (2), lo que resalta el papel del Ca ya que mantiene la estabilidad e integridad de la pared celular (1,3,5). Del mismo modo, el Ca disminuye la maduración de los frutos y la velocidad de deterioro de los mismos en poscosecha, ya que retarda el rompimiento de las pectinas solubles de la pared celular debido a que estas fortalecen los enlaces iónicos entre las moléculas de la pared celular (1,3,16). Si el Ca se encuentra disponible en los estados iniciales, mayor cantidad de tejido en las paredes celulares se formará, lo que implica que el aporte de Ca disminuye la cantidad de frutos pequeños.

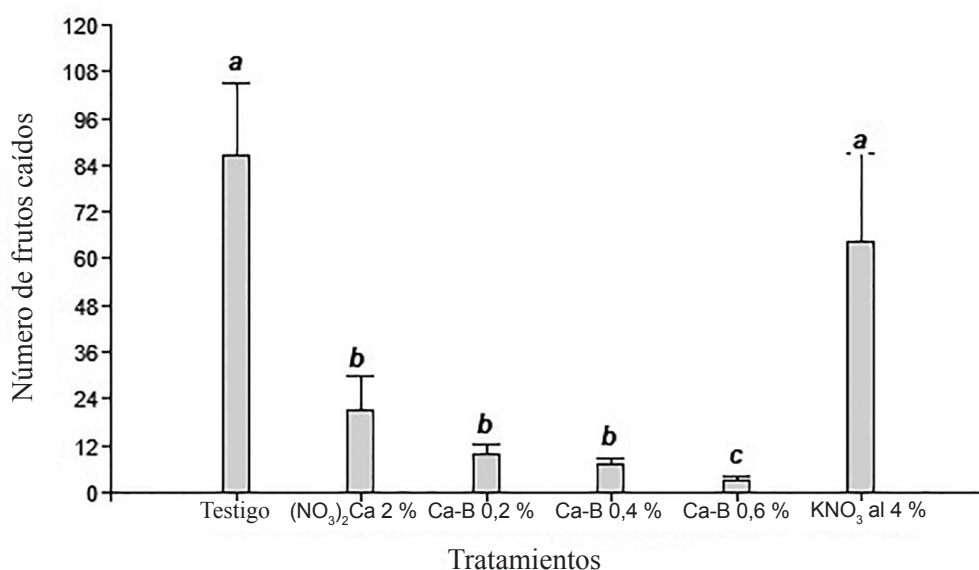
Asimismo tiene la ventaja de retardar la respiración celular y favorecer el mantenimiento de la firmeza por más tiempo (16).

EVALUACIÓN DE FRUTOS CAÍDOS POR SPLITTING

En las campañas estudiadas el tratamiento de mejor comportamiento estadístico fue el tratamiento con aporte de Ca-B al 0,6 % con la menor cantidad de frutos caídos por rajadura; los tratamientos Ca-B al 0,2 y 0,4 % y nitrato de calcio presentaron valores intermedios, resultados que coinciden con lo encontrado por los autores (4,18). Los tratamientos testigo y nitrato de potasio presentaron los valores significativamente mayores de frutos caídos por rajadura o splitting, (Figura 3).

