

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y BENCILADENINA
SOBRE LA CUAJA Y PRODUCCIÓN DE TOMATE INJERTADO BAJO
INVERNADERO FRÍO**

JUAN PABLO ERNESTO PIZARRO CORREA

Santiago, Chile

2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y BENCILADENINA
SOBRE LA CUAJA Y PRODUCCIÓN DE TOMATE INJERTADO BAJO
INVERNADERO FRÍO**

**EFFECT OF GIBBERELIC ACID AND BENZYLADENINE APPLICATION ON
FRUITSET AND PRODUCTION OF GRAFTED TOMATO PLANTS UNDER
COLD GREENHOUSE**

JUAN PABLO ERNESTO PIZARRO CORREA

Santiago, Chile

2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y BENCILADENINA
SOBRE LA CUAJA Y PRODUCCIÓN DE TOMATE INJERTADO BAJO
INVERNADERO FRÍO**

Memoria para optar al título profesional de
Ingeniero Agrónomo

JUAN PABLO ERNESTO PIZARRO CORREA

| Profesores Guías | Calificación |
|---|--------------|
| Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph.D. | 6,7 |
| Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero Agrónomo, Dr. | 7,0 |
| Profesores Evaluadores | |
| Sra. Loreto Cánaves S. Ingeniero Agrónomo, M.S. | 5,0 |
| Sr. Luis Luchsinger L. Ingeniero Agrónomo, Ph.D. | 7,0 |

Santiago, Chile

2014

A MI FAMILIA, AMIGOS Y PROFESORES,
QUIENES ME DIERON LAS ALAS

YA ES EL MOMENTO,
DE COMENZAR A VOLAR...

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| RESUMEN..... | 1 |
| Palabras claves | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| Key words | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| Hipótesis | 6 |
| Objetivo..... | 6 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 7 |
| Lugar de estudio..... | 7 |
| Materiales..... | 7 |
| Metodología | 7 |
| Tratamientos y diseño experimental | 7 |
| Procedimiento | 8 |
| Trasplante..... | 8 |
| Conducción | 8 |
| Aplicación de tratamientos..... | 9 |
| Fertilización y manejo de plagas..... | 9 |
| Cosecha | 9 |
| Variables analizadas..... | 10 |
| Número de frutos por racimo | 10 |
| Retención de fruto | 10 |
| Masa de fruto..... | 10 |
| Distribución de calibres en función de la masa de frutos..... | 10 |
| Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de fruto | 10 |
| Forma de fruto..... | 11 |
| Número de semillas..... | 11 |
| Porcentaje de frutos deformes..... | 11 |
| Largo de raquis..... | 11 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 13 |
| Retención de frutos por planta | 13 |
| Retención de frutos por piso | 14 |
| Producción por planta | 15 |
| Masa media de frutos por planta..... | 16 |
| Distribución de calibres de frutos | 18 |
| Forma de frutos por planta | 19 |
| Largo de raquis por planta | 21 |
| Número de semillas por fruto | 23 |
| Correlación entre número de semillas y masa de frutos | 24 |
| Número de frutos deformes | 25 |

| | |
|--------------------|----|
| CONCLUSIONES | 26 |
| BIBLIOGRAFÍA | 27 |
| ANEXO I | 31 |
| APÉNDICE I..... | 32 |
| APÉNDICE II | 33 |
| APÉNDICE III..... | 33 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Descripción de los tratamiento (combinación de reguladores de crecimiento)..... | 7 |
| Cuadro 2. Resumen de fertilizantes aplicados en el ensayo con tomates injertados..... | 9 |
| Cuadro 3. Calibres en función de la masa de frutos..... | 10 |
| Cuadro 4. Resumen de componentes de retención de frutos por planta. | 13 |
| Cuadro 5. Porcentaje de retención de frutos por piso | 15 |
| Cuadro 6. Producción de tomates..... | 16 |
| Cuadro 7. Masa media de frutos por planta. | 17 |
| Cuadro 8. Forma de frutos por planta | 19 |
| Cuadro 9. Largo de raquis de plantas..... | 21 |
| Cuadro 10. Número de semillas por frutos | 23 |
| Cuadro 11. Correlación lineal de Pearson (número de semillas y masa media de frutos)... | 24 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Disposición en terreno del ensayo | 8 |
| Figura 2. Distribución de calibres en función de la masa de frutos. | 18 |
| Figura 3. Imagen escaneada de mitades de frutos (diámetro ecuatorial) | 20 |
| Figura 4. Imagen escaneada de mitades de frutos (diámetro polar)..... | 20 |
| Figura 5. Imagen comparativa de los raquis de los tratamientos | 22 |
| Figura 6. Gráfico de dispersión para las variables semillas por fruto y masa de frutos | 24 |

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa el primer lugar dentro de las hortalizas demandadas en Chile. El alto consumo nacional obliga a los productores a mantener una alta oferta, prácticamente, de forma constante durante todo el año. Las condiciones desfavorables para la producción de tomate fresco (principalmente asociadas a rangos de temperatura y humedad no óptimas en el proceso de fecundación), exige disponer de estrategias agronómicas que logren sobrellevar las circunstancias desfavorables, frecuentemente registradas en invernaderos. Para el cultivo del tomate se han reportado efectos satisfactorios sobre la retención de frutos y la productividad con aplicaciones de reguladores de crecimiento. Sin embargo, la falta de información en torno al momento, la concentración y la forma de aplicación, ha generado incertidumbre sobre los potenciales beneficios. El objetivo de este ensayo fue determinar el efecto de la aplicación de benciladenina (BA) y ácido giberélico (GA₃) sobre la retención de frutos y productividad en plantas de tomate.

En un invernadero frío, bajo malla antiáfido, durante la temporada 2012-2013, se llevó a cabo un ensayo en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, La Pintana, Santiago. Se utilizaron plantas de tomate cv. Fiorentino injertados sobre patrón Emperador. Las concentraciones evaluadas fueron: 15 mg L⁻¹ de BA, 10 mg L⁻¹ de GA₃ y la combinación de ambos reguladores de crecimiento. Las aplicaciones se realizaron a cada inflorescencia, en dos momentos fenológicos: botón floral cerrado y caída de pétalos. Las variables analizadas fueron número de flores y frutos por racimo, retención de frutos, masa media de frutos, diámetro polar y ecuatorial de frutos, número de semillas por fruto y largo de raquis. Las evaluaciones se realizaron en los primeros cuatro pisos productivos.

No hubo efecto de interacción de los factores GA₃ y BA para ninguna de las variables analizadas. La aplicación de 10 mg L⁻¹ de GA₃ redujo la producción, la masa media de frutos y el número de semillas por fruto. Sin embargo, este fitoregulador aumentó la longitud del raquis. Por otra parte, la aplicación de 15 mg L⁻¹ de BA indujo un alto porcentaje de frutos de mayor calibre y redujo el número de los de menor tamaño. Se propone estudiar el efecto de concentraciones superiores.

Palabras claves: citoquinina, reguladores de crecimiento, *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

Tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.) take the first place of the vegetables demand in Chile. The high national fruits consumption, require growers to support an elevated offer, practically, throughout the whole year. The unfavorable conditions for tomato production (mainly associated with non optimum temperature and moisture range in the fecundation process), require agronomy strategies to support adverse circumstances, registered frequently under greenhouse conditions. There have been suitable effects reported for tomato culture on fruit set and productivity with applications of growth regulators, however, the lack of time, concentration and optimum application procedure documentation has raised uncertainty of the real benefits. The aim was to determine the effect of benziladenine (BA) and gibberellic acid (GA₃) application, on fruit set and production in tomato plants.

A greenhouse experiment was develop, with cv. Fiorentino tomatoes grafted in Emperador rootstock plants, during 2012-2013 season, in the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Chile, La Pintana, Santiago. Applications of 15 mg L⁻¹ of BA, 10 mg L⁻¹ of GA₃, and a mixture of both growth regulators were tested. Each inflorescence was applied in two phenological stages: close flower bud and fallen corolla. The number of flowers and fruits per cluster, fruit set, average mass fruits, polar and equatorial diameter per fruit, seed number per fruit and rachis length were evaluated on the first four production floors.

There was no interaction between GA₃ and BA factors at any of the studied variables. The application of GA₃ 10 mg L⁻¹ reduced production, fresh fruit mass and seed number per fruit, however, it increased the rachis length. Moreover, the application of BA 15 mg L⁻¹ increased the high caliber fruit percentage and reduced the small sized fruit. The application of both growth regulators did not increase neither fruit size or the production. It is suggested to continue studying the effects of higher concentrations.

Key words: cytokinin, growing regulators, *Solanum lycopersicum*.

INTRODUCCIÓN

En el 2012 la superficie nacional cultivada de tomate fresco (*Solanum lycopersicum* L.) alcanzó 5.464 ha, liderando con un 19% la Región del Maule. Desde el año 2007 se ha presentado una marcada tendencia a la baja en la superficie plantada, registrándose una pérdida de 845 ha destinadas a este tipo de producción (INE, 2012). A pesar de que el rendimiento promedio nacional alcanzó los 71 t ha⁻¹, en la Región de Arica y Parinacota se llegó a 113 t ha⁻¹ (INE, 2010). La brecha es explicada principalmente por mejoras en eficiencias productivas, tales como la incorporación de genotipos con mejores interacciones a dicho medioambiente y a la utilización de mallas antiáfidos (ODEPA, 2012). Independientemente a que la superficie nacional cultivada tiende a la baja, el alto consumo nacional sigue ocupando el primer lugar de las hortalizas demandadas dentro de la canasta familiar en 2013, con un ponderación de 0,32%, situación que obliga a los productores a mejorar los niveles de producción y mantener una oferta, prácticamente, de forma constante durante todo el año (ODEPA, 2013).

En Chile, de acuerdo al sistema productivo utilizado, se cultivan distintas variedades de tomate. Generalmente, en cultivos de invernadero para uso fresco, se utilizan principalmente cultivares de crecimiento indeterminado, mientras que para cultivos al aire libre de uso fresco o industrial se utilizan de crecimiento determinado (Escaff, 2005). El éxito en el rendimiento de las distintas variedades, depende de factores ambientales, genéticos y a la combinación de ambos. Se sabe que en situaciones de temperaturas extremas durante el día o la noche (35°/24°C y 10°/5°C), se originan problemas en la floración y posterior retención de frutos (El Abd *et al.*, 1986).

