

# **EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTA EN FRAMBUESO (*Rubus idaeus* L.) BAJO DOS PROGRAMAS DE FERTIRRIGACIÓN**

**Celerino Quezada,<sup>1</sup> Iván Vidal,<sup>1</sup> Luis Lemus,<sup>2</sup> Héctor Sánchez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Suelos y Recursos Naturales. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Casilla 537, Chillán. Correspondencia: cequezada@udec.cl

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía. Universidad Adventista de Chile, Casilla 7-D, Chillán

<sup>3</sup>Q.E.P.D. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía

**Effect of nitrogen fertilization on yield and fruit quality of raspberries (*Rubus idaeus* L.) under two fertigation programs**

**Key words:** drip irrigation, nitrogen rate, raspberries

## **ABSTRACT**

The aim of the study was to present the effect of nitrogen fertilization on the yield and the fruit quality in raspberries (*Rubus idaeus* L.) cv. Heritage, submitted to drip irrigation. The field experiment was carried out on a silt loam soil (Typic Melanoxerands) during the growing season 2002-2003 in an second-year old orchard. Urea fertilizer was applied with the irrigation under two fertigation programs: permanent (doses fractioned 43 times) and single (doses applied at the beginning of growing season). The nitrogen rate applied in both systems was 0, 25, 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup>. The single fertigation with 100 kg ha<sup>-1</sup> rate was the best treatment in yield and volume of exportable fruit, while the permanent fertigation with the same rate presented the highest fruit weight and diameter, as the smaller incidence of dropping and white drupelets. A clear response to the permanent fertigation is not presented, but with the increasing of the nitrogen rate is observed a positive effect in the majority of the evaluated parameters.

**Palabras Claves :** riego por goteo, dosis de nitrógeno, frambuesas

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de frutos de frambuesas (*Rubus idaeus* L.) cv. Heritage . El experimento de campo se realizó durante la temporada 2002-2003 en un suelo franco limoso (Typic Melanoxerands) , en un huerto de dos años regado por goteo. Se aplicaron tres dosis de nitrógeno en la forma de urea equivalentes a 25, 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup> mediante dos frecuencias de fertirrigación : permanente (FP) y única (FU), además de un testigo sin aplicación. La FP fue aplicada durante toda la temporada en cada riego (43 parcialidades), y la FU se aplicó al inicio de la temporada en noviembre. La dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> aplicada como FU resultó ser el mejor tratamiento tanto en rendimiento como en volumen de fruta exportable , mientras que el tratamiento con FP a igual dosis de nitrógeno presentó el mayor peso y calibre de fruto, así como la menor incidencia de desgrane y albinismo. No se presentó una clara respuesta a la fertirrigación permanente, pero a dosis crecientes de nitrógeno se observó un efecto positivo en la mayoría de los parámetros evaluados.

## INTRODUCCIÓN

La Asociación Gremial de Exportadores de Productos Congelados estima la superficie plantada con frambuesos (*Rubus idaeus* L.) en Chile en 5.500 ha, entre las Regiones IV a la XII, la que se concentra en la VII y VIII Regiones , con aproximadamente el 70% de la producción nacional. El rendimiento promedio nacional es cerca de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> (FIA, 2002). La principal variedad cultivada en Chile es la Heritage del tipo remontante , que ocupa el 80 % de la superficie total (Bañados *et al.*, 2002). Las variedades de frambuesa se agrupan de acuerdo al hábito de fructificación en: remontantes y no remontantes. Las primeras fructifican dos veces en el año agrícola, iniciando su primera producción a fines de noviembre o principio de diciembre, y su segunda producción entre enero y marzo . El grupo de las no remontantes tiene una sola producción en la temporada, entre fines de diciembre y mediados de enero. El nitrógeno es uno de los nutrientes que tiene una mayor incidencia en el rendimiento y calidad de frambuesas, promoviendo un

mayor crecimiento de la caña, más nudos en floración por caña y aumenta la floración por unidad de crecimiento vegetativo (Lockshin and Elfving, 1981). Sin embargo, el exceso de nitrógeno incide en la calidad, crecimiento de los frutos y la intensidad del color, disminuyendo el contenido de azúcares y aromas, modificando el sabor, textura, y disminuyendo el período de almacenamiento, tornando el fruto acuoso (Gudenschwager, 1990). Dado que Chile ha llegado a ser un importante exportador de frambuesas al hemisferio norte, por las ventajas de producir en contraestación, los aspectos de calidad deben ser cuidados. La calidad de la fruta es modificada por muchos factores, incluyendo clima, manejo de agua y nutrientes, plagas y enfermedades, la presencia de biorreguladores endógenos y la genética de la planta (Hall and Stephens, 1999). Los parámetros exigidos para exportación en fresco se refieren a la calidad sanitaria y calibre, existiendo cierto grado de tolerancia para defectos como desgrane, albinismo o golpe de sol. La determinación

del calibre se realiza según las normas de exportación de EE.UU. para fruta fresca; se considera calibre bajo si la copa/clamshell presenta un número mayor a 105 frutos, calibre mediano entre 80 a 105 y calibre grande si es menor a 80 frutos.