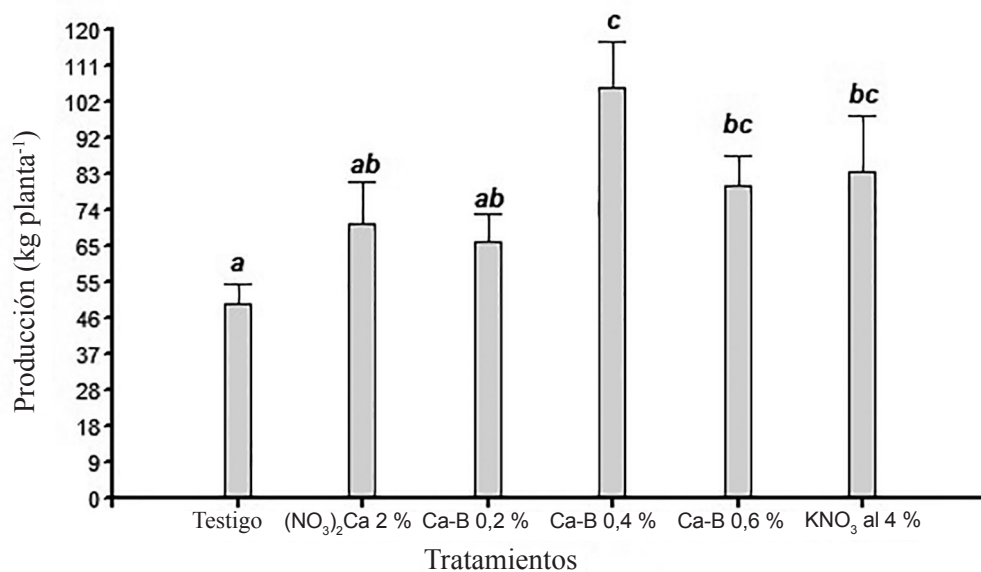
EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Los frutos de mandarina provenientes de plantas que recibieron aporte de Ca y K presentaron mayor producción (kg planta^{-1}) que el tratamiento control (Figura 4). El incremento en la productividad por el agregado de K en naranja 'Valencia Late' y tangor 'Murcott' citado por otro autor coincide en parte con nuestros resultados (19). La mayor producción se registró en las plantas que recibieron aporte de Ca-B 0,4 %; los tratamientos con Ca-B 0,6 % y nitrato de potasio los valores intermedios, mientras que el testigo, Ca-B al 0,2 y nitrato de calcio presentaron los valores estadísticamente menores (Figura 4).



T1: testigo, T2: Ca(NO₃)₂ al 2 %, T3: Ca-B al 0,2 %, T4: Ca-B al 0,4 %, T5: Ca-B al 0,6 %, T6: KNO₃ al 4 %. Los valores representan la media de tres años ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Test de Duncan, $p \leq 0,05$; $a > b > c$; $n=4$)

Figura 3. Total de frutos caídos por splitting o rajado de la corteza



T1: testigo, T2: Ca(NO₃)₂ al 2 %, T3: Ca-B al 0,2 %, T4: Ca-B al 0,4 %, T5: Ca-B al 0,6 %, T6: KNO₃ al 4 %. Los valores representan la media de tres años ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Test de Duncan, $p \leq 0,05$; $a < b < c$; $n=4$)

Figura 4: Producción de frutos (kg planta⁻¹) promedio de las tres campañas evaluadas

Esto pone de relieve que las pulverizaciones con Ca-B al 0,4 y 0,6 % mostraron una reducción significativa de la abscisión de frutos y al mismo tiempo mayor producción. Cabe mencionar que las plantas que recibieron aporte de K a pesar de presentar numerosa abscisión de frutos no fueron en detrimento de su producción. Estos resultados estarían indicando que el aporte de Ca y B, y en menor medida del K, disminuye la incidencia del splitting en mandarina 'Nova'.