Cuaja, o retención de frutos, corresponde a la rápida transición de un ovario quiescente al crecimiento de un fruto joven inducido por la fertilización de un óvulo, donde se desarrolla la fase de activa división y expansión celular (Gillaspy *et al.*, 1993). Dentro de los factores genéticos determinantes del nivel de producción, se encuentran las fitohormonas, las que regulan las diferentes fases de desarrollo de las plantas de tomate (El Beltagy *et al.*, 1976).

Una hormona vegetal, o fitohormona, corresponde a una sustancia producida por la planta en una muy baja concentración y transportadas, con mayor o menor movilidad en función del tipo de hormona, a otra parte de la misma donde genera una respuesta (Öpik y Rolfe, 2005). Dichas sustancias controlan las funciones normales de las plantas como son el crecimiento de raíces, retención de frutos, maduración, crecimiento, procesos de desarrollo, entre otros. Por otra parte, un regulador de crecimiento corresponde a un concepto más amplio, donde la sustancia química es fabricada artificialmente. Estos productos químicos generalmente se utilizan para alterar el crecimiento y desarrollo de las plantas o parte de ellas (Fishel, 2012; Öpik y Rolfe, 2005). La movilidad de los reguladores de crecimiento dentro de las estructuras aplicadas (hojas, frutos, etc.), está determinada, principalmente, por el tipo de regulador que se utilice. Se ha reportado, en frutos de kiwi y manzana, un

limitado movimiento, en relación a la zona de aplicación, del CPPU (una citoquinina artificial derivada de las difenilureas) demostrándose que, bajo condiciones desuniformes de aplicación, la baja movilidad del producto responde con deformación de frutos (Biasi *et al.*, 1993)

El ácido giberélico (GA_3), corresponde a una hormona vegetal que se puede encontrar de forma natural en las partes reproductivas de las plantas, así como también corresponde a un regulador de crecimiento perteneciente al grupo de las giberelinas (Fishel, 2012). Se ha reportado que aplicaciones, a plántulas de tomate, de GA_3 aumentan el número de hojas formadas por debajo de la inflorescencia, acelerando la velocidad de iniciación foliar durante la fase vegetativa (Aung y Austin, 1970).

En el cultivo del tomate se presenta partenocarpia, es decir, ocurre cuaja y crecimiento de frutos sin que se desarrolle el embrión. Se puede presentar de forma natural o inducida artificialmente (Chamorro, 1995). Se ha demostrado que la cantidad de frutos partenocárpicos inducidos por auxinas (otra hormona vegetal) se ve significativamente reducido por aplicaciones simultáneas de inhibidores de la biosíntesis de GA_3 , revirtiendo el efecto con aplicaciones de GA_3 . Así se registró que la respuesta de frutos partenocárpicos está determinada por el efecto del ácido giberélico (Serrani *et al.*, 2008). Se ha reportado que niveles elevados de giberelinas, en el ovario, pueden llegar a sustituir la polinización y promover el desarrollo del frutos (Gorquet *et al.*, 2005). Aplicaciones alternadas de GA_3 , demostraron que la masa media de los frutos depende de la posición del mismo en el racimo, donde aplicaciones sólo a la primera y/o segunda flor se tradujo en el desarrollo de frutos partenocárpicos de la tercera flor, evidenciando que el regulador de crecimiento puede ser transportado a cortas distancias y alterar el crecimiento de otros ovarios del racimo (Serrani *et al.*, 2007). También se ha registrado que aplicaciones de ácido giberélico en tomates, extienden el período de floración y el tiempo de maduración, incrementan el número de frutos por racimo y la retención de frutos (Gelmesa *et al.*, 2012). Contrariamente, se ha reportado que aplicaciones de GA_3 reducen el número de flores y frutos por racimos (Aung y Austin, 1970).

Las citoquininas, otro tipo de hormonas vegetales, desempeñan un papel importante en el mantenimiento de las flores del tomate bajo condiciones limitantes de desarrollo (Kinet, 1977). Se ha registrado que el CPPU, induce el desarrollo de frutos partenocárpicos, no así la benciladenina (BA), que también es una fitohormona sintética pero derivada de adeninas (Matsuo *et al.*, 2012). Se ha reportado que la aplicación de 10 mg L^{-1} de benciladenina sola, o acompañada de 25 mg L^{-1} de giberelinas (GA_{4+7}), aumentan el número de flores por inflorescencia y el porcentaje de cuaja, existiendo una alta relación entre el porcentaje de cuaja, con la cantidad de reservas presente en las inflorescencias (Oebker y Satti, 1986). Otras evidencias señalan que aplicaciones dirigidas a las raíces con citoquininas y pulverizaciones a las plantas con auxinas aumentan el número de flores en la primera inflorescencia (Chamorro, 1995). En otra experiencia, realizada en plantas de ají, aplicaciones con una mezcla comercial de benciladenina más GA_{4+7} , aumentó la producción, no afectando el número de frutos, el número de ejes productivos, ni tampoco la

altura de la planta, sin embargo, aumentó significativamente la materia fresca de los frutos (Batlang, 2008).

La calidad externa de los frutos es una característica tan esencial como la productividad de un cultivar. Las deformaciones producidas por aplicaciones inadecuadas y abusos de los fitoreguladores, acentuado bajo condiciones de baja temperatura, pueden llegar a producir frutos gigantes con respecto al tipo varietal, deformaciones irregulares relacionadas con el desarrollo de los carpelos ováricos y, bajo concentraciones excesivas, pueden aparecer malformaciones foliares, hasta esbozos radiculares en tallos y raquis, filimorfismos (reducción de los folíolos y del área fotosintéticamente activa), necrosis apicales, frutos puntiagudos, ahuecados y lóculos casi desprovistos de semillas (Tello y Moral, 1995). Se ha reportado que bajo condiciones ambientales favorables, se obtienen mejores resultados con agitación artificial de los ramilletes florales que con los tratamientos de fitohormonas (Castilla, 1995).

En Chile, las aplicaciones de reguladores de crecimiento no son una práctica masiva y habitual en horticultura. Sin embargo, se están comprobando sus beneficios al determinar las correctas concentraciones y momentos adecuados de aplicación. En el año 1994 (Escaff y Giaconi), señalan que el uso de ácido giberélico y derivados naftoxiacéticos, en las aplicaciones directas a ramilletes florales mejoran la fructificación, sin embargo, cuando se emplean en concentraciones inadecuadas se presentan frutos deformes, reblandecidos, con pérdidas de color y con número mínimo de semillas. También señalan el uso de ethephon (ácido 2-cloroetilfosfónico), que aplicado a toda la vegetación tiende a uniformar la maduración y acelerar el desarrollo de los frutos de los últimos pisos productivos. Marín y Pihán (2000) sugieren para la producción de tomate bajo plástico, el uso de Bayer 2T (naftil-acetato de sodio) y el bioestimulante "Unicuaje". Más tarde, Escaff *et al.* (2005), recomiendan para el cultivo de tomate bajo invernadero, el uso de Rukam-Cuaja, un bioestimulante que actúa ante condiciones adversas de la planta, mediante el aporte de carbono y nitrógeno orgánico estimulando el adecuado equilibrio nutricional, y el uso de la auxina Procarpil (ácido cloro-4-fenoxiacético), que reduce el aborto floral, adelanta la maduración, en ciertos casos, produciendo frutos sin semillas (Bayer CropScience, 2002).

Adicionalmente al uso de fitohormonas, según Duimovic (2012), una de las mejores opciones para mejorar la producción y enfrentar el problema del uso de agroquímicos, es la utilización de plantas injertadas, quien señala que con los años va a ir aumentando el uso y las investigaciones relativas a esta tecnología. Según Martínez (2012), la utilización de injertos tiene efectos positivos sobre la calidad de la planta, traducidos en un mejor nivel de producción y la obtención de mejores calibres de frutos de tomate. Además de los efectos descritos, el uso de portainjertos reduce de forma indirecta el uso de plaguicidas, ya que en el mercado se disponen de cultivares para uso de patrones, con alta resistencia o tolerancia a enfermedades y patógenos de suelo.

Hipótesis

La aplicación de benciladenina y ácido giberélico aumentan la cuaja y producción del tomate.

Objetivo

Determinar el efecto de la aplicación de benciladenina y ácido giberélico, sobre la cuaja y producción del tomate injertado bajo condición de invernadero frío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Durante la temporada 2012-2013, se estableció el ensayo en un invernadero frío bajo malla antiáfidos, ubicado en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, La Pintana, Santiago de Chile. Las mediciones fueron realizadas en el Laboratorio de Mejoramiento Hortícola, de la misma Facultad.

Materiales

Se trabajó con 20 plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), del cultivar Fiorentino F₁ (ENZA ZADEN), injertadas sobre el patrón Emperador RZ. Los plantines fueron aportados por el vivero Los Olmos ubicado en Chimbarongo, región del Libertador General Bernardo O'Higgins, fueron trasplantados a bolsas plásticas negras con una capacidad de 15 L. Cada bolsa contenía una mezcla de: 1 parte de perlita 1 parte de suelo agrícola y 2 partes de tierra de hoja. Los reguladores de crecimiento utilizados fueron: Cylex ® (1,9% 6-benciladenina), y Ryzup Smartgrass (40% ácido giberélico GA₃). Los dos productos son fabricados por Valent "BioScience Corporation".

Metodología

Tratamientos y diseño experimental

En el Cuadro 1, se describen los tratamientos aplicados con las respectivas concentraciones de los reguladores de crecimiento. Todos los tratamientos fueron aplicados en dos momentos fenológicos, botón floral cerrado y caída de pétalos (se reconoció el estado fenológico de la inflorescencia en función del estado de la primera flor del racimo). Se utilizó agua potable para generar las concentraciones aplicadas.

Cuadro 1. Descripción de los tratamiento (combinación de reguladores de crecimiento).

| Tratamiento | Factores | |
|-------------|------------------------------|-----------------|
| | GA ₃ ^z | BA ^y |
| | mg L ⁻¹ | |
| T0 | 0 | 0 |
| T1 | 10 | 0 |
| T2 | 0 | 15 |
| T3 | 10 | 15 |

^zGA₃: ácido giberélico; ^yBA: benciladenina

Se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizado (DBCA) con estructura factorial, siendo la luminosidad el factor de bloqueo. Los factores de variación de cada tratamiento (Cuadro 1), correspondieron a los dos reguladores de crecimiento (benciladenina y ácido giberélico), mientras que los niveles de variación fueron las concentraciones aplicadas (15 mg BA L^{-1} y $10 \text{ mg GA}_3 \text{ L}^{-1}$). Se establecieron 5 repeticiones por tratamiento (5 bloques), y cada una dio origen a la unidad experimental que consistió en una planta de tomate injertado conducida en dos ejes.