El manejo adecuado del agua permite mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y de los procesos fisiológicos de la planta. En este sentido, el riego por goteo puede ser fácilmente usado para fertirrigación, ya que mediante este sistema los requerimientos nutricionales del cultivo pueden ser satisfechos en forma precisa. El nivel de manejo de la fertirrigación para obtener altos rendimientos y calidad del cultivo es superior al de cualquier otro método de riego (Li *et al.*, 2003).

El requerimiento de agua de un huerto de segunda temporada alcanza  $4.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , siendo los períodos críticos en la aplicación del riego la floración y el crecimiento del fruto (Holzapfel, 1994). Por su parte, Rolbiecki *et al.*, (2002) no encontró diferencias significativas al comparar riego por goteo y microaspersión en relación a la altura de la planta, rendimiento exportable y peso del fruto en frambuesa cv. 'Polana', pero si una mayor eficiencia de uso del agua en riego por goteo.

Los fertilizantes tienen un gran efecto en el rendimiento y cuando se aplican en combinación con el agua de riego, puede encontrarse una interacción positiva que causa un impacto mayor sobre el rendimiento y calidad del producto (Zapata, 1990). Si la disponibilidad de nutrientes en el suelo es suficiente para satisfacer los requerimientos del cultivo, la aplicación de fertilizantes podría aumentar las pérdidas de nutrientes y la polución del ecosistema. Evaluar la demanda del cultivo y la dinámica de absorción de nutrientes es de gran importancia para determinar la fertilización de los cultivos. Esto permitiría la

sincronización entre aplicación y la demanda, lo que se puede lograr mediante la fertirrigación (Tagliavini *et al.*, 2004). La respuesta del cultivo a la frecuencia de fertirrigación es probablemente dependiente de la textura del suelo y del manejo del riego (Thompson *et al.*, 2003).

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia de la dosis de fertilización nitrogenada aplicada a través de dos frecuencias de fertirrigación sobre el rendimiento y calidad de fruta de frambuesa cv. Heritage de segunda temporada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la temporada 2002-2003 en la Estación Experimental "El Nogal" de la Universidad de Concepción, Campus Chillán (36° 34' Latitud Sur; 72° 23' Longitud Oeste, altitud 144 m.s.n.m), comuna de Chillán, Octava Región, Chile. El ensayo consistió en cinco hileras de 25 m cada una, más dos hileras borde plantadas con marco de plantación de 3 metros entre hileras y 30 cm sobre la hilera. El cultivar usado fue Heritage de segunda temporada. Cada unidad experimental estuvo formada por 5 m de largo con 15 vástagos por metro lineal correspondientes a cañas y retoños. Todas las medidas y determinaciones se hicieron en el metro central de cada unidad experimental.

El clima de la zona es del tipo mediterráneo marino, con una precipitación media anual de 1000 a 1300 mm y temperatura media de 13.5 a 14.0 °C. La suma térmica base 5 °C es superior a 310 °C y las horas frío son del orden de 1,400. La evapotranspiración potencial anual es 846 mm, de los cuales, 550 mm corresponden a los meses entre diciembre y marzo (Del Pozo y Del Canto, 1999). El suelo donde se ubicó el ensayo pertenece a la serie Diguillín (Typic

Melanoxerands), de clase textural franco limoso. Las características del suelo son: materia orgánica 5,77 %; N-NO<sub>3</sub> 10,5 ppm; P-Olsen 12,6 ppm; K disponible 203 ppm; densidad aparente 1,18 g cm<sup>-3</sup>; capacidad de campo 37,7% y punto de marchitez permanente 23,5%.

El sistema de riego utilizado fue por goteo, con una cinta lateral por hilera de polietileno de 16 mm, con emisores a 30 cm y caudal de 2 L h<sup>-1</sup> a presión nominal de 10 metros de columna de agua (m.c.a.). El agua se captó desde un pozo noria, mediante una electrobomba de 0.5 HP (Pedrollo, PKm 60, Italia). El cabezal de riego estuvo formado, además por un sistema de inyección por succión positiva. Para fertirrigar cada tratamiento se instalaron válvulas sectoriales de uso manual. La evapotranspiración del cultivo se estimó por el método del evaporímetro de bandeja clase A (Allen *et al.*, 1998) utilizando un coeficiente de bandeja de 0,8 y el coeficiente de cultivo. La frecuencia de riego fluctuó entre 2 a 3 días y el tiempo de riego entre 2 a 6 horas. El monitoreo de la humedad en el bulbo se realizó con tensiómetros (Irrometer, Riverside, California) ubicados a 20 y 45 cm de profundidad, y a 20 cm de distancia y en forma perpendicular a la línea de goteo.

El estudio consistió en la aplicación de tres dosis de nitrógeno en la forma de urea equivalentes a 25, 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup> mediante dos frecuencias de fertirrigación: permanente (FP) y única (FU), además de un testigo sin fertilización nitrogenada. La FP fue aplicada durante toda la temporada en cada riego (43 parcialidades), y la FU se aplicó al inicio de la temporada el 15 de noviembre del 2002. El comienzo tardío del riego y de los tratamientos se debió a la primavera lluviosa. El ensayo se dispuso en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones y siete tratamientos. Los tratamientos aplicados fueron: FP25, 25 kg N ha<sup>-1</sup>; FP50, 50 kg N ha<sup>-1</sup>;

FP100, 100 kg N ha<sup>-1</sup>; FU25, 25 kg N ha<sup>-1</sup>; FU50, 50 kg N ha<sup>-1</sup>; FU100, 100 kg N ha<sup>-1</sup> y un testigo.

