

Manejo del fertirriego como solución práctica para la sostenibilidad de cultivos intensivos de hortícolas: ESTUDIO EN PATATA

Riegos poco frecuentes y de larga duración pueden causar la pérdida de agua y nutrientes por debajo de la zona de influencia de la raíz. Esto reduce la eficiencia en el uso de estos recursos por el cultivo y problemas ambientales, como la contaminación difusa por nitrato de masas de agua. Un pequeño cambio en los hábitos de fertirriego, como regar con más frecuencia y eventos más cortos, y el uso combinado de tecnología como sondas de humedad de suelo, pueden ayudar a mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrarios y salvaguardar el medio circundante.

ASCENSIÓN GUARDIOLA-GONZÁLEZ¹, DIEGO S. INTRIGLIOLO^{1,2}, PEDRO A. NORTES¹, JUAN JOSÉ ALARCÓN¹, LILIA PLANJYAN³, JOELLE VAN DEN BRAND³, ISABEL M. NICOLÁS-AGUSTÍN¹, JOSÉ S. RUBIO-ASENSIO^{1*}

¹Departamento de Riego, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Murcia

²Departamento de Ecología, Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-UV-GV), Valencia

³Agurotech B.V. Amsterdam, Holanda.

*Autor para correspondencia: jsrubio@cebas.csic.es

La patata (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo de importancia mundial, siendo España el octavo productor de la Unión Europea, con casi un 5% del valor de la producción europea en el año 2021, y una superficie total cultivada de 65.966 ha (MAPA, 2021). El mayor porcentaje de plantación de patata es en regadío mientras que un tercio es en secano. La región de Murcia y en concreto el Campo de Cartagena ha sido históricamente una zona de producción de patata, pasando de las 278 ha en el 1971 a las 3.134 ha en el 2022 (CARM, 2022). El mayor aumento de superficie cultivada ha tenido lugar en los últimos 10 años,

con casi medio millar de explotaciones, que se dedican principalmente a la patata temprana. Además, el Campo de Cartagena es la zona de producción más extensa, ocupando el 70% de superficie respecto al total en la región de Murcia. La producción ha aumentado, situándose en torno a las 175.000 tn de media en los últimos 4 años, que por la excelente calidad del producto ha permitido que el destino mayoritario sea la exportación.

En regiones áridas el manejo adecuado e integran del agua y los fertilizantes es crucial para el rendimiento y calidad de la patata (Jama-Rodzeńska *et al.*, 2021; Montoya *et al.*, 2016). Por su parte y entre los fertilizantes, el nitrógeno es el nutriente más limitante

para el crecimiento de la patata, y una fertilización nitrogenada adecuada puede mejorar significativamente la calidad y el rendimiento del tubérculo (Errebhi *et al.*, 1998).

En este estudio se investiga cómo la combinación de dosis y frecuencia de fertirriego afecta la producción de biomasa vegetativa y de tubérculos en patata. El objetivo es evaluar el efecto de estos factores en la producción de biomasa vegetal y de tubérculos y la eficiencia en el uso de agua y nitrógeno.

Un ensayo en Torre Pacheco con patata Rudolph

El ensayo se llevó a cabo en una parcela de 0,6 ha ubicada en Torre Pacheco



FIGURA 1
Vista del campo de ensayo con cultivo de patata Rudolph con riego localizado. TorrePacho, Murcia.



FIGURA 2
Vista de los sensores de humedad de suelo usados en el ensayo.

co ($37^{\circ}45'37.18''$ N, $0^{\circ}54'29.75''$ O), Murcia, SE España (Figura 1). El suelo es de textura franco-arcillosa, representativa de los suelos del Campo de Cartagena, con una densidad aparente de $1,45 \text{ g/cm}^3$ y una alta capacidad de retención de agua e intercambio catiónico. El ensayo se realizó entre el 22 de noviembre de 2023 (fecha de siembra) y el 18 de mayo de 2024 (fecha de recolección) con la variedad de patata Rudolph. Los tubérculos se sembraron en camas elevadas ($0,30 \text{ m}$ de alto \times $0,28 \text{ m}$ de ancho) donde se colocó una tubería de riego por goteo de 16 mm (con emisores incorporados espaciados a 40 cm , y un caudal de $2,2 \text{ L/h}$) enterrada a unos 10 cm . Se sembró 1800 kg de tubérculos de patata por ha. Además, antes de la siembra, el suelo se enmendó con estiércol de oveja a razón de 16.000 kg/ha .