Procedimiento

Trasplante. Los almácigos se trasplantaron el 22 de octubre de 2012, desde almacigueras de poliestireno de alta densidad a bolsas plásticas negras (un individuo por cada bolsa). El establecimiento de las plantas se realizó al estado de 5° hoja verdadera, 72 días después de la siembra (realizada el 11 de agosto del 2012). El experimento fue regado bajo sistema tecnificado de goteo (un emisor por planta), donde la cantidad de agua y frecuencias de riego fueron variables en el tiempo y sujetas a las condiciones ambientales del momento. Sobre 5 mesas metálicas de $2,22 \text{ m}^2$, cada una correspondiente a un bloque, se distribuyeron las cuatro plantas, correspondientes a los cuatro tratamientos, estableciendo el cultivo con una densidad de $5,55 \text{ pl m}^{-2}$. La distribución de los tratamientos en los distintos bloques se presenta en la Figura 1.

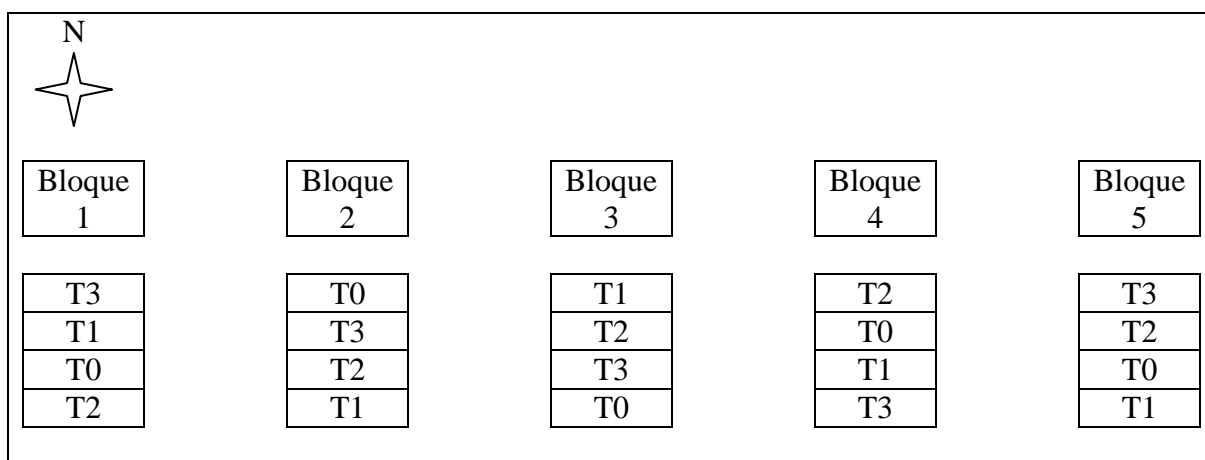


Figura 1. Disposición en terreno del ensayo con plantas de tomates cv. Fiorentino tratados con reguladores de crecimiento. T0: agua, T1: $10 \text{ mg GA}_3 \text{ L}^{-1}$, T2: 15 mg BA L^{-1} y T3: $10 \text{ mg GA}_3 + 15 \text{ mg BA L}^{-1}$.

Conducción. Las plantas fueron conducidas en 2 ejes. Se cortó el brote apical el día 7 de noviembre con la finalidad de promover el crecimiento de las yemas laterales. Una vez definidos los dos ejes productivos, se procedió a realizar desbrote cada 5 días de las yemas axilares. Los pisos fueron numerados correlativamente desde la base de la planta. Cuando los ejes llegaron a la altura del sexto piso productivo, fueron decapitados cortando el ápice de crecimiento. De acuerdo a lo señalado por Escaff *et al.* (2005), en el momento de la

floración del primer piso productivo, las plantas fueron amarradas con cinta garetta (mediante un nudo no corredizo), desde la base del tallo hasta un alambre ubicado en el techo del invernadero, con la finalidad de suspender la planta y mantener la verticalidad.

Aplicación de tratamientos. La aplicación de los distintos tratamientos se realizó con un pincel, cubriendo totalmente las flores y el raquis de cada inflorescencia, teniendo especial atención en evitar la deriva (goteo) de la solución aplicada. A cada flor y posterior fruto cosechado se le asignó un código correspondiente al tratamiento, piso de origen y número de fruto dentro del racimo. De esta forma se pudo conservar la individualidad de las evaluaciones, orden necesario para el posterior análisis de la información.

Las variables analizadas (descritas abajo) fueron evaluadas en los 4 primeros pisos productivos de los dos ejes de cada planta, es decir, en total se evaluaron 8 racimos por planta. Se presenta en Apéndice I, la codificación de un racimo aleatorio como ejemplo. Además, se registró el momento en que se realizaron las dos aplicaciones de cada inflorescencia, información con la que se pudo realizar un análisis en la respuesta de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre el tiempo del desarrollo fenológico de las inflorescencias, se presenta el resumen de dos pisos productivos en Apéndice II.

Fertilización y manejo de plagas. Se realizaron 3 aplicaciones de fertilizantes en la temporada resumidas en el Cuadro 2. En el mes de febrero se realizaron 2 aplicaciones de Abamectina ($0,5 \text{ mL L}^{-1}$) para controlar a la plaga de araña bimaclada (*Tetranychus urticae* C.L. Koch), cuya población afectó la etapa final del cultivo.

Cuadro 2. Resumen de fertilizantes aplicados en el ensayo con tomates injertados.

| Aplicación | Fecha aplicación | Urea | SFT ^z | Sulfato K ^y |
|------------|------------------|------|------------------------|------------------------|
| | | | g planta ⁻¹ | |
| 1° | 24-01-2013 | 3,50 | 1,71 | 2,78 |
| 2° | 21-02-2013 | 1,75 | 0,85 | 2,78 |
| 3° | 10-03-2013 | 2,20 | 1,35 | 3,71 |

^zSFT: Superfosfato triple

^ySulfato K: Sulfato de potasio

Cosecha. Los frutos fueron cosechados en estado rojo, según la tabla de colores del “USDA color chart” (Kader, 1975). En Anexo I se presenta la tabla de colores con la respectiva descripción de cada momento de la maduración de los frutos.

Variables analizadas

Número de botones florales por inflorescencia. La unidad muestral correspondió a las inflorescencias de cada piso productivo.

Número de frutos por racimo. La unidad muestral correspondió al racimo de cada piso productivo.

Retención de fruto. La relación entre el número de botones florales de cada inflorescencia y el número de frutos cosechados por racimo, determinaron el porcentaje de cuaja, o retención de fruto.

Masa de fruto. La unidad muestral correspondió a los frutos cosechados de cada tratamiento. Los resultados fueron expresados en gramos por fruto, para luego extrapolar a unidades de kg de fruta por planta, kg de fruta por piso productivo y toneladas de fruta por hectárea. Se utilizó una balanza de marca “Acuweigh Corporation”, Modelo HJ series, ubicada en el Laboratorio de Mejoramiento Hortícola de la Universidad de Chile.

Distribución de calibres en función de la masa de frutos. Se construyeron rangos en función de la masa de frutos para generar una gráfica de distribución de calibres. El criterio utilizado para la definición de los calibres no correspondió a una determinación del mercado, sólo a una escala arbitraria (se determinaron parámetros propios debido a la escasa uniformidad de las referencias en la definición comercial de calibres). En el Cuadro 3 se presentan los rangos utilizados para cada calibre.

Cuadro 3. Calibres en función de la masa de frutos en tomates cv. Fiorentino tratados con reguladores de crecimiento.

| Calibres | Límites del rango g fruto ⁻¹ | Criterio nominal |
|----------|--|------------------|
| 1 | 0-40 | pequeño |
| 2 | 41-80 | medio |
| 3 | 81-120 | grande |
| 4 | 121 o más | muy grande |

Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de fruto. Se procedió a cortar cada fruto en sentido longitudinal por la sección de mayor crecimiento radial. Se procedió a escanear cada mitad de fruto mediante un “Scanner” modelo EPSON PERFECTION 4990 PHOTO. Para el análisis de las imágenes escaneadas se utilizó el software Tomato Analyzer version

3 fabricado por “Ohio State University, OARDC”, desde donde se recuperó la información de las longitudes máximas del diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de cada fruto. Las unidades fueron expresadas en cm.

Forma de fruto. Se utilizaron las mediciones de DP y DE para relacionar las dos variables, y obtener un indicador de la forma de los frutos ($DP DE^{-1}$). La relación no posee unidades de medición puesto que corresponde a un índice, es decir, los valores se encontraron en un rango de 0 y 1. Aquellos tratamientos que presentan el índice cercano a 1, tienden a ser frutos homogéneamente esféricos, mientras que las relaciones más cercanos a 0, corresponden a frutos achatados.

Número de semillas. Se procedió de forma manual con el conteo de las semillas totales de un fruto. Los resultados fueron expresados en número de semillas por fruto. Junto con la variable masa de fruto se pudo realizar un análisis estadístico de correlación lineal con la finalidad de obtener el coeficiente de correlación entre las dos variables.

Porcentaje de frutos deformes. La unidad muestral correspondió a los frutos deformes (forma atípica) que pudiesen existir en algunos tratamientos por efecto de los reguladores de crecimiento. Los resultados fueron expresados en porcentaje de frutos deformes por cada tratamiento.

Largo de raquis. La unidad muestral correspondió a los raquis de cada planta. Las muestras fueron medidas luego de haber cosechado todos los frutos del racimo. Se procedió a medir con una huincha de medir la longitud del eje central del raquis, para el caso de racimos dobles, se sumaron las longitudes de cada eje. Las unidades fueron expresadas en cm.

Análisis estadístico

La aleatorización de los datos se realizó por sorteo desde una tómbola con los cuatro tratamientos. Previamente al análisis estadístico, se comprobaron los supuestos del Análisis de Varianza (ANDEVA) para los datos muestreados. Luego, las variables fueron sometidas a un ANDEVA para detectar diferencias significativas para un nivel de confianza del 95%. Cuando existieron diferencias significativas ($p < 0,05$), se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey para separar las medias de los tratamientos. Cuando las variables analizadas no presentaron interacción entre los reguladores de crecimiento, se analizaron diferencias en los niveles de cada factor. Además, cuando no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de cada factor, los resultados fueron expresados en función de los pisos productivos.

