

Proyecto integral del granado: resultados en fertirrigación

J. Bartual¹, F. Pomares², L. Bonet³, E. Nicolás⁴, P. Ferrer³, J.J. Alarcón⁴, B. Perez⁵, L. Palou⁵ y D.S. Intrigliolo²

¹ Estación Experimental Agraria de Elche (IVIA)

² Centro para el Desarrollo de Agricultura Sostenible (IVIA)

³ Servicio de Tecnología del Riego (IVIA)

⁴ Departamento de Riego (CEBAS-CSIC)

⁵ Centro de Tecnología Postcosecha (IVIA)

1. Resumen

Este artículo muestra las actividades que se desarrollan dentro del Proyecto Integral del Granado financiado por la Consellería de Agricultura de la Generalitat Valenciana en materia de fertirrigación. El objetivo principal es optimizar el uso de agua y fertilizantes en este cultivo. Se pretende pues determinar los balances hídricos y nutricionales óptimos a fin de realizar una recomendación de riego y abonado basada en criterios de sostenibilidad. Se está evaluando además la eficacia del riego deficitario controlado como técnica a emplear en caso de escasez de recursos hídricos. La efectividad de las recomendaciones de riego y abonado se fundamentan, no sólo sobre la respuesta productiva del cultivo, sino también sobre aspectos relacionados con la calidad de la granada tanto en el momento de la recolección como después de un periodo de almacenamiento en frío.

2. Abstract

This paper reports some of the on-going activities funded by the “Proyecto Integral Granado” from the Consellería de Agricultura. Special emphasis is given to the experiments in course related with the nutritional and water balances of pomegranate orchards. The aim is to provide growers with fertigation programs that will optimise the use of water and fertilizers. In addition, the usefulness of the regulated deficit irrigation technique as a tool for scheduling irrigation in case of water scarcity will be also assessed. Both, yield components and fruit composition parameters at harvest and post-harvest, are taken into account for designing optimum irrigation and fertilization programs.

3. Introducción

En el marco del Proyecto Integral del Granado (2009-2011) financiado por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación se ha planteado avanzar en el conocimiento de los principales factores productivos del granado en pre y posrecolección como la selección y mejora del material vegetal, el control de plagas, el manejo de la fertirrigación, la conservación durante la poscosecha o la industrialización. En este trabajo se presentan los objetivos y primeros resultados de este proyecto sobre las necesidades hídricas y nutricionales del granado.

El cultivo del granado es localmente importante en el Sureste español, especialmente en la provincia de Alicante, donde se obtiene el 80% de la producción española. Las inversiones realizadas en infraestructuras hídricas en la Comunitat Valenciana facilitarán en el cultivo de granado la sustitución del riego por inundación por el riego localizado casi en su totalidad. Sin duda alguna, estas obras permitirán un uso más racional del agua de riego y de los fertilizantes. Sin embargo, el empleo del riego por goteo por sí solo no garantiza al agricultor un uso eficiente de estos inputs. Para ello, se deben además ajustar la dosis de riego y fertilizantes a emplear a las necesidades reales del cultivo. Es obvio además que en los climas semiáridos donde se localiza el cultivo del granado, un buen manejo en particular del riego es el factor que más puede influir sobre la productividad de los árboles y también sobre la calidad y su relación con el rajado de la fruta, uno de los principales problemas de este cultivo.

El granado (*Punica granatum* L.) está incluido dentro de las especies tolerantes a la sequía, bien adaptado a las condiciones de las regiones áridas y semiáridas, donde el uso de agua de baja calidad es habitual en la agricultura. En el caso del granado, es escasa la investigación llevada a cabo sobre las necesidades de riego y la respuesta fisiológica y productiva del árbol ante el estrés hídrico o aspectos nutricionales. En Israel en condiciones normales se aplican anualmente entre 5.000 y 6000 m³ ha⁻¹, aunque puede llegar a los 12.000 m³ ha⁻¹ en zonas desérticas; y se realizan aportaciones anuales por ha de 200 Kg de N, 60 Kg de P₂O₅ y 250 Kg de K₂O (Holland et al, 2009).