La evaluación del rendimiento y de la calidad de la fruta se inició en enero de 2003 y se prolongó hasta la última cosecha de abril, realizándose un total de 16 evaluaciones. La evaluación de calidad se hizo sólo en la fruta producida de la segunda floración, debido a que ésta alcanzó el calibre requerido para exportación. Se evaluó el rendimiento total de fruta sobre cañas y sobre retoños y la producción exportable y porcentaje de exportación en fresco. El calibre de fruto se midió por el número de frutos por pocillo y el peso promedio de frutos se obtuvo de una muestra al azar de 100 frutos. El porcentaje de desgrane y de albinismo se evaluó cuando afectó a más de dos drupéolos por fruto. Entre los parámetros de calidad se evaluó sólidos solubles y acidez titulable. Para sólidos solubles se tomaron seis frutos escogidos al azar, descartándose el fruto más maduro y el menos maduro. Los cuatro frutos restantes se maceraron y en el jugo se determinó sólidos solubles expresados en grados Brix. Esta determinación se realizó mediante lectura de refractómetro a 20 °C. Se utilizó el promedio de 16 evaluaciones para el análisis estadístico. La medición de la acidez titulable se realizó mediante potenciómetro. Se maceraron frutos de frambuesa hasta obtener 5 mL de jugo, a los que se les adicionó agua destilada para proceder luego a su titulación con NaOH 0,1 molar. Se determinó el punto de equivalencia y luego la acidez total del jugo. El resultado así obtenido se expresó en gramos de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 100 mL.

Las variables medidas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA) por medio del programa estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1990) y para separar las medias se usó el test de diferencias mínimas significativas (DMS). El nivel de confianza usado para ambas pruebas fue de un 95%.

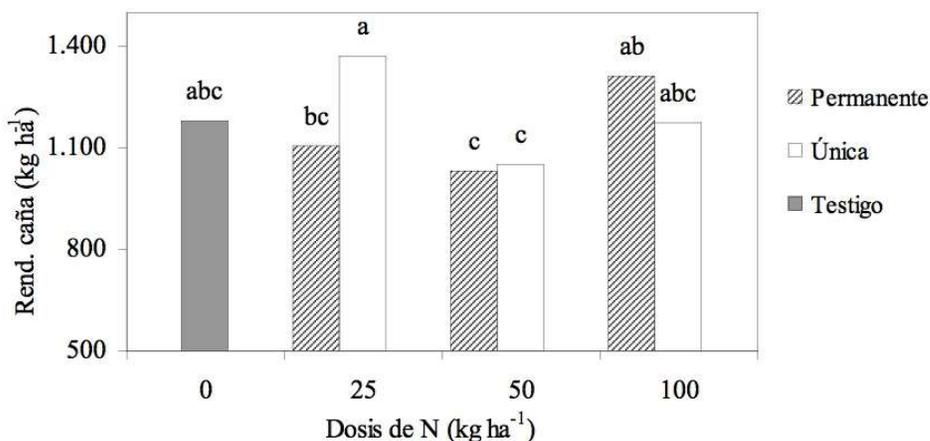
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen de agua aplicado fue de 4.750 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> distribuido en 47 aplicaciones. Holzapfel, (1994) encontró que el requerimiento de riego para frambueso cv. Heritage de segunda temporada en Chillán era de 4.500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, cifra muy similar a lo determinado en este estudio.

El rendimiento se evaluó en relación a tres componentes, rendimiento de fruta sobre caña, rendimiento sobre retoño y rendimiento total. En la variedad Heritage sólo resulta relevante, para exportación en fresco, la producción sobre retoño. La producción en cañas se descarta debido

a su bajo calibre, en comparación con las variedades no remontantes, que son las que predominan en las exportaciones al inicio de la temporada.

La producción sobre cañas se inició los primeros días de diciembre, prolongándose hasta fines de enero, y no mostró ninguna tendencia en relación a la dosis ni a la frecuencia de fertirrigación (Figura 1), debido a que a periodo vegetativo es relativamente corto, donde la fertilización realizada a principios de temporada no ejercería un efecto importante en el rendimiento.

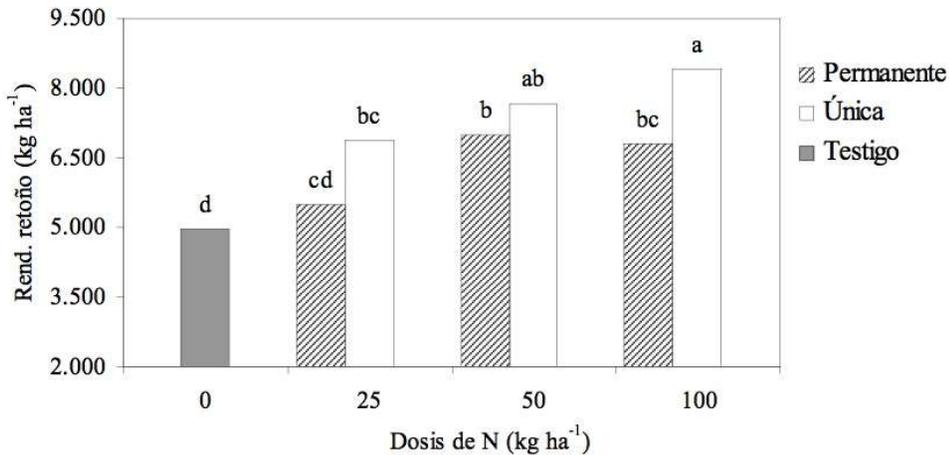


**Figura 1.** Rendimiento de cosecha de caña (Rend. caña) en frambuesas cv. Heritage de dos años sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 1.** Cane yield (Rend. caña) in raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