Para los parámetros medidos en porcentaje, se realizó la transformación de Bliss, a través de la Ecuación 1, donde Y corresponde a la medición porcentual a transformar (siendo Y un valor entre 0 y 100%), e Y' corresponde a la medición transformada.

$$\text{Ecuación 1: } Y' = \arcsen \sqrt{\frac{Y}{100}}$$

Además se realizó una correlación lineal simple entre las variables número de semillas fruto⁻¹ y masa de frutos. Se utilizó el coeficiente de Pearson (r) para la comparación entre los tratamientos. Una correlación lineal con coeficientes cercanos a 1, indica que las variables en estudio están positivamente correlacionadas, mientras que aquellos coeficientes cercanos a cero indican que las mismas no están asociadas linealmente. Usualmente se considera una correlación lineal media cuando el r es mayor a |0,20| y menor que |0,60|, mientras que una correlación lineal alta tiene un r mayor a |0,60| y menor a |1|.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Retención de frutos por planta

En el Cuadro 4, se presenta el resumen de los componentes de retención de frutos por planta (N° de flores y N° de frutos por planta). Las variables analizadas no presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizó diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

Cuadro 4. Resumen de componentes de retención de frutos por planta para tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Niveles del Factor mg L ⁻¹ | N° flores flores pl ⁻¹ ± D.E. | N° frutos frutos pl ⁻¹ ± D.E. | retención de frutos % ± D.E. |
|--|---|---|---------------------------------|
| GA ₃ | | | |
| 0 | 43,6 ± 3,27 a ^z | 29,0 ± 2,83 a | 66,5 ± 0,05 a |
| 10 | 41,7 ± 3,30 a | 28,7 ± 3,02 a | 68,8 ± 0,06 a |
| BA | | | |
| 0 | 43,3 ± 3,13 a | 29,6 ± 2,46 a | 68,4 ± 0,05 a |
| 15 | 42,0 ± 3,59 a | 28,1 ± 3,14 a | 66,9 ± 0,06 a |

No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba de Tukey (p-value ≥ 0,05). D.E. desviación estándar.

Para las variables número de flores por planta y número de frutos por planta del Cuadro 4, no se presentaron diferencias significativas entre los niveles de cada factor, lo que se tradujo en que tampoco existieron diferencias en el porcentaje de retención de fruto.

Existen evidencias de potenciales efectos en el aumento del número de flores con posterior efecto en el aumento de retención de frutos. Aplicaciones realizadas por Oebker y Satti (1986), de 10 mg BA L⁻¹ sola o acompañada de 25 mg GA₄₊₇ L⁻¹, aumentaron en un 50% el número de flores por inflorescencia bajo condiciones de invernadero. Resultados similares a los obtenidos con una concentración superior, de 50 mg BA L⁻¹, realizada por Ali Haroun *et al.* (2011) bajo condiciones de vernalización. Chamorro (1995), registró que aplicaciones a las raíces de benciladenina en conjunto con pulverizaciones foliares de auxinas aumentaron el número de flores en la primera inflorescencia, mientras que las aplicaciones de GA₃ las redujeron. Kinet (1977), señala que la aplicación de 25 mg L⁻¹ de GA₃ no afecta el número de flores por inflorescencia, resultados similares a los obtenidos en este ensayo (Cuadro 4). La concentración ensayada de 15 mg BA L⁻¹, no tuvo la misma respuesta a la registrada por otros autores, probablemente influenciados por la diferente metodología de aplicación de cada experimento. La literatura señala aplicaciones periódicas de 8 a 10 días

después de la primera aplicación (Castillo, 1995). En cambio, Oebker y Satti (1986) realizaron las aplicaciones desde el momento de brote floral visible, con un algodón humedecido un total de 5 veces por inflorescencia a intervalos de 3 días, el mismo método utilizado por Kinet (1977), quien aplicó con una frecuencia de dos días, mientras que Aung y Austin (1970), realizaron los ensayos en intervalos de 1 día, con un total de 4 aplicaciones. Otra forma de aplicación de los mismos reguladores de crecimiento, realizada por Ali Haroun *et al.* (2011), consistió en realizar aplicaciones a la planta completa, luego de 77 días después de la siembra, con un asperjador. En contraste con las metodologías anteriormente descritas, para este ensayo se definió el momento de la aplicación según la fenología del cultivo en los estados previamente descritos, registrándose la primera fecha de aplicación 116 días después de la siembra.

La falta de ajuste entre los resultados obtenidos con los expuestos en la literatura podría asociarse a los distintos métodos de aplicación, ya que se ha registrado que la respuesta de las aplicaciones de GA₃, sobre el número de flores por inflorescencias, depende del cultivar utilizado, la concentración aplicada y puede afectar diferentemente a inflorescencias en una misma planta (Chamorro, 1995).

Aplicaciones de 10 mg L⁻¹ de GA₃, realizadas por Gelmesa *et al.* (2010), registraron una cuaja de 71,1%, mientras que para este ensayo sólo se alcanzó un 68,8%, correspondiente a la media más alta pero no suficiente para generar una diferencia significativa con el resto de los tratamientos (Cuadro 4). También se ha registrado que al aplicar una concentración de 15 mg L⁻¹ de GA₃, a inflorescencias de tomates, se aumenta la retención de frutos desde 54,8% a 75,4% (Gelmesa *et al.*, 2010). Por lo tanto, existen evidencias que la cuaja puede ser mayor al aplicar concentraciones superiores a 10 mg L⁻¹ de GA₃, en consecuencia, se deberían realizar ensayos con mayores concentraciones de este fitorregulador, con objetivo de definir el mejor momento, la forma y la cantidad de veces a aplicar.

Retención de frutos por piso

Como no se presentaron diferencias significativas entre los niveles de cada factor para las variables número y porcentaje de frutos (Cuadro 4), se realizó un análisis de varianza entre los pisos productivos, es decir, bajo las condiciones de aplicación de los tratamientos de este ensayo, la respuesta de estas variables por pisos productivos fue independiente (estadísticamente no significativo) a la aplicación de los reguladores de crecimiento. En el Cuadro 5, se presenta el detalle de las variables mencionadas de todos los tratamientos, por cada piso productivo.

Cuadro 5. Porcentaje de retención de frutos por piso productivo en tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Piso productivo | Número de frutos media \pm D.E. | % retención de frutos |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Primero | 9,5 \pm 1,93 a ^z | 92,4 \pm 0,08 a |
| Segundo | 9,2 \pm 1,54 a | 86,3 \pm 0,13 a |
| Tercero | 6,0 \pm 2,25 b | 57,7 \pm 0,21 b |
| Cuarto | 4,2 \pm 1,94 c | 37,8 \pm 0,18 c |

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los pisos productivos, según la prueba de Tukey (p-value \geq 0,05). D.E. desviación estándar.

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos pisos productivos para el número de frutos y la retención de frutos. Se presentó, en promedio, una menor cantidad de frutos en los pisos superiores, lo que se tradujo en un menor porcentaje de retención media de frutos.

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, para el intervalo de días entre aplicaciones a una misma inflorescencia, registradas en Apéndice II. Sólo se presentaron diferencias entre los distintos pisos productivos de la misma planta, demostrando que los tratamientos con fitoreguladores no modificaron la velocidad del desarrollo fenológico de los racimos, respondiendo sólo en función de las condiciones ambientales.

Producción por planta

En el Cuadro 6, se presenta la producción de tomates, expresada en kg pl⁻¹ y t ha⁻¹. La variable analizada no presentó interacciones entre los factores, por lo que se analizó diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

Cuadro 6. Producción de tomates cv. Fiorentino injertados sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Nivel del Factor mg L ⁻¹ | Producción kg pl ⁻¹ ± DE | t ha ⁻¹ |
|--|--|--------------------|
| GA ₃ | | |
| 0 | 1,9 ± 0,11 a ^z | 107,1 |
| 10 | 1,6 ± 0,26 b | 86,6 |
| BA | | |
| 0 | 1,7 ± 0,25 a | 98,8 |
| 15 | 1,8 ± 0,29 a | 95,5 |

No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de producción, según la prueba de Tukey ($p \geq 0,05$). D.E. desviación estándar. La producción por ha se calculó con una densidad de 5,55 pl m⁻².

Para esta variable existieron diferencias significativas entre los niveles del factor GA₃. La aplicación de 10 mg L⁻¹ de GA₃, redujo la producción media por planta, siendo además la más baja de todos los niveles.

La producción media obtenida de todos los tratamientos se encuentra por sobre la media nacional de 71,1 t ha⁻¹ (INE, 2010). La aplicación de la misma concentración de GA₃ en experiencias de Gelmesa *et al.* (2010), tuvo una respuesta inferior a la obtenida en este experimento, quien logró un nivel de producción de 83 t ha⁻¹, además se registró que la producción disminuía directamente con el aumento de la concentración de GA₃ hasta llegar a los 20 mg L⁻¹. Los cultivares utilizados por el autor fueron de hábito determinado, distinto al cultivar Fiorentino de crecimiento indeterminado. Se ha registrado que la respuesta varietal a las aplicaciones de reguladores de crecimiento es sumamente variable, además está influenciada por el momento de aplicación, la concentración, temperatura y humedad (Castillo, 1995).

Masa media de frutos por planta

En el Cuadro 7, se presenta la masa media de frutos registrada para cada nivel de aplicación de reguladores de crecimientos. No se presentó interacción entre los factores, por lo que se analizó diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

Cuadro 7. Masa media de frutos por planta en tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Niveles del factor mg L ⁻¹ | | Masa de frutos por planta g ± D.E. |
|--|----|---------------------------------------|
| GA ₃ | 0 | 67,2 ± 9,14 a ^z |
| | 10 | 54,7 ± 8,60 b |
| BA | 0 | 58,8 ± 13,18 a |
| | 15 | 63,2 ± 7,72 a |
| Masa media de frutos por planta | | 60,9 |

No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba de Tukey (p-value ≥ 0,05). D.E. desviación estándar.

Para esta variable se presentaron diferencias significativas entre los niveles de aplicación del ácido giberélico. Aquellas flores aplicadas con 10 mg L⁻¹ de GA₃, presentaron menor masa media de frutos (Cuadro 7). El componente de la producción que generó diferencias entre los tratamientos fue la masa media de frutos y no el número de frutos (Cuadros 4 y 7).

La masa media de fruto registrada entre todos los niveles fue 61 g (Cuadro 7), lejana a la media propia del cultivar, cercana a 180-200 g (Enza Zaden, sa.). Probablemente la falta de similitud, fue respuesta de una deficiente fertilización del cultivo, condiciones ambientales no ideales para el cultivar (tamaño de maceta), entre otros. A pesar de los bajos calibres obtenidos, se presentaron diferencias entre los niveles, donde la aplicación de GA₃, en las concentraciones ensayadas, disminuyeron la masa media de frutos, resultados similares obtenidos por Serrani *et al.* (2007), donde los frutos inducidos por el regulador de crecimiento tuvieron la menor masa media. En dicho ensayo, sólo las concentraciones mayores a 10 mg L⁻¹ de GA₃, tuvieron una respuesta con mayor masa media de frutos.