Riego

En estos momentos en la Comunidad Valenciana, por lo que respecta al granado, lo usual es realizar el riego basados exclusivamente en la experiencia del agricultor. En general, no se recurre a las distintas herramientas disponibles y fácilmente accesibles para aplicar un mínimo criterio técnico al cálculo de las dosis y frecuencia de los riegos, como por ejemplo los relacionados con las condiciones meteorológicas de la zona y las características del cultivo en cada momento. El sistema basado en el coeficiente de cultivo (Kc) y en la evapotranspiración está condicionado por el clima, variedad, o estadio fisiológico de la planta. Las mediciones del estado hídrico de la planta mediante la cámara de presión o los dendrómetros y del agua disponible en el suelo mediante sondas capacitivas multisensor pueden aportar una información complementaria a fin de ajustar la dosis de riego a las necesidades hídricas de los cultivos. Por otro lado, las medidas de intercambio de gases en hojas permite determinar la fotosíntesis neta y la conductancia estomática. El cociente entre éstos define la eficiencia intrínseca en el uso de agua a escala foliar.

Adicionalmente, es importante conocer la respuesta del cultivo a las restricciones del riego. En este sentido el riego deficitario controlado (RDC) es una estrategia de manejo del riego que permite puede aumentar la eficiencia en el uso del agua y que se ha ensayado y utilizado en un gran número de especies frutales (Naor et al. 2006). Se basa en la reducción de los aportes hídricos en determinados momentos del ciclo de cultivo, en los que una disminución del agua aportada no afecta sensiblemente a la producción, cubriendo plenamente la demanda durante el resto del ciclo de cultivo. Además, es esperable que en función del periodo fenológico en el que se lleven a cabo las restricciones, el riego deficitario pueda mejorar la calidad de la fruta, aumentando los sólidos solubles totales y la concentración de antocianos de los frutos. Dada la tradicional escasez de los recursos de agua de la zona, podría ser ésta una estrategia de riego de gran utilidad para optimizar el agua disponible para riego. Sin embargo, en el cultivo del granado no se han realizado hasta la fecha ensayos de RDC y por tanto se desconoce totalmente cuál puede ser el periodo más adecuado para restringir los aportes hídricos, ni los niveles de restricción hídrica que pueden aplicarse.

Fertilización

Existen escasas referencias sobre las necesidades nutritivas del granado, aunque en la zona de cultivo de la provincia de Alicante se considera que tiene necesidades similares a los cítricos. Las prácticas habituales que realiza el productor en árboles adultos son aportaciones medias en elementos fertilizantes en equilibrio de 1,5 - 1 - 2,5 en abonos tradicionales, ya que hasta hace unos diez años el 80% del cultivo se regaba por inundación. Por otro lado, se suelen realizar aportaciones de quelatos de hierro dos veces al año en el caso de tener suelos con elevado contenido en caliza activa y salinidad. Debe considerarse que un exceso de abonado nitrogenado puede tener una relación directa con el rajado de frutos antes de la época de madurez. Asimismo, las excesivas o tardías aplicaciones de N pueden demorar la época de madurez del fruto, causar un incremento del crecimiento vegetativo reduciendo al año siguiente la producción, así como disminuir el color del mismo. El potasio parece que ejerce un efecto favorable sobre el rajado de los frutos, quizás debido a que este elemento influye tanto en el mecanismo de apertura y cierre de estomas como por dar una mayor flexibilidad a la piel del fruto. La fertirrigación tiene una considerable repercusión tanto en el rendimiento cuantitativo como en la calidad organoléptica y nutricional de los frutos, aunque no debemos olvidar que presenta un potencial importante de riesgo de contaminación de los acuíferos por nitratos, sin olvidar su importante contribución en los costes de cultivo.

4. Objetivos

Los objetivos abordados en este proyecto son cuantificar las necesidades hídricas y nutricionales del granado a lo largo de todo su ciclo fenológico, con el fin de proporcionar a los agricultores una información precisa sobre el riego y fertilizantes a aplicar en el cultivo en función de cada periodo fenológico. En una primera fase se consideran por separado los aspectos hídricos y nutricionales de modo que el proyecto inicialmente se divide en dos subproyectos:

1) Optimización del manejo del riego en granado

Los objetivos perseguidos en este apartado son:

1.1) Estimar las necesidades hídricas de la especie y desarrollar una programación del riego basada en la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente de cultivo (K_c).

1.2) Evaluar la posibilidad de aplicar la técnica del riego deficitario controlado. Para ello es necesario determinar el periodo fenológico y el grado de estrés hídrico a imponer a la planta, con el fin de aumentar la eficiencia del uso del agua (producción de fruta/ agua de riego empleada).

1.3) Evaluar los efectos del riego sobre la producción, calidad de la fruta, composición y fisiopatías.