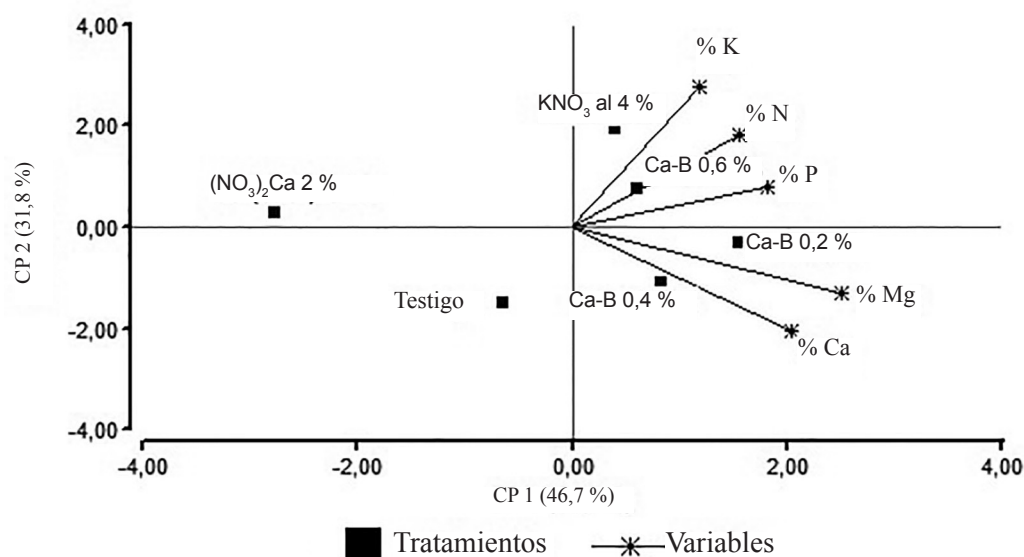
En la Figura 5 se muestra la representación gráfica del análisis de componentes principales de las concentraciones de macro nutrientes en corteza de los frutos de mandarina 'Nova'. Los tratamientos con aporte de Ca-B 0,2 % se asoció con el contenido de Mg, Ca-B 0,4 % con el contenido de Ca y Ca-B 0,6 % con el contenido de N y P, mientras que el tratamiento con nitrato de potasio se asoció positivamente con el contenido de K en corteza. El tratamiento testigo y nitrato de calcio no se asociaron a ninguna variable.

Se encontró que la aplicación de calcio-boro y potasio, incrementó los niveles de K en la corteza de los frutos; asimismo, se encuentra mayor producción en estos tratamientos. Con mayores contenidos de calcio en las hojas y en los frutos se consigue mayor firmeza de los frutos (16). Sin embargo, nuestros resultados muestran que todos los tratamientos probados presentaron mayores contenidos de K en corteza respecto del testigo, mientras que el contenido de Ca en corteza de los frutos no presentó diferencia significativa entre tratamientos (Tabla IV).

El tratamiento Ca-B 0,6 % presentó los mejores resultados, con mayor espesor de corteza y diámetro ecuatorial de frutos, menor abscisión de frutos por splitting, y mayor producción.

CONCLUSIONES

- ◆ La fertilización foliar con K, Ca y B evidencia un efecto positivo sobre la nutrición, con incrementos significativos de estos nutrientes en planta de mandarina 'Nova'.
- ◆ La fertilización con Ca y B se asocia a las variables de calidad de frutos espesor de la corteza, diámetro ecuatorial, masa fresca y contenido de jugo de los frutos, y, con la menor cantidad de frutas abscidas por splitting.
- ◆ El aporte de Ca, y en menor medida el K, disminuye la incidencia del splitting de los frutos en mandarina 'Nova'.



T1: testigo, T2: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ al 2 %, T3: Ca-B al 0,2 %, T4: Ca-B al 0,4 %, T5: Ca-B al 0,6 %, T6: KNO_3 al 4 %

Figura 5. Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales (ACP) de las concentraciones de macro-nutrientes en corteza de los frutos por tratamiento, para las campañas 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011

Tabla IV. Promedios de las tres campañas evaluadas de concentraciones de nutrientes y error estándar en corteza de los frutos en función de los tratamientos de fertilización en mandarina 'Nova', en San Lorenzo, Corrientes, Argentina

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Testigo	0,68 ab ± 0,05	0,08 a ± 0,01	0,74 a ± 0,10	0,72 a ± 0,23	0,06 a ± 0,02
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -2 %-	0,61 a ± 0,06	0,09 ab ± 0,02	0,81 ab ± 0,08	0,65 a ± 0,15	0,05 a ± 0,01
Ca-B 0,2 %	0,68 ab ± 0,08	0,11 b ± 0,03	0,84 bc ± 0,06	0,72 a ± 0,27	0,06 a ± 0,02
Ca-B 0,4 %	0,66 a ± 0,09	0,09 ab ± 0,02	0,85 bc ± 0,09	0,75 a ± 0,27	0,06 a ± 0,02
Ca-B 0,6 %	0,70 ab ± 0,10	0,10 ab ± 0,06	0,88 bc ± 0,08	0,70 a ± 0,15	0,06 a ± 0,01
KNO_3 -2 %-	0,76 b ± 0,07	0,09 ab ± 0,02	0,93 c ± 0,12	0,69 a ± 0,17	0,05 a ± 0,01