Distribución de calibres de frutos

En la Figura 2, se presenta un gráfico de distribución de calibres en función de la masa de los frutos.

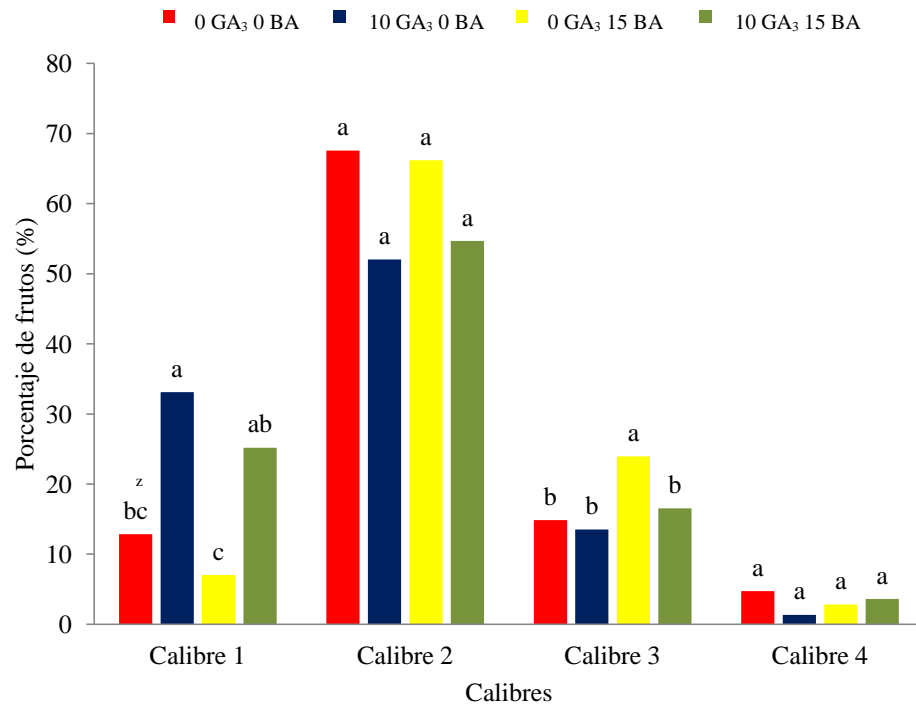


Figura 2. Distribución de calibres en función de la masa de frutos en tomates cv. Fiorentino injertados sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

^zBarras unidas por letras iguales dentro de un mismo calibre indican diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos, según la prueba de Tukey (p -value $\geq 0,05$). Calibre 1: 0-40 g, Calibre 2: 41 a 80 g, Calibre 3: 81 a 120 g y Calibre 4: > 120 g.

Además en Apéndice III, se presenta el detalle del porcentaje de participación de los distintos calibres en cada tratamiento, información con la que se construyó el gráfico de la Figura 2.

Se obtuvo diferencias significativas en dos de los cuatro calibres, entre los distintos tratamientos. Destaca la distribución de calibres que tuvo la aplicación de 15 mg L⁻¹ de benciladenina sola, que presentó el mayor porcentaje de frutos del calibre 3 (24 % del total de ese calibre). Por otro lado, la aplicación de 10 mg L⁻¹ de ácido giberélico tuvo una distribución de frutos con una mayor proporción de calibres 1 y 2, cercano al 85% del total del tratamiento (Apéndice III).

Forma de frutos por planta

En el Cuadro 8, se presenta para cada tratamiento, el resumen de las variables diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP), además de la relación entre dichas evaluaciones ($DP DE^{-1}$). Para estas variables no se presentaron interacciones entre los reguladores de crecimiento, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada factor.

Cuadro 8. Forma de frutos por planta en tomates cv. Fiorentino injertados sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Niveles del factor mg L ⁻¹ | DE cm ± D.E. | DP | DP DE ⁻¹ |
|--|---------------------------|--------------|---------------------|
| GA ₃ | | | |
| 0 | 5,3 ± 0,25 a ^z | 4,4 ± 0,18 a | 0,8 ± 0,01 a |
| 10 | 4,8 ± 0,33 b | 4,0 ± 0,25 b | 0,8 ± 0,02 a |
| BA | | | |
| 0 | 5,0 ± 0,47 a | 4,2 ± 0,35 a | 0,8 ± 0,35 a |
| 15 | 5,1 ± 0,35 a | 4,3 ± 0,24 a | 0,8 ± 0,02 a |

No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba de Tukey (p -value $\geq 0,05$). D.E. desviación estándar.

Para estas variables no existió interacción entre los reguladores de crecimiento, pero se presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor ácido giberélico. Las aplicaciones de 10 mg L⁻¹ de GA₃, tuvieron una respuesta con frutos de menor DP y DE. La relación de las variables $DP DE^{-1}$ no presentó diferencias entre los tratamientos, es decir, bajo las condiciones de este ensayo, las concentraciones aplicadas de los reguladores de crecimiento, disminuyeron homogéneamente el tamaño de los frutos, no afectando la forma de ellos.

En las Figuras 3 y 4, se presentan imágenes de mitades de frutos de tomates cv. Fiorentino aplicados con los distintos tratamientos. En la imagen se presentan los frutos que registraron el diámetro ecuatorial y polar, representativo de la media de nivel del factor GA₃ (Cuadro 8).

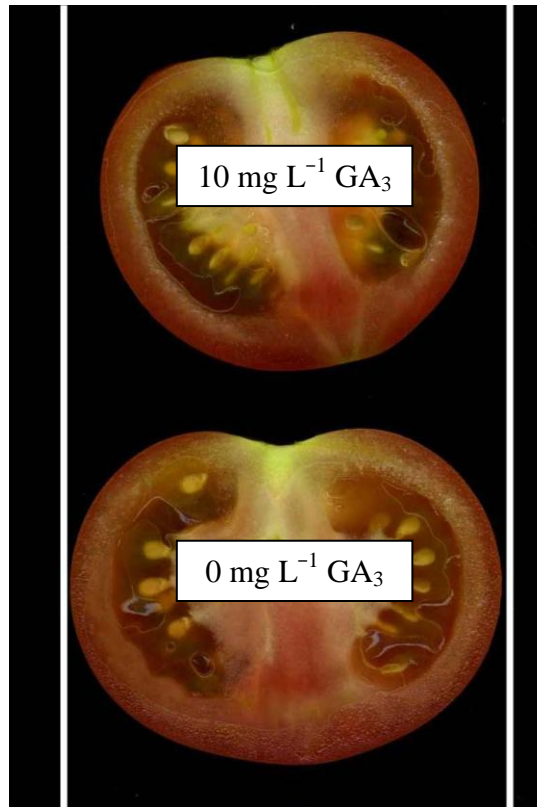


Figura 3. Imagen escaneada de mitades de frutos de tomates cv. Fiorentino tratados con reguladores de crecimiento. Líneas blancas verticales corresponden a límites máximos del fruto con mayor diámetro ecuatorial. (Superior: fruto aplicado con $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ GA}_3$, inferior fruto aplicado con $0 \text{ mg L}^{-1} \text{ GA}_3$).

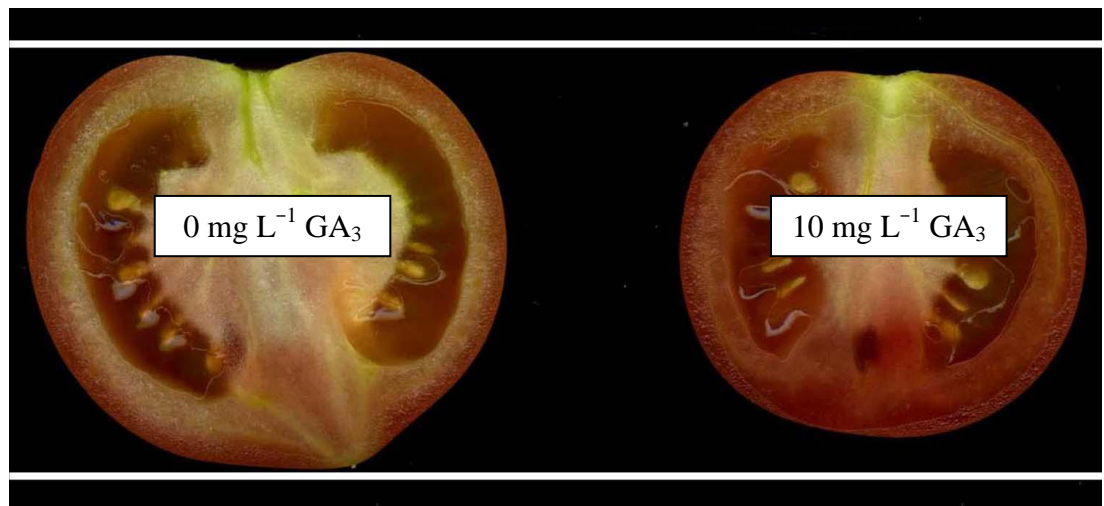


Figura 4. Imagen escaneada de mitades de frutos de tomates cv. Fiorentino tratados con reguladores de crecimiento. Líneas blancas horizontales corresponden a límites máximos del fruto con mayor diámetro polar. (Superior: fruto aplicado con $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ GA}_3$, inferior fruto aplicado con $0 \text{ mg L}^{-1} \text{ GA}_3$).

Dado que existe una alta correlación entre la masa de los frutos y el diámetro ecuatorial de los mismos, es posible adoptar uno u otro de estos parámetros como referencia para el calibrado de la fruta dentro de una cadena de producción (Riquelme, 1995). La alta relación indicada, se presentó también en este ensayo puesto que la respuesta del crecimiento ecuatorial y polar de los frutos se comportó de igual forma que la producción por planta (Cuadro 6) y masa media de frutos por planta (Cuadro 7).

Largo de raquis por planta

En el Cuadro 9, se presentan las longitudes del raquis para los niveles de los dos reguladores de crecimiento aplicados. No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador.