2) Influencia de la fertilización sobre la producción y calidad de la granada

Los objetivos que se pretende alcanzar son los siguientes:

2.1) Evaluar el estado de fertilidad de los suelos del granado sobre la base de observaciones *in situ* y muestreos sistemáticos con las subsiguientes determinaciones de los parámetros químicos, físico-químicos y biológicos determinantes de su calidad agronómica

2.2) Determinar las pautas racionales de fertilización nitrogenada, fosforada y potásica, que permita una nutrición equilibrada, capaz de lograr un rendimiento adecuado de frutos de calidad óptima, tanto desde el punto de vista organoléptico y nutricional como para su conservación.

2.3) Evaluar la necesidad y eficacia de posibles correctores nutricionales, aplicados vía foliar o a través del sistema de riego, con vistas a la mejora nutricional y/o la conservación de los frutos.

5. Materiales y métodos

Riego

Los ensayos sobre riego se realizan en una parcela comercial de árboles adultos a un marco de plantación de 5x4 m de la variedad Mollar en Elche. La parcela permite ensayar 5 dosis de riego en un diseño estadístico de 4 repeticiones al azar, con un total de 20 parcelas experimentales. Los tratamientos de riego son: **T1 (Testigo)**: que pretende cubrir con el riego el 100% de las necesidades hídricas del cultivo (ET_c) durante todo el periodo; **T2**: 50% ET_c durante todo el año; **T3**: 100% ET_c todo el año, excepto durante la fase de floración y cuajado (Fase I); **T4**: 100% ET_c todo el año, excepto durante la primera fase lineal de crecimiento del fruto, (Fase II) y **T5**: 100% ET_c todo el año, excepto durante la última fase del crecimiento y maduración del fruto (Fase III). Inicialmente se aplicarán los coeficientes de cultivo obtenidos por Banthana y Lazarovitch (2010) que se están ajustando sobre las bases de las determinaciones del estado hídrico del suelo y de la planta que se realizan en la misma parcela. Las condiciones meteorológicas son registradas por una estación meteorológica automatizada. Semanalmente se determina el estado hídrico de los árboles (medida de potencial de tallo medido con la cámara a presión) y el crecimiento de los frutos. Además, durante esta campaña 2010 se dispone de sondas capacitivas multisensor para la medida de la humedad del suelo. Mensualmente se realizan medidas de intercambio gaseoso en el mediodía solar.

Efectos del riego sobre la producción, calidad de la fruta, composición y fisiopatías.

En todos los casos la conveniencia de cada una de las estrategias de riego se basará en la respuesta productiva de los árboles al riego deficitario, y además se hará especial hincapié en la calidad de la fruta así como en el posible efecto del riego deficitario sobre la acumulación de compuestos químicos con propiedades antioxidantes (antocianos). Se ha realizado durante el primer año una evaluación con fruta de la primera cosecha (primera calidad) que se pone en frío (5°C y 90% HR) durante distintos períodos de conservación.

Fertilización

En primer lugar se pretende obtener información sobre las prácticas agronómicas habituales a través de encuestas a los agricultores sobre el manejo realizado del cultivo (abonado, aplicaciones fitosanitarias, herbicidas, etc.) en las campañas objeto de estudio.

- **Estudio de la fertilidad de los suelos y del estado nutritivo del cultivo.** Se han seleccionado parcelas de granado en las que se realiza, durante al menos dos años análisis de agua, muestreo de suelo y muestreo foliar en el mes de julio. En ocho parcelas se realiza un muestreo foliar mensual, con el fin de ver la evolución de los nutrientes.

- **Estudio de las extracciones de nutrientes.** Se han seleccionado 8 parcelas en las que se lleva a cabo el conteo del número total de hojas, flores (plena floración) y frutos en 8 árboles por parcela, muestreo de flores, muestreo de frutos caídos, seguimiento del desarrollo de las hojas, midiendo mensualmente en 60 hojas su peso, longitud y anchura, pesado, secado y muestreo de la poda en verde, marcado de 32 frutos por parcela (4 por árbol) y seguimiento del desarrollo del fruto mediante la determinación mensual del diámetro del fruto, muestreo mensual de frutos, muestreo de frutos en la recolección, muestreo de hojas del suelo para su análisis, pesado, secado y muestreo, para análisis, de la madera de poda separando tres grupos: madera de un año, dos años y tres o más años.

- **Comprobación de los resultados obtenidos.** Ensayos de fertilización. Se plantean ensayos de fertilización diferencial, sobre diferentes elementos fertilizantes, para comprobación-corrección de los resultados obtenidos relacionarlos con el tipo de suelo y sus valores, el abonado y el contenido foliar. En parcelas representativas del cultivo del granado se implantan ensayos comparativos de varias dosis de fertilización nitrogenada, fosforada y potásica, incluyendo un amplio rango de suministro de nutrientes.