La producción sobre retoño se inició a mediados de enero prolongándose hasta los últimos días de abril, produciéndose un período de traslape entre ambas producciones. La cosecha sobre retoño presentó una respuesta creciente en relación a la dosis de fertilizante aplicado (Figura

2). El tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado en dosis única presentó diferencias significativas con los demás tratamientos ( $p \leq 0,05$ ). El testigo presentó diferencias significativas con todos los tratamientos, excepto con la dosis de 25 kg ha<sup>-1</sup> con fertirrigación permanente.

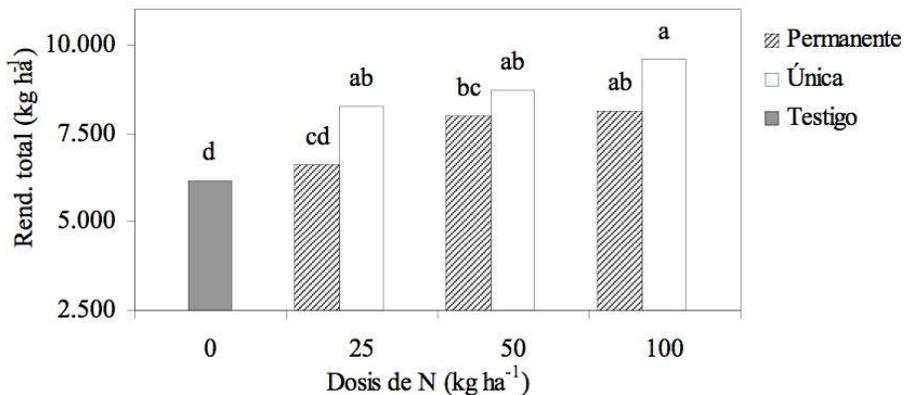


**Figura 2.** Rendimiento sobre retoño en frambuesas (Rend. retoño) cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 2.** Shoot yield (Rend. retoño in raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

El rendimiento total muestra un comportamiento similar que el presentado por el rendimiento sobre retoño, presentando un aumento creciente de acuerdo a la dosis de fertilización nitrogenada, con diferencias

significativas ( $p \leq 0.05$ ) en todos los tratamientos con respecto al testigo, excepto el tratamiento de 25 kg N ha<sup>-1</sup> con fertirrigación permanente. (Figura 3).



**Figura 3.** Rendimiento total (Rend. total) en frambuesas cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 3.** Total yield in raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

Con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y fertirrigación única, se obtuvo una tasa de incremento de 34 kg de fruto por kilogramo de nitrógeno aplicado, mientras que para la dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup> el incremento fue de 50 kg, alcanzando la mayor tasa la dosis de 25 kg ha<sup>-1</sup> con 81 kg. Estas tasas fueron muy superiores a las obtenidas por Salvatierra y Ortega (1992), quienes registraron un incremento de 24 kg de fruto por kilogramo de N aplicado, para una dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> aplicada sobre la hilera en dos parcialidades iguales. Esta mayor tasa podría explicarse por la mayor eficiencia en la aplicación de nutrientes que presenta la fertirrigación con respecto a un sistema de aplicación tradicional, aunque también puede asociarse con la cantidad de N que el suelo aporta.

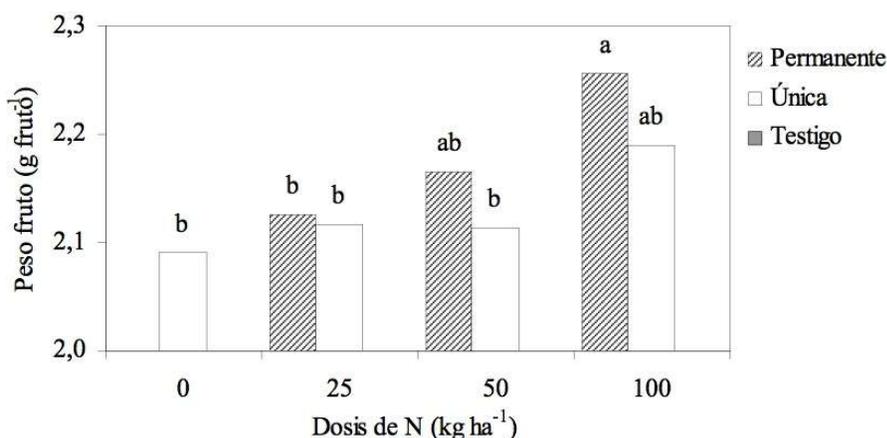
En ambos programas de fertirrigación el rendimiento de frambuesas es mayor en fertirrigación única (FU), ya que la planta tiene la totalidad de la dosis al inicio de la temporada y absorberá nitrógeno de dos