Cuadro 9. Largo de raquis de plantas de tomate cv. Fiorentino injertado sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Niveles del factor mg L ⁻¹ | Largo de raquis cm raquis ⁻¹ ± D.E. |
|--|---|
| GA ₃ | |
| 0 | 9,1 ± 3,76 b ^z |
| 10 | 10,7 ± 4,99 a |
| BA | |
| 0 | 10,1 ± 4,82 a |
| 15 | 9,7 ± 4,12 a |

No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba de Tukey (p-value ≥ 0,05). D.E. desviación estándar.

No se presentaron interacciones entre los factores para esta variable. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre los dos niveles de aplicación del factor GA₃. La concentración de 10 mg L⁻¹ de ácido giberélico promovió el crecimiento del raquis de los racimos, mientras que no se registraron diferencias entre los dos niveles del factor BA (Cuadro 9). En un ensayo similar a este, aplicaciones de 10 mg L⁻¹ de benciladenina promovieron el desarrollo de las inflorescencias, la elongación del pedúnculo y aumentaron el tamaño de las flores, mientras que aplicaciones de 25 mg L⁻¹ de GA₃ provocaron aborto floral absoluto. Sin embargo, incrementaron la masa fresca de la primera inflorescencia y la elongación de los pedúnculos. Los mejores resultados se obtuvieron con la mezcla de benciladenina y GA₃, favoreciendo el crecimiento de la inflorescencia y reduciendo el aborto floral (Kinet, 1977). Se señala que la benciladenina dirige los fotoasimilados a las inflorescencias, mientras que el ácido giberélico promueve el crecimiento de los órganos florales. La misma tendencia se presentó en otro estudio, en el cual aplicaciones al follaje

de concentraciones saturadas de GA₃ (250 mg L⁻¹), responden en un aumento del largo y número de internudos de las planta (Jupe *et al.*, 1988). La tendencia presentada con la aplicación de GA₃, bajo las condiciones de este ensayo, coincide con la registrada en la literatura. La falta de similitud en la respuesta de la aplicación de la misma concentración de BA registrada, se asocia a la diferencia de los ensayos en la metodología de aplicación, donde Kinet (1977), aplicó con intervalo de dos días, con un algodón a cada inflorescencia, un total de 5 veces.

En la Figura 5, se muestra una imagen comparativa entre los tratamientos para el largo de raquis de plantas de un mismo bloque (seleccionadas al azar). Se observa que aquellos tratamientos que tuvieron una concentración de 10 mg de GA₃ L⁻¹ (T1 y T3), presentaron un largo de raquis mayor a los restantes tratamientos con 0 mg de GA₃ L⁻¹ (T0 y T2).

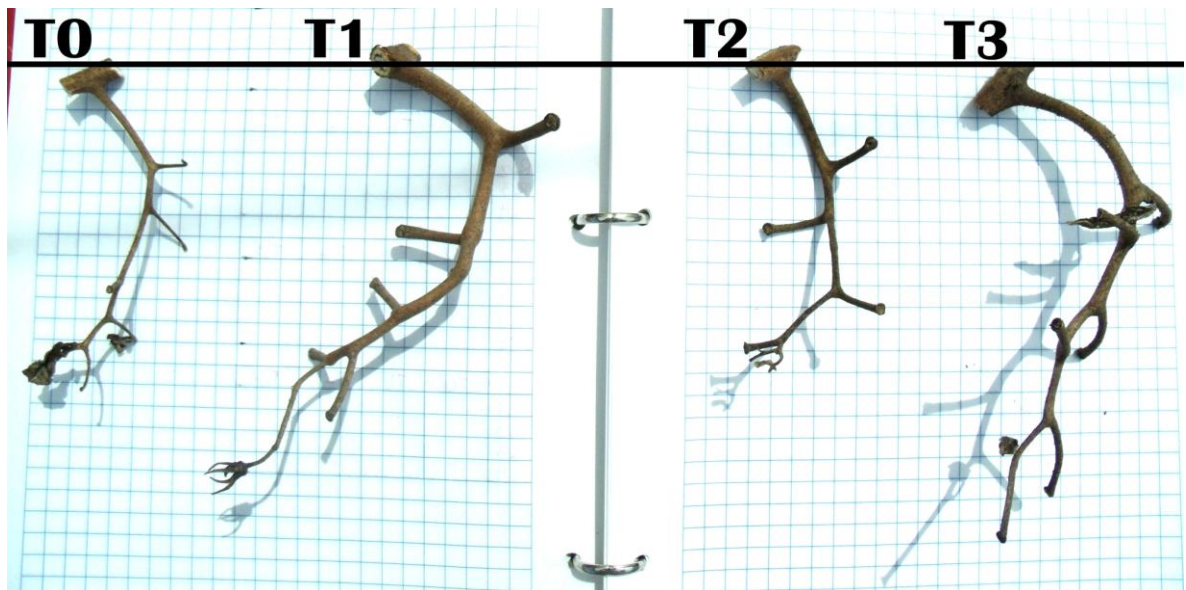


Figura 5. Imagen comparativa de los raquis de los tratamientos con y sin GA₃ en tomates cv. Fiorentino. De izq. a der.: T0 (sin GA₃), T1 (con GA₃), T2 (sin GA₃) y T3 (con GA₃).

En los últimos años, los cultivos de vid de mesa han aumentado significativamente el uso de reguladores de crecimiento, específicamente CPPU y GA₃, con el objetivo de aumentar el tamaño de bayas, inducir el desarrollo de frutos partenocárpicos, aumentar el largo y diámetro del raquis, evitar la compactación del racimo, el pardeamiento de raquis, prevenir pudriciones del racimo, etc. (Ferrara *et al.*, 2014, Molitor *et al.*, 2012, Raban *et al.*, 2013 y Shiozaki *et al.*, 2014). Se ha registrado que aplicaciones de 10 mg L⁻¹ aumentan el largo y diámetro del raquis (Molitor *et al.*, 2012), resultados similares a los obtenidos en este experimento.

Dependiendo del objetivo de la producción, este efecto puede ser beneficioso (alarga el espacio entre los pedúnculos otorgando menor probabilidad de competencia por espacio

entre los frutos de un racimo), o una desventaja, puesto que aumenta la demanda de carbohidratos de reserva para el crecimiento del raquis, aumenta la probabilidad de rompimiento del eje por falta de firmeza, defecto bajo condiciones de venta de tomates en racimos, entre otros.

Número de semillas por fruto

En el Cuadro 10, se presenta la media del número de semillas por fruto para cada nivel de aplicación de los reguladores de crecimiento. La variable analizada no presentó interacciones entre los factores, por lo que se analizó diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

Cuadro 10. Número de semillas por frutos de tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Niveles del factor mg L ⁻¹ | | Número de semillas por fruto media ± D.E. |
|--|----|--|
| GA ₃ | 0 | 106,4 ± 13,55 a ^z |
| | 10 | 88,1 ± 19,86 b |
| BA | 0 | 99,8 ± 18,48 a |
| | 15 | 94,7 ± 20,10 a |

No se presentaron interacciones entre los factores, por lo que se analizaron diferencias entre los niveles de cada regulador de crecimiento.

^zPromedios unidos por letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticamente no significativas entre los niveles de cada factor, según la prueba de Tukey (p -value $\geq 0,05$). D.E. desviación estándar.

La aplicación del ácido giberélico tuvo una respuesta significativa sobre el número de semillas por fruto. Se registró que aplicaciones de 10 mg L⁻¹ de GA₃ presentaron un menor número de semillas por fruto, efecto contrario al de los tratamientos que no fueron aplicados con GA₃.

Una posible explicación al menor número de semillas de los frutos aplicados con ácido giberélico, podría estar asociada a la tendencia del regulador de crecimiento en retener flores que se desarrollaban bajo malas condiciones de fecundación de los óvulos. Es decir, se podría haber presentado algún grado de frutos partenocárpicos, aquellos que crecen sin que se desarrolle el embrión (Chamorro, 1995). Se propone realizar ensayos, bajo condiciones de polinización controlada, para demostrar que las concentraciones ensayadas inducen el crecimiento de frutos partenocárpicos.

La relación exacta entre la masa del fruto y el número de semillas puede variar por muchos factores que afectan la masa del fruto del tomate, por ejemplo el número de frutos del

racimo. Además se señala que esta relación varía considerablemente en el análisis individual de frutos (Marcelis y Baan, 1997). Para las condiciones de este ensayo, la aplicación de ácido giberélico también disminuyó la masa media de frutos (Cuadro 7), por lo tanto, ello sugiere que el número de semillas estaría determinando la respuesta de dicha variable.

Correlación entre número de semillas y masa de frutos

En el Cuadro 11, se presenta el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r) para las variables semillas por fruto y masa de frutos, para cada tratamiento. Además, en la Figura 6, se presenta un gráfica de dispersión de datos para las variables mencionadas por cada tratamiento.

Cuadro 11. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el número de semillas y masa media de frutos tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador tratados con distintos reguladores de crecimiento.

| Tratamiento | Factor GA | Factor BA | Coefficiente de Pearson |
|-------------|-----------|-----------|-------------------------|
| T0 | 0 | 0 | 0,57 |
| T1 | 10 | 0 | 0,76 |
| T2 | 0 | 15 | 0,43 |
| T3 | 10 | 15 | 0,75 |

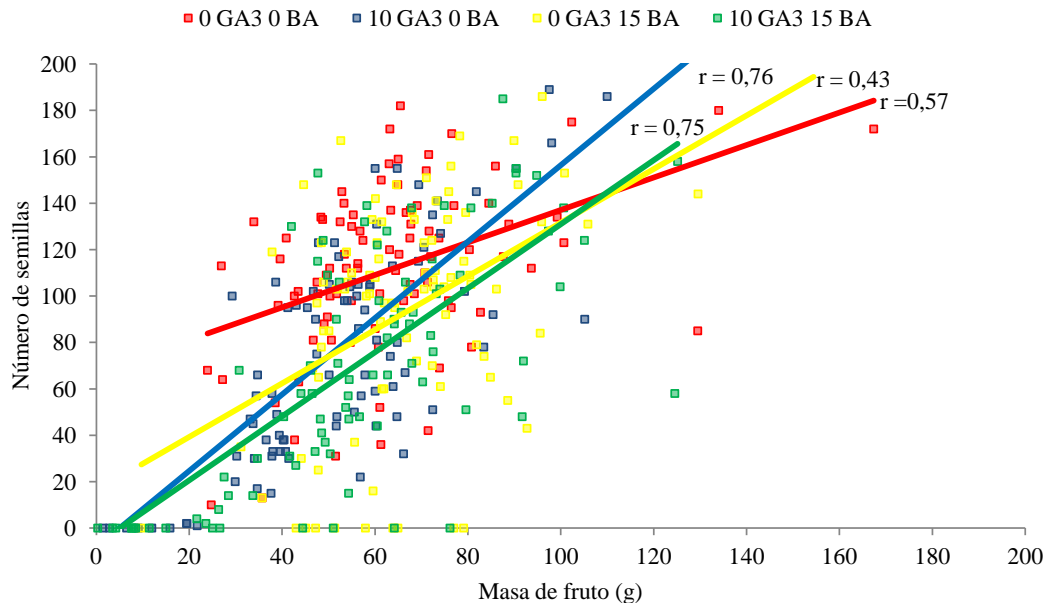


Figura 6. Gráfico de dispersión de datos para las variables semillas por fruto y masa de frutos en tomates cv. Fiorentino injertados sobre Emperador y tratados con distintos reguladores de crecimiento.