6. Resultados

Riego

Se dispone en la actualidad de los resultados de la campaña 2009 ya que la fruta de la campaña 2010 no ha sido aun cosechada. Los resultados obtenidos hasta la fecha han permitido obtener una primera pauta preliminar sobre el manejo óptimo del riego en el cultivo del granado basado en la ETo y Kc. Entre Abril y Junio, coincidiendo con el desarrollo vegetativo del árbol, se aconseja utilizar unos Kc de 0.25 y 0.60. Los valores máximos del Kc, cercanos 0.75, se deberían aplicar en septiembre y octubre. En las campañas 2010 y 2011 se pretende ajustar y validar dichos Kc propuestos mediante la información procedente de las

sondas de capacitancia (Gráfico 1) y los datos de potencial de tallo para ajustar la dosis de riego a las necesidades reales.

En cuanto a la respuesta al RDC, antes de poder realizar recomendaciones, es necesario disponer de varios años de estudio. Sin embargo, se puede adelantar que los resultados preliminares han mostrado que las restricciones severas del riego durante las fases I y II (floración-cuajado) y (fase lineal del crecimiento del fruto) han permitido reducciones en los aportes del riego entorno a un 18% sin repercutir negativamente sobre la producción ni el tamaño final de la fruta (Tabla 1). Así pues, el fruto de los tratamientos T3 y T4 fueron capaces de experimentar un crecimiento compensatorio tras la finalización de las restricciones hídricas (Gráfico 2). Es importante destacar que los resultados mostrados en la Gráfico 2 aportan información fundamental acerca de la pauta del crecimiento del fruto en condiciones de no restricción hídrica. Así pues, los resultados que se espera obtener en este ensayo permitirán también profundizar sobre el comportamiento general del cultivo (floración, cuajado, caída de frutos) en condiciones de manejo óptimo, hecho muy importante para un cultivo en el cual se desconocen muchos de estos aspectos. Tras una conservación de 8 semanas a 5°C y 90% HR no se encontraron diferencias significativas de pérdida de peso entre los distintos tratamientos (medias del 10-11%). No obstante, cuando la frigoconservación se prolongó hasta 15 semanas, los frutos de los tratamientos T2 y T5 perdieron menos peso que los del resto de tratamientos.

Fertilización

Se ha caracterizado una muestra representativa de los suelos en los que se cultiva el granado en Alicante, obteniéndose valores de pH entre 8.1 y 9.3 y valores medios de caliza activa según zonas entre 10.1% y 11.2%. Se ha realizado la prospección y evolución mensual de los principales macro y oligoelementos en hojas a lo largo del cultivo, encontrándose niveles foliares que difieren significativamente entre plantaciones, principalmente en Zn, Fe y Cu (datos no mostrados). De aplicación práctica para el abonado debe considerarse la evolución mensual en macronutrientes en hojas, donde por ejemplo entre julio y agosto los niveles foliares en potasio (Gráfico 3) disminuyen un 22% de media.

7. Conclusiones

A través de la página web del IVIA, se pondrá a disposición de agricultores y técnicos los resultados procedentes de las experiencias de riego llevadas a cabo en el marco del Proyecto Integral de Granado. Mediante el programa gratuito PARLoc (Programa de Asesoramiento en Riego Localizado) se facilitará a los usuarios el cálculo de las necesidades de riego semanales del granado acordes con las características del cultivo y la influencia atmosférica de cada momento.

Como resultado del estudio nutricional en granado se ofrecerá al agricultor un patrón de fertilización en las condiciones de clima y suelo de la zona que proporcione un fruto de calidad óptima. El proyecto una vez finalizado, definirá un programa de fertirrigación en función de las necesidades hídricas, análisis de hojas y frutos que se suministrará en soporte informático.

8. Referencias bibliográficas

- Bhantana, N., Lazarovitch, N., 2010. Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agr. Wat Manag.* 97, 715-722.
- Holland, D., Hatib, K., Bar-Yàakov, I., 2009. Pomegrante: botany, horticulture and breeding. *Hort. Rev* 35, 127-191.
- Naor, A., 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Hort Rev* 32:111-166.

Tabla 1:

Resumen de los resultados de producción y comportamiento en poscosecha del ensayo de riego deficitario. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos a $P < 0.05$ tras test de Duncan.