fuentes (del suelo y de la dosis de fertilización completa). Al respecto, Zapata (1990) expresó que cuando una planta dispone de dos fuentes para su nutrición, absorberá de cada una de ellas en proporción directa a la cantidad disponible. Esto también estaría asociado con una mayor eficiencia de uso del nitrógeno, ya que se debe considerar que la fertirrigación disminuye la lixiviación de nitratos y la volatilización al aplicar la urea disuelta en agua. Sin embargo, Thompson *et al.* (2003) no encontraron efectos significativos al aplicar N con frecuencias de fertirrigación de 1, 7, 14 y 28 días en brócoli (*Brassica oleracea L. Italica*) tanto en el rendimiento exportable como en la calidad, y estimaron que la respuesta del cultivo a la frecuencia de fertirrigación está más asociada a suelos de textura gruesa que a suelos de texturas finas. En este mismo sentido, Cook y Sanders (1991) determinaron que el riego es una forma efectiva de aplicar N y que las aplicaciones frecuentes son más beneficiosas

en suelos arenosos y bajos en materia orgánica, ya que en suelos arcillosos donde no tuvieron influencia en los rendimientos de tomate.

En la Figura 4 se observa que a mayor dosis de fertilización el peso promedio del fruto se incrementó. Este resultado coincide con la evaluación realizada por Camaño (1993), quien registró un incremento del peso promedio del fruto de hasta 2,64g,

cuando aplicó 240 kg de N ha<sup>-1</sup>. De igual forma, Gudenschwager (1990) reportó que la fertilización nitrogenada incrementó los pesos promedios de los frutos. Por su parte, Heiberg (2002) en la variedad Veten encontró que las dosis 38; 133 y 178 kg N ha<sup>-1</sup> no tuvieron efecto sobre el rendimiento, pero sí un efecto significativo sobre el tamaño del fruto.



**Figura 4.** Peso promedio del fruto en frambuesas cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

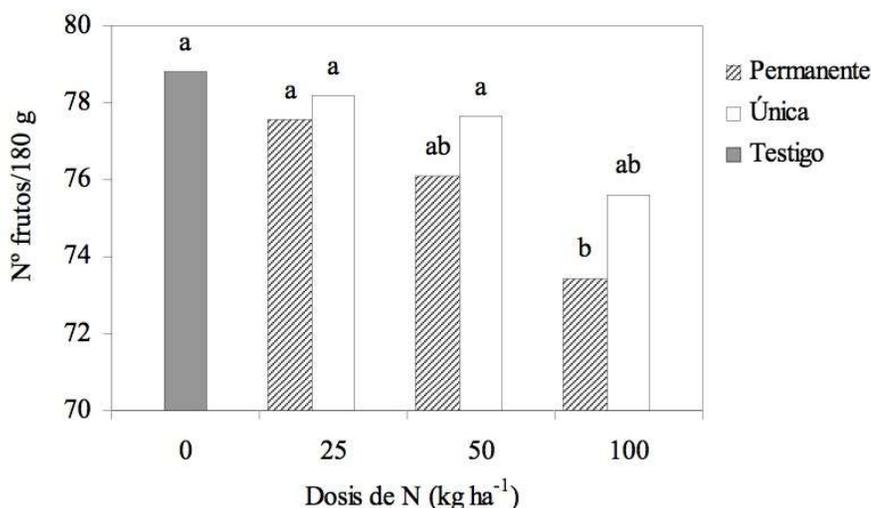
**Figure 4.** Fruit average weight in raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

Los mayores incrementos se lograron con el tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> con fertirrigación permanente. Además, este tratamiento presentó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con los tratamientos de 25 kg ha<sup>-1</sup> y 50 kg ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación única, y con el testigo. La fertilización nitrogenada incidió sobre el calibre de la fruta, como lo muestra la Figura 5. Con la máxima dosis de N (100 kg ha<sup>-1</sup>) y fertirrigación permanente el calibre alcanzó a 73,4 frutos por copa/clamshell o por 180 g, lo que es considerado calibre grande. El calibre es un parámetro que está relacionado con el peso promedio del fruto, esto explica que ambos parámetros presenten

los mismos resultados, alcanzando el tratamiento de fertirrigación permanente de 100 kg ha<sup>-1</sup> diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con los tratamientos de 25 kg ha<sup>-1</sup> bajo ambas modalidades de fertirrigación, con 50 kg ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación única y con el testigo. Llama la atención que el mayor rendimiento se obtenga con fertirrigación única por una mayor disponibilidad de nitrógeno (Zapata, 1990), pero que los parámetros de calidad se obtengan con fertirrigación permanente. Esto podría explicarse porque la alta frecuencia de aplicación permite responder en forma más oportuna y precisa a los requerimientos nutricionales para cada etapa

fenológica del cultivo y lograr una mejor distribución de la aplicación de nitrógeno durante la temporada ( Gurovich, 2000 ). Sin embargo, tanto el peso promedio del fruto como el calibre no presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para

igual dosis de nitrógeno aplicada mediante los dos programas de fertirrigación. Al respecto, muy pocas investigaciones han demostrado el beneficio de la fertirrigación frecuente en relación a fertirrigación de menor frecuencia ( Thompson *et.al.*,2003)