Aquellos tratamientos que fueron aplicados con 10 mg L⁻¹ de ácido giberélico obtuvieron coeficientes que determinan una correlación lineal alta ($r= 0,76$ y $0,75$) entre las variables número de semillas por fruto y masa de frutos, mientras que, para las mismas variables, los tratamientos que no fueron aplicados con ese regulador, obtuvieron una correlación lineal media ($r= 0,57$ y $0,43$).

Análisis de asociación de las mismas variables se han estudiado en pimiento (*Capsicum annuum* L.), donde el valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson registrado es $r= 0,74$ (Marcelis y Bann, 1997), valor coincidente con los obtenidos en tomate.

Número de frutos deformes

No se presentaron frutos deformes que pudiesen ser atribuidos a alguno de los tratamientos realizados. A pesar de que el cv. Fiorentino F1 es un cultivar multiloculado, no presentó anomalías en la forma. Se ha registrado que cultivares con mayor cantidad de lóculos son más sensibles a las malformaciones de frutos con las aplicación de reguladores de crecimiento, las que se manifiestan en forma de frutos huecos, ombligos alargados, pulpa interna de color verdoso y ausencia o escasez de semillas (Castillo, 1995).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que:

Las concentraciones aplicadas de ácido giberélico y benciladenina no logran aumentar ni la cuaja ni la producción del tomate cv. Fiorentino injertado sobre patrón Emperador.

La respuesta de las concentraciones de ácido giberélico y de benciladenina aplicadas solo y/o en combinación, para todas las variables estudiadas no fue nunca superior al tratamiento testigo. Se propone aumentar las concentraciones aplicadas de ambos reguladores de crecimiento en futuros ensayos.

La aplicación de 10 mg L^{-1} de ácido giberélico disminuye la producción del cultivo, la masa media de frutos, el número de semillas por fruto y promueve el largo del raquis del racimo.

La aplicación de 15 mg L^{-1} de benciladenina no difiere de la respuesta de plantas sin aplicación para todas las variables estudiadas.

Bajo las concentraciones ensayadas de ácido giberélico y benciladenina, la variable que mejor representa las características de la producción, corresponde a la masa de fruto y no al número de frutos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali Haroun, S.; A. Mohamed-Shukry; M. Ali-Abbas and A. Mohamed-Mowafy. 2011. Growth and physiological responses of *Solanum lycopersicum* to atonik and benzyl adenine under vernalized conditions. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 3 (9): 319-331.
- Aung, L. and M. Austin. 1970. Gibberellin A3 modification of vegetative growth and flowering of dwarf tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 45: 393-400.
- Batlang, U. 2008. Benzyladenine plus gibberellins (GA₄₊₇) increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Biological Sciences* 8(3): 659-662.
- Bayer CropScience. 2002. Procarpil 2A. Productos Fitosanitarios. Hoja de datos de seguridad. (doc. téc.). 4p.
- Biasi, R., D. Neri, N. Sugiyama and G. Costa. 1993. ¹⁴C-PPU uptake and distribution in developing kiwifruits and apples. In: VII International Symposium on Plant Growth Regulators in Fruit Production 329. pp 101-104.
- Castillo, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. (Cap. 6, pp: 190-225). En: Nuez, F. (Ed). El cultivo del tomate. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 793p.
- Chamorro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. (Cap. 2, pp: 43-91). En: Nuez, F. (Ed.). El cultivo del tomate. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 793p.
- Duimovic, A. 2012. El futuro para las hortalizas se vislumbra relajado y tranquilo hasta el 2015. Fin del bromuro de metilo y uso de portainjertos y productos más “verdes”: tendencias de la horticultura en Quillota. *Redagícola*. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.redagricola.com/reportajes/hortalizas/fin-del-bromuro-de-metilo-y-uso-de-portainjertos-y-productos-mas-verdes-tenden#>> Consultado el: 24 de agosto de 2012.
- El Abd, S., A. El Beltagy and M. Hall. 1986. Physiological studies on flowering and fruit set in tomatoes. *Acta Horticulturae*, 190:389-396.
- El Beltagy, A., J. Patrick, E. Hewett and M. Hall. 1976. Endogenous plant growth regulator levels in tomato fruits during development. *Journal of Horticultural Science*, 51:15-30.
- Enza Zaden, sf. Fiorentino F₁, Nouvelle variété tomate sol. Vitalis. 2p.
- Escaff, M. 2005. Variedades de tomate para procesamiento: comportamiento agronómico e industrial en Chile. (pp: 17-28.). Saavedra, G y M. González (Ed.). En: Seminario

internacional “producción de tomates para procesamiento”. (13 octubre, 2005, Santiago, Chile). Series Actas INIA 32. Santiago, Chile. 108p.

Escaff, M., P. Gil, R. Ferreyra, P. Estay, A. Bruna, P. Maldonado y C. Barrera. 2005. Cultivo del tomate bajo invernadero. (Bol. N° 128), Estación experimental La Cruz, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). La Cruz, Chile. 79p.

Escaff, M. y V. Giaconi. 1994. Cultivo de hortalizas. 9ª ed. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. 379p.

Ferrara, G., Mazzeo, A., Netti, G., Pacucci, C., Matarrese, A. M. S., Cafagna, and Gallo, V. 2014. Girdling, Gibberellic Acid, and Forchlofenuron: Effects on yield, quality, and metabolic profile of table grape cv Italia. *American Journal of Enology and Viticulture*, ajev-2014.

Fishel, F. 2012. Plant growth regulators. (Institute of Food and Agricultural Science (IFAS) extension PI-102), University of Florida. Florida, United State of America. 4p.

Gelmesa, D., A. Bekele and L. Desalegn. 2010, nov. Effects of gibberellic acid and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid spray on fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2 (10): 316-324.

Gelmesa, D., A. Bekele and L. Desalegn. 2012. Regulation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit setting and earliness by gibberellic acid and 2,4-dichlorophenoxy acetic acid application. *African Journal of Biotechnology*, 11(51): 11200-11206.

Gillaspy, G., Ben David, H. and Gruissem, W. 1993. Fruits: A Developmental Perspective. *Plant Cell*, 5: 1439-1451

González, M.; M. Brewer; C. Anderson; C. Sullivan; D. Gray and E. Van der Knaap. 2009. Tomato fruit shape analysis using morphometric and morphology attributes implemented in tomato analyzer software program. *American Society of Horticulture Science*, 134: 77-87.

Gorquet, B., A. Van Heusden and P. Lindhout. 2005. Parthenocarpic fruit development in tomato. *Plant Biology*, 7(2): 131-139.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2010. Información hortícola, publicación especial 2008-2009. 125p.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2012. Encuesta de superficie hortícola 2012. 13p.

Jupe, S.; D. Causton and I. Scott. 1988. Cellular basis of the effects of gibberellin and the pro gene on stem growth in tomato. *Planta*, 174(1):106-111.

Kader, A. 1975. USDA color chart. Postharvest technology center. University of California, Davis. California, USA. 1p.

Kinet, J. 1977. Effect of defoliation and growth substances on the development of the inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae*, 6: 27-35.

Marcelis, L. and L, Bann Hofman-Eijer, 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L.. *Annals of Botany*, 79: 687-693.

Marín, C. y R. Pihán. 2000. Producción de hortalizas de fruto bajo plástico. (Bol. N°32). Centro Regional de Investigación Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Temuco, Chile. 44p.

Martínez, J. 2012. Portainjertos: aumento de productividad y compromiso con el medio ambiente. *Redagícola*. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.redagricola.com/reportajes/hortalizas/portainjertos-aumento-de-productividad-y-compromiso-y-compromiso-en-el-medioam>> Consultado el: 24 de agosto de 2012.

Matsuo, S., K. kikuchi, M. Fukuda, I. Honda and S. Imanishi. 2012. Roles and regulation of cytokinins in tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany*, 63(15):5569-5579.

Molitor, D., Behr, M., Hoffmann, L., and Evers, D. 2012. Research Note: Benefits and Drawbacks of Pre-bloom Applications of Gibberellic Acid (GA3) for Stem Elongation in Sauvignon blanc. *South African Journal of Enology & Viticulture*, 33(2):198-202.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2012. Situación del tomate para consumo fresco 2012. (Inf. ODEPA). 6p.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2013. Situación del tomate para consumo fresco 2013. (Inf. ODEPA). 11p.

Oebker, N. and S. Satti. 1986. Effect of benzyladenine and gibberellin (GA_{4/7}) on flowering and fruit set of tomato under high temperature. *Acta Horticulturae*, 190:347-354.

Öpik, H and S. Rolfe. 2005. The physiology of flowering plants. [En línea.] 4 ed. Cambridge University Press. 84p. Recuperado en:http://khamphamoi.com/public/files/news/1354063401_1738795373.pdf Consultado el: 24 febrero de 2014.

Raban, E., Kaplunov, T., Zutahy, Y., Daus, A., Alchanatis, V., Ostrovsky, V., and Lichter, A. 2013. Rachis browning in four table grape cultivars as affected by growth regulators or packaging. Postharvest Biology and Technology, 84, 88-95.

Riquelme, F. 1995. Postcosecha del tomate para consumo en fresco (cap. 15, pp.590-623). En: Nuez, F. El cultivo del tomate. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 793p.

Serrani, J., A. Fos and J.L. García-Martínez. 2007. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv micro-tom of tomato. Journal of Plant Growth Regulation, 26: 211-221.