Tratamientos	Riego aplicado (mm)	Cosecha (kg/árbol) ^a	# frutos recolectados	P. medio fruto (g)	Pérdida de peso (%) ^b
T1 (Control)	425	41.0a	109b	352a	18.2a
T2	223	39.0a	142a	295b	15.3c
T3	350	38.7a	120ab	323ab	17.7ab
T4	351	37.5a	118ab	334ab	16.1bc
T5	357	28.5b	79c	361a	15.2c

^a Producción comercial, no incluye frutos rajados o pequeños

^b Tras 15 semanas de conservación frigorífica a 5°C y 90% HR

Gráfico 1:

Evolución del contenido de humedad en el suelo obtenido por la sondas capacitivas desde el 13/08/10 al 9/9/10 en el tratamiento control (T1). La línea amarilla corresponde a los sensores localizados en la zona de concentración de raíces (10+30+50 cm), la línea roja corresponde al contenido de humedad en la zona de drenaje (70 cm).

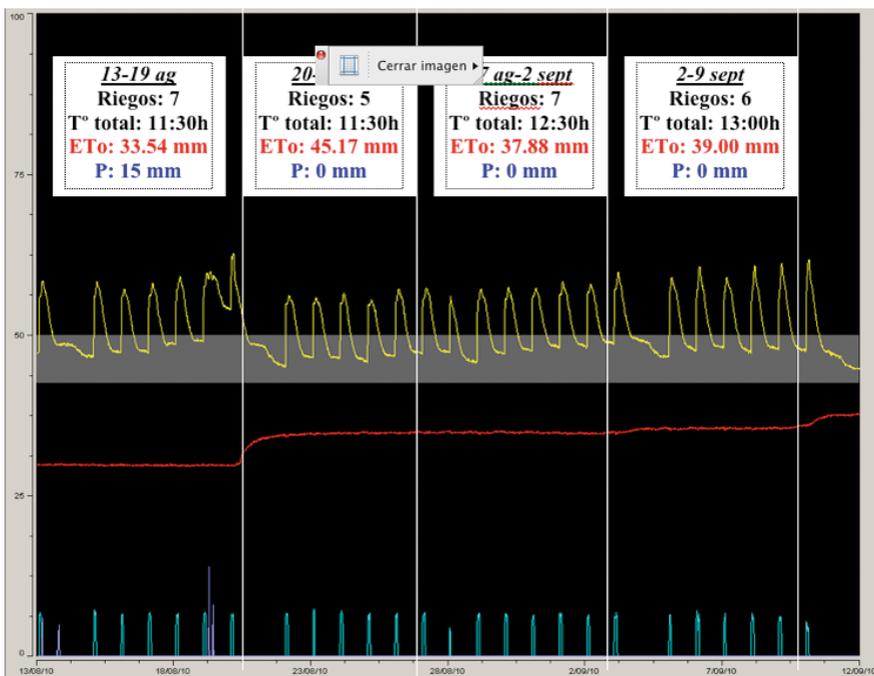


Gráfico 2:

Pauta estacional del diámetro del fruto en los distintos tratamientos de riego. Los valores mostrados son media de 80 frutos por tratamiento. Las líneas verticales encierran los periodos en los que se aplicaron las restricciones a los distintos tratamientos de RDC.

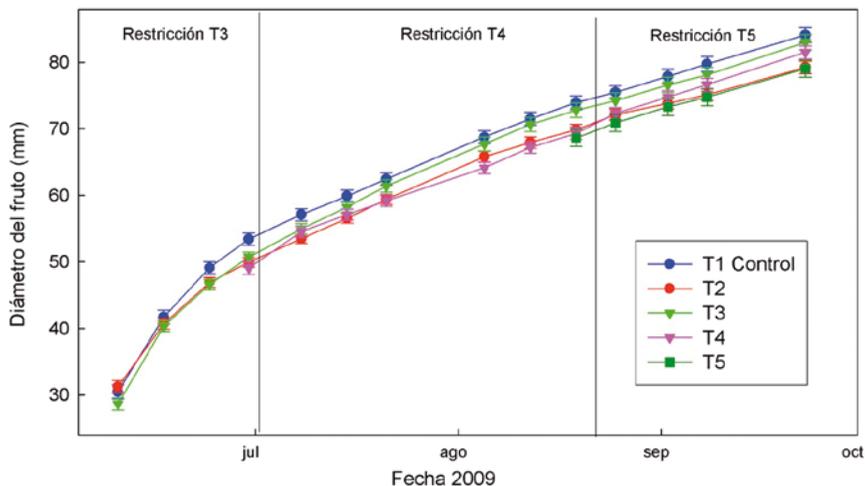


Gráfico 3:

Evolución del contenido de potasio en hojas de granado (variedad Mollar de Elche) en cuatro parcelas comerciales (dos en la zona de Elche y otras dos en la zona de Albatera) durante el ciclo de cultivo.