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). (Media ± error estándar)

BIBLIOGRAFÍA

- Palacios J. Citricultura. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur; 2005. 518 p.
- Paniagua AC, East AR, Hindmarsh JP, Heyes JA. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology*. 2013;79:13–9. doi:10.1016/j.postharvbio.2012.12.016
- Agusti M. Fruticultura. 2nd ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa; 2010. 507 p.
- Barry GH, Bower JP. Manipulation of fruit set and stylar-end fruit split in 'Nova' mandarin hybrid. *Scientia Horticulturae*. 1997;70(2–3):243–50. doi:10.1016/S0304-4238(97)00025-3
- Rincón-Pérez A, Martínez-Quintero E. Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Alimentos Hoy*. 2015;23(34):13–25.
- Aghdam MS, Hassanpouraghdam MB, Paliyath G, Farmani B. The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*. 2012;144(Supplement C):102–15. doi:10.1016/j.scienta.2012.07.007
- Ciccarese A, Stellacci AM, Gentile G, Rubino P. Effectiveness of pre- and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2013;75(Supplement C):135–41. doi:10.1016/j.postharvbio.2012.08.010
- Kalra YP. Handbook of reference methods for plant analysis. Boca Raton, USA: CRC Press; 1998. 300 p.
- Shapiro SS, Wilk MB. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*. 1965;52(3–4):591. doi:10.2307/2333709
- Duncan DB. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*. 1955;11(1):1–42. doi:10.2307/3001478
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat [Internet]. Version 2015. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat; 2015. Available from: <http://www.infostat.com.ar/>
- Steel R, Torrie J. Bioestadística: Principios y Procedimientos [Internet]. 2nd ed. México: McGraw Hill; 1992 [cited 2016 Aug 18]. 132 p. Available from: <https://clea.edu.mx/biblioteca/Steel%20Robert%20G%20-%20Bioestadística%20Principios%20Y%20Procedimientos%202ed.pdf>
- Zambrosi FCB-, Mattos D, Boaretto RM, Quaggio JA, Muraoka T, Syvertsen JP. Contribution of phosphorus (32P) absorption and remobilization for citrus growth. *Plant and Soil*. 2012;355(1–2):353–62. doi:10.1007/s11104-011-1107-1
- Yfran E, Fernández LC, Martínez GC, Collavino MM. Análisis del efecto de bacterias solubilizadoras nativas sobre la movilización de fósforo en suelos rojos argentinos y su absorción en naranjo. *Ciencia del Suelo*. 2015;33(1):45–53.
- Figuroa CR, Opazo MC, Vera P, Arriagada O, Díaz M, Moya-León MA. Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. *Food Chemistry*. 2012;132(4):2014–22. doi:10.1016/j.foodchem.2011.12.041
- Hussain PR, Meena RS, Dar MA, Wani AM. Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology*. 2012;49(4):415–26. doi:10.1007/s13197-011-0289-0
- Lobos-Manríquez T, Pinilla-Quezada H, Lobos-Alvarez W. Efecto de aplicaciones de calcio en la calidad de la fruta de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. *Idesia (Arica)*. 2011;29(3):59–64. doi:10.4067/S0718-34292011000300009
- Alvarez-Herrera J, Balaguera-López H, Fischer G. Effect of irrigation and nutrition with calcium on fruit cracking of the cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in the three strata of the plant. *Acta Horticulturae*. 2012;(928):163–70. doi:10.17660/ActaHortic.2012.928.19
- Alayón-Luaces P, Rodríguez VA, Píccoli AB, Chabbal MD, Giménez LI, Cristina-Martínez G. Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 2014;46(1):87–96.

Recibido: 2 de diciembre de 2016

Aceptado: 4 de julio de 2017