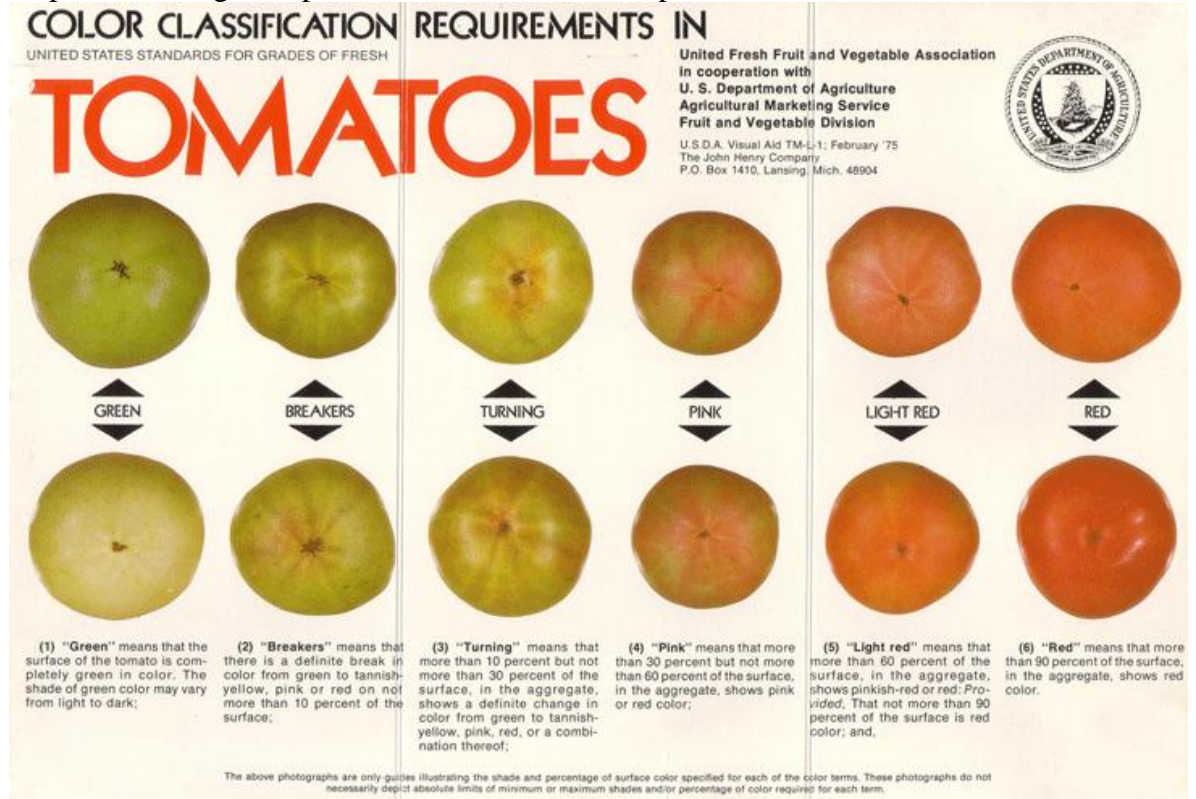
Serrani, J.; O. Ruíz, A. and J.L García-Martínez. 2008. Auxin-induced fruit-set in tomato is mediated in part by gibberellins. The plant journal, 56: 922-934.

Shiozaki, S., Sakurai, R., Hotta, M., and Ogata, T. 2014. Effects of BA and CPPU on polyamine content, setting and development of seedless grapes induced by gibberellin A3. Journal of Animal and Plant Sciences, 24(2), 567-572.

Tello, J. y J. Moral. 1995. Enfermedades no víricas del tomate (Cap. 13, pp: 524-563) En: Nuez, F. (Ed.). El cultivo del tomate. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 793p.

ANEXO I

“USDA color chart” (Tabla de colores del Departamento de Agricultura de Estados Unidos)
Al pie de la imagen se presenta la definición, en español, de cada estado de maduración.



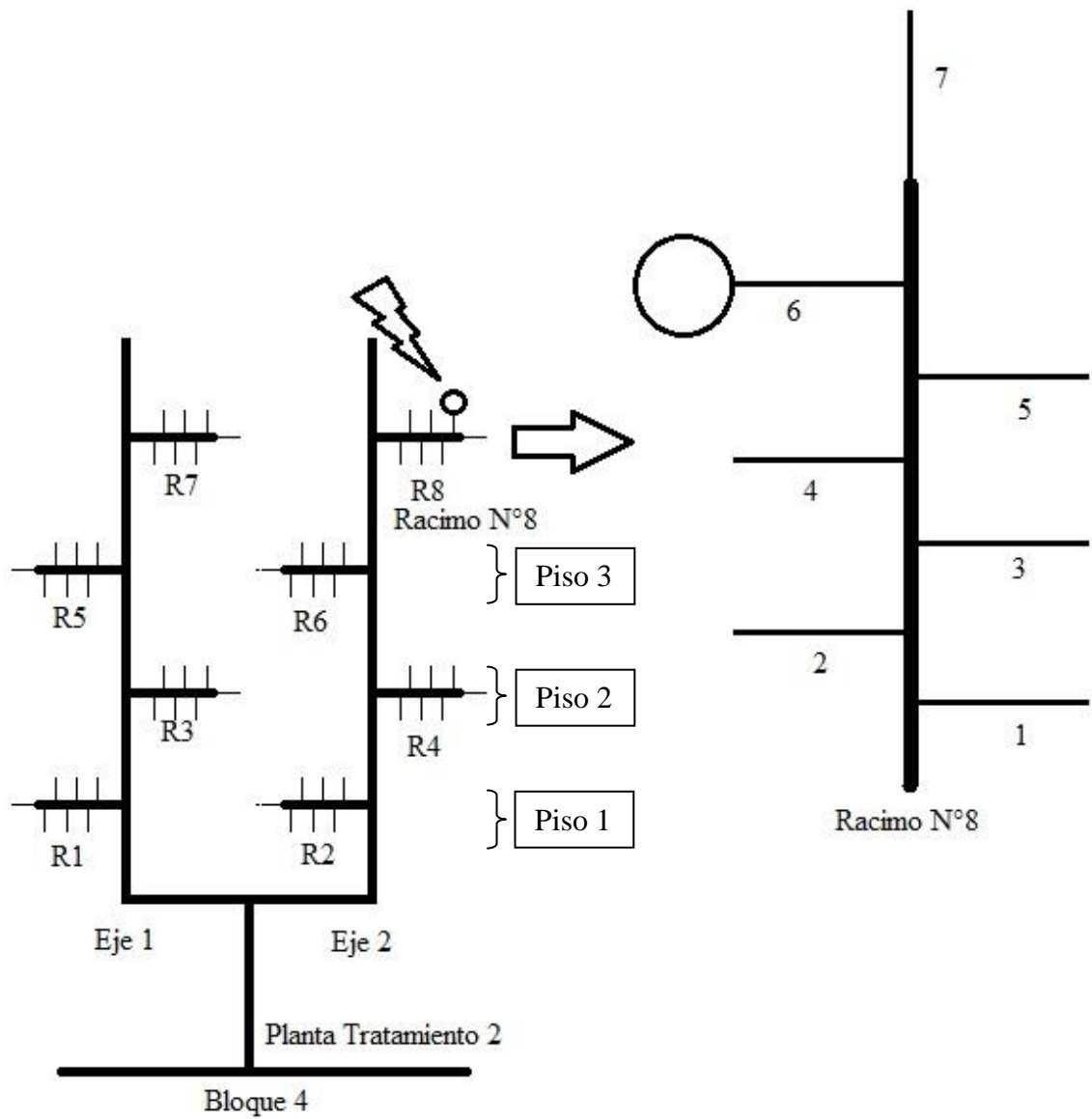
Definición de cada estado de maduración.

| Estado | Traducción | Descripción |
|-----------|-------------|--|
| Green | Verde | Totalmente verde, pero maduro |
| Breakers | Breaker | Aparición externa color rosa, rojo o amarillo, no más de 10% |
| Turning | Cambiando | Sobre 10%, pero menos de 30% rojo, rosa o amarillo |
| Pink | Rosado | Sobre 30%, pero menos de 60% rosado o rojo |
| Light-Red | Rojo ligero | Sobre 60%, pero menos de 90% rojo |
| Red | Rojo | Sobre 90%; deseable para consumo |

Fuente: Kader, 1978.

APÉNDICE I

Ejemplo de la codificación de los pisos productivos y de los racimos. Fruto marcado con rayo corresponde a B4T2R8.6 (Fruto ubicado en el bloque 4, tratamiento 2, racimo 8 y en la posición 6 del racimo). Notar que todos los racimos pares se encuentran en el eje par y viceversa.



APÉNDICE II

Intervalo de días entre las dos aplicaciones de un mismo racimo de tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador.

| Tratamientos | Intervalo de tiempo entre las dos aplicaciones del racimo | | | | |
|--------------|---|--------------|------------------------|--------------|---------------|
| | Racimo 1 | Racimo 2 | Racimo 3 N° de días | Racimo 4 | media ± D.E. |
| T0 | 6,0 | 16,6 | 15,4 | 20,1 | 14,5 ± 7,2 ns |
| T1 | 6,0 | 15,0 | 20,0 | 18,9 | 15,0 ± 5,9 ns |
| T2 | 6,0 | 15,0 | 21,5 | 20,5 | 15,8 ± 6,9 ns |
| T3 | 6,0 | 15,0 | 16,8 | 17,7 | 13,9 ± 5,3 ns |
| media ± D.E. | 6,0 ± 0,0 a | 15,4 ± 2,3 b | 18,4 ± 5,8 c | 19,3 ± 3,4 c | |

Se presenta la media ± D.E para cada tratamiento (sentido vertical) y para cada racimo (sentido horizontal). Promedios unidos por letras iguales, en sentido horizontal, indican diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos, según la prueba de Tukey (p-value ≥ 0,05). D.E.: desviación estándar. ns: no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

APÉNDICE III

Participación de los distintos calibres de frutos en cada tratamiento, expresado en porcentaje, de tomates cv. Fiorentino injertado sobre Emperador.

| Tratamiento | Factor GA ₃ | Factor BA | Calibre 1 | Calibre 2 | Calibre 3 | Calibre 4 |
|--------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | % | |
| T0 | 0 | 0 | 12,8 | 67,6 | 14,9 | 4,7 |
| T1 | 10 | 0 | 33,1 | 52,0 | 13,5 | 1,4 |
| T2 | 0 | 15 | 7,0 | 66,2 | 23,9 | 2,8 |
| T3 | 10 | 15 | 25,2 | 54,7 | 16,6 | 3,6 |
| Porcentaje del total de cada calibre | | | 19,5 | 60,1 | 17,2 | 3,1 |

Calibre 1: 0-40 g, Calibre 2: 41 a 80 g, Calibre 3: 81 a 120 g y Calibre 4: > 120 g.