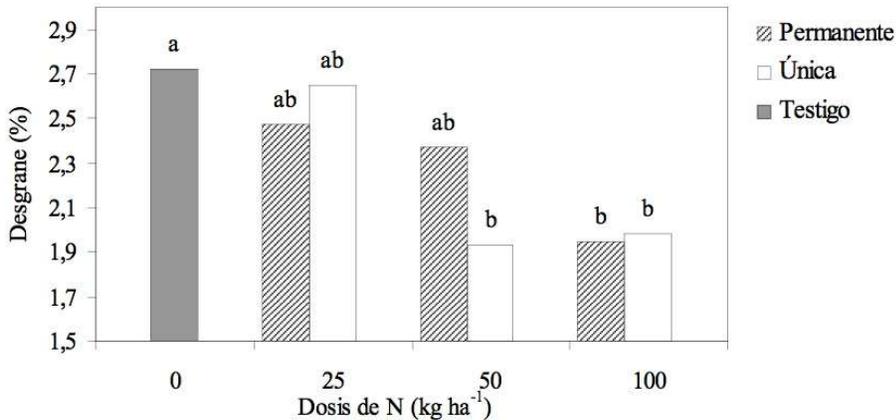


**Figura 5.** Calibre de fruta de frambuesas cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 5.** Size fruit of raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

El desgrane está relacionado con la firmeza que presenta el fruto al momento de la cosecha, la que es dependiente de la variedad y de las características morfológicas de fruto (Robbins y Moore, 1991). En la Figura 6 se observa que el porcentaje de desgrane de la fruta disminuyó cuando aumentó el nivel de fertilización nitrogenada, de 2,7 % en el testigo a 2,0% con dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Dosis mayores en ambas modalidades de fertirrigación y la dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación única presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con el testigo, pero no difieren estadísticamente con el resto de los tratamientos ni entre ellos. Según Bañados(2002) Heritage es un cultivar cuyo

fruto es muy fácil de remover del receptáculo en los primeros estados de madurez. Estos resultados no concuerdan con Mukkun *et al.* (2001) quienes indicaron que el aumento de las dosis de nitrógeno reduce significativamente la firmeza del fruto. En cambio, Soto (2006) determinó que la fertirrigación con dosis crecientes de nitrógeno entre 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> no tuvo efecto significativo en el desgrane de Heritage y muestra una tendencia a disminuir. Sin embargo, la firmeza del fruto puede estar influenciada por factores no nutricionales, como las condiciones climáticas y estado hídrico del fruto al momento de la cosecha (Robbins y Moore, 1991).

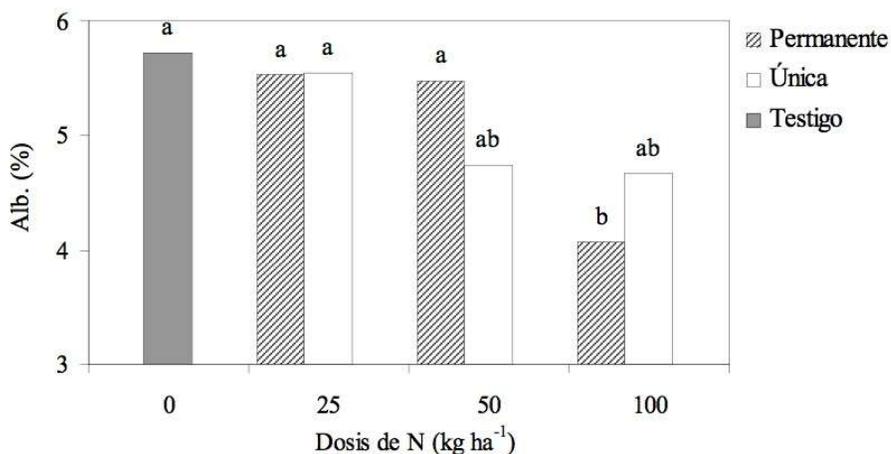


**Figura 6.** Porcentaje de desgrane en frambuesas cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 6.** Shelling percentage in raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

En la Figura 7 se presenta el efecto del N sobre el albinismo, daño solar causado por combinación de exposición del fruto a altas temperaturas y radiación ultravioleta (Ellis *et al.*, 1991) el que muestra una tendencia a disminuir con el aumento de la dosis aplicada. La dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> aplicada como fertirrigación permanente presentó la más baja incidencia de este defecto, con un 4 %, siendo significativamente distinta ( $p \leq 0,05$ ) con el testigo, con la dosis de 25 kg N ha<sup>-1</sup> bajo las dos modalidades de fertirrigación y con 50 kg N ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación permanente. Esto estaría

asociado con un mayor desarrollo del follaje, que protege los frutos de la radiación solar y de las altas temperaturas, ya que Renquist (1989) encontró un apreciable daño a temperaturas de 42 °C y superiores con 4 o más horas de radiación ultravioleta. Los resultados para sólidos solubles (SS) y acidez se muestran en el Cuadro 1. Para todas las dosis de nitrógeno aplicadas la fertirrigación permanente presentó un contenido menor de sólidos solubles en comparación a los valores alcanzados por fertirrigación única, siendo estas diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los tratamientos



**Figura 7.** Porcentaje de albinismo (Alb.) en frutos de frambuesas cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 7.** White drupelet disorder percentage (Alb.) in raspberries fruits cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

con 25 y 100 kg N ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación permanente respecto a fertirrigación única para las mismas dosis. Esta tendencia de aumento de los SS en la modalidad de fertirrigación única respecto a la permanente, podría estar asociada a una menor absorción de nitrógeno por el sistema radicular que se concentra en los primeros 20 cm, como producto de una acumulación del nitrato en los límites del bulbo húmedo y una lixiviación de nitratos durante el proceso de aplicación de la solución. Li *et al.* (2003) encontró que la acumulación de nitrato aumenta significativamente cuando la distancia radial desde el punto de aplicación excede los 20 cm causada por la acumulación de nitrato hacia la zona del frente húmedo.

Estos resultados no presentan un efecto

de la dosis de nitrógeno, y no son concordantes con los obtenidos por Salvatierra y Ortega (1983), quienes señalan que los sólidos solubles disminuyeron con la aplicación de nitrógeno en dosis de hasta 240 kg N ha<sup>-1</sup> en ausencia de fósforo. Por su parte, Gudenschwager (1990), y Caamaño (1993) señalan que la fertilización nitrogenada disminuyó los valores de SS, probablemente por una mayor competencia por fotosintatos entre los frutos y por una disminución de la materia seca en la planta, lo que hace más diluido el contenido de solutos a nivel celular. Kongsrud and Ness (1999) determinaron que el contenido de sólidos solubles no presentó efectos significativos y fue poco afectado por las diferentes dosis y métodos de fertilización NPK.

La acidez total obtenida bajo las condiciones de este ensayo no presentó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para ninguno de los tratamientos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Sólidos solubles y acidez de fruta de retoños en frambuesas cv. Heritage bajo dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N de 0, 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup>.

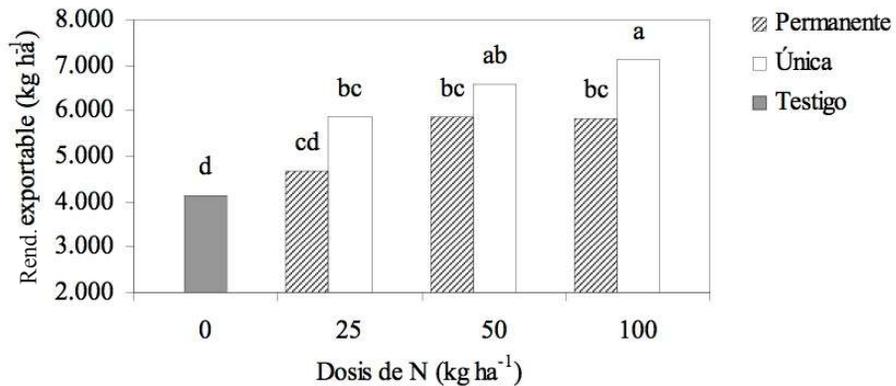
**Table 1.** Soluble solids and fruit acidity of raspberries shoots permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates 0, 25, 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup>).

Tratamientos	SS (° Brix)	Acidez g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /100 ml	Relación SS/Acidez
Testigo	11,00 ab	1,59 a	6,90 ab
FP25	10,57 bc	1,59 a	6,67 b
FP50	11,03 a	1,58 a	6,95 ab
FP100	10,46 c	1,57 a	6,66 b
FU25	11,36 a	1,60 a	7,13 a
FU50	11,20 a	1,60 a	6,99 ab
FU100	11,03 a	1,56 a	7,08 a

La Figura 8 muestra la cantidad de fruta exportable en fresco. La fertilización nitrogenada produjo un considerable incremento en el volumen de fruta exportable, alcanzando el tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N y fertirrigación única, un volumen de exportación de 7.150 kg ha<sup>-1</sup>, en contraste con el testigo que produjo 4.180 kg ha<sup>-1</sup> de fruta. El tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación única, presentó diferencias significativas con todos los tratamientos, excepto con 50 kg ha<sup>-1</sup> bajo la misma modalidad de fertirrigación. Todos los tratamientos, excepto el de

25 kg ha<sup>-1</sup> bajo fertirrigación permanente, presentaron diferencias significativas con el testigo ( $p \leq 0.05$ ).

La fertilización nitrogenada incrementó significativamente ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de exportación en fresco con respecto al testigo, para todos los niveles de fertilización. Se produjo un sostenido incremento en el porcentaje de exportación en fresco a mayores dosis de N aplicada en ambas modalidades de fertirrigación, alcanzando un máximo de 75,6 % el tratamiento bajo fertirrigación única y dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup> promedio del fruto



**Figura 8.** Rendimiento exportable (Rend. exportable) en fresco en frambuesas cv. Heritage de dos años, sometido a dos programas de fertirrigación permanente (43 parcializaciones de N) y fertirrigación única (todo el N a inicio de temporada) para cuatro dosis de N.

**Figure 8.** Fresh exportable yield in raspberries cv. Heritage two years old under permanent fertigation (43 N applications) and single fertigation (all N at the beginning of the season) for four N rates.

## CONCLUSIONES

La dosis de nitrógeno y la modalidad de fertirrigación tuvieron influencia positiva tanto en el rendimiento como en parámetros de calidad para la exportación en fresco de frutos de frambuesa.

La fertirrigación permanente ejerció un impacto positivo en el calibre, peso y porcentaje de albinismo, en comparación con fertirrigación única.

El mayor rendimiento total y rendimiento sobre retoños se obtuvo con una dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> y fertirrigación única

En suelos con buen nivel de fertilidad natural la fertirrigación permanente no tiene un impacto relevante sobre el rendimiento, siendo más importante el método de riego y el control de la humedad del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción a través del Proyecto DIUC N° 203.123.006-1.0.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R., L. D. PEREIRA, D. RAES, and M. SMITH. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing water requirements. 300 p. Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- BAÑADOS, M.P., J.P ZOFFOLI, A. SOTO and J. GONZÁLEZ. 2002. Fruit firmness and fruit retention strength in raspberry cultivars in Chile. *Acta Horticulturae*. 585(2):489-493
- COOK, W. P. and D. C. SANDERS. 1991. Nitrogen application frequency for drip-irrigated tomatoes. *Hort Science* 26(3): 250-252
- CAAMAÑO, S. 1993. Comportamiento del frambueso rojo *Rubus idaeus L. cv. Heritage* bajo distintos regímenes hídricos y niveles variables de fertilización nitrogenada. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. 104 p.
- DEL POZO, A. y P. DEL CANTO. 1999. Areas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII regiones. Serie Quilamapu N° 113. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile. 116 p.
- ELLIS, M. A., R.H. CONVERSE, R. N. WILLIAMS and B. WILLIAMSON. 1991. Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 100 p.
- FIA. 2002. Estrategias de innovación agraria para producción de berries. Ministerio de Agricultura, Fondo de Innovación Agraria, Santiago, Chile. 65 p.
- GUDENSCHWAGER, C. 1990. Influencia de distintos niveles de fertilización nitrogenada y cargas de agua en el cultivo de la frambuesa *Rubus idaeus L.*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. 86 p.
- GUROVICH, L. 2000. Manejo del agua y la nutrición en las variedades nuevas de frambuesas. Seminario Frambuesas en Chile: Variedades y Manejo de Huertos. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. p.46-56
- HALL, H.K. and JO STEPHENS, M. 1999. Fruit firmness in raspberries. *Acta Horticulturae*. 505:93-99
- HEIBERG, N. 2002. Effect of vegetation control and nitrogen fertilization in red raspberry. *Acta Horticulturae* 2 (585): 579 – 583.
- HOLZAPFEL, E. 1994. Efecto del nivel de agua aplicado y la frecuencia del riego en el desarrollo y producción de frambuesos de un año. *Agro-Ciencia (Chile)* 10( 1):51-56.
- KONGSRUD, K.L. and A. NESS. 1999. Effects of fertigation of the black currant cultivar "Ben Tron" (*Ribes nigrum L.*). *Acta Horticulturae*. 505: 409-413
- LI, J., J.ZHANG and L. REN. 2003. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. *Irrigation Science* 22:19-30
- LOCKSHIN, L.S. and D.C. ELFVING. 1981. Flowering response of "Heritage" red raspberry to temperature and nitrogen. *HortScience* 16(4):527-528

- MUKKUN, L., Z. SINGH and D. PHILLIPS. 2001. Nitrogen nutrition affects fruit firmness, quality and shelf life of strawberry. *Acta Horticulturae* 553(1):69-71
- RENQUIST, A. R., H. G. HUGHES and M. K. ROGOYSKI. 1989. Combined high temperature and ultraviolet radiation injury of red raspberry fruit. *HortScience*. 24(4): 597-599.
- ROBBINS, JO ANN and PATRICK P. MOORE. 1991. Fruit morphology and fruit strength in a seedling population of red raspberry. *HortScience* 26(3): 294-295
- ROLBIECKI, S., R. ROLBIECKI and C. RZCKANOWSKI. 2002. Effect of micro-irrigation on the growth and yield of raspberry (*Rubus idaeus L.*) cv. 'Polanà grown in very light soil. *Acta Horticulturae* 585: 653-657
- SALVATIERRA, M. A. y R. ORTEGA. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de frambuesa (*Rubus idaeus L.*) cv. Heritage. *Agric. Téc. (Chile)* 53(1): 1- 8
- SAS INSTITUTE. 1990. SAS/STAT user's guide: statistics, Versión 6. 4<sup>th</sup> ed. SAS Insitute., Cary, North Carolina, USA.
- SOTO, F. 2006. Incidencia de la dosis de nitrógeno aplicada por fertirrigación sobre el rendimiento, parámetros vegetativos y calidad en frambueso (*Rubus idaeus L.*). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Chillán, Chile 30 p.
- TAGLIAVINI, M., E. BALDE, R. NESTBY, C. RAYNAL-LACROIX, P. LIETEN, T. SALO, D. PIVOT, P.L. LUCCHI, G. BARUZZI and W. FAEDI. 2003. Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. *Acta Horticulturae* 22: 197-200.
- THOMPSON, T.L., S. A. WHITE, J. WALWORTH and G. J. SOWE. 2003. Fertigation frequency for subsurface drip-irrigated broccoli. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:910-918
- ZAPATA, F. 1990. Técnicas isotópicas en estudio sobre fertilidad del suelo y nutrición de las plantas. *In: Hardarson G. (ed.), Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo planta. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, Austria, pp. 61-128.*