Se utilizaron fertilizantes solubles propuestos por el agricultor; ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) nitrato de potásico ($13\text{-}0\text{-}46$), nitrato de calcio ($15,5\text{-}0\text{-}27$), nitrato amónico ($34,5\%$), ácido nítrico ($12\% \text{ N}$), sulfato de amonio ($21\text{-}0\text{-}0$), ácido fosfórico ($0\text{-}52\text{-}0 \text{ P}_2\text{O}_5$) y nitrato de magnesio ($11\text{-}0\text{-}15,5$). Los fertilizantes se disolvieron en tanques de

1000 L , y se inyectaron en la tubería de riego en la proporción deseada, mediante una bomba acoplada a un venturi y una válvula. Las formas y cantidades por semana de fertilizantes fueron las propuestas por el agricultor. El agua de riego contenía 493 y 263 mg/L de Cl^- y Na^+ respectivamente, con presencia de $11,03 \text{ mg/L}$ de NO_3^- . El resto de prácticas culturales, como la eliminación de malezas y el control de plagas y enfermedades, fueron realizadas por el agricultor.

Se establecieron cuatro tratamientos que se diferenciaron en la frecuencia y dosis de fertirrigación, siendo el agua y los nutrientes aplicados por m^2 al final del ciclo de crecimiento un 30% menor en los tratamientos con una dosis baja (DB) con respecto a la dosis recomendada por el agricultor (DAg). Los tratamientos de baja frecuencia (BF) recibieron entre 1 y 2 eventos de riego por semana, con un total de 23 eventos de riego, que variaron entre 70 y 95 min a lo largo del ciclo de cultivo. Los tratamientos de alta frecuencia (AF) recibieron entre 3 y 6 eventos de riego por semana, con un total de 43 eventos de riego, que variaron a lo largo del ciclo de cultivo, con cada

evento de riego variando entre 30 y 45 min a lo largo del ciclo de cultivo. Los tratamientos de baja y alta frecuencia recibieron la misma dosis de agua y fertilizantes. El día anterior, y coincidiendo con la plantación, las plantas fueron regadas abundantemente para alcanzar los $50\text{-}60 \text{ L/m}^2$ necesarios para saturar este tipo de suelo. A este riego le siguieron 5 días sin la aplicación de agua adicional ni fertilizantes, una práctica común en la zona, que obliga a las plantas a desarrollar un sistema radicular profundo y a establecerse bien. El experimento se dispuso en cuatro bloques con los tres tratamientos aleatorizados en cada bloque. Cada tratamiento en cada bloque consistió en tres hileras, utilizándose la hilera central para las determinaciones de planta y suelo.

El contenido volumétrico de agua en el suelo se determinó a intervalos de 30 min y en dos profundidades, 15 y 30 cm . Para ello se usaron sensores de humedad de tipo capacitivo (Agurotech, Holanda) (Figura 2). La ecuación de calibración para el contenido de agua en el suelo fue proporcionada por el fabricante y se ajusta con la textura del suelo y contenido de materia orgánica de este.

Influencia de la frecuencia de riego

A poca profundidad en el suelo, 15 cm , donde se encuentran la mayoría de las raíces en la patata (Woli *et al.* 2016), las variaciones del contenido

volumétrico de agua en el suelo fueron pequeñas con riegos de mayor frecuencia y baja duración (Figura 3). Por su parte, los riegos de baja frecuencia y larga duración dieron lugar a episodios de drenaje de agua desde esta profundidad a inferiores, indicado por los picos de subidas en el contenido de agua a 30 cm. Este resultado es de extrema importancia en regiones con gran intensificación de cultivos y que están sujetas a estrictas regulaciones ambientales tanto regionales (BORN, 2022), como nacionales (BOE, 2015). Estas regulaciones, entre otros objetivos, buscan un manejo preciso del riego para evitar lavado de nutrientes (ej. Nitrato) que pueda derivar en la contaminación de aguas subterráneas y superficiales. En este sentido, el Campo de Cartagena, una de las zonas productivas más sensible a los nitratos de Europa (de Vries *et al.* 2011), se beneficiaría de un cambio de hábito por parte del agricultor. Es decir, practicar riegos más cortos y más frecuentes, algo fácil de implantar cuando se está apoyado por tecnología, contribuiría con los objetivos de sostenibilidad marcados por Europa y las políticas internas.

Al final del ciclo de cultivo, el gasto de agua en los tratamientos tanto de baja frecuencia de riego como de alta frecuencia, pero con la dosis de agua propuesta por el agricultor, fue en torno a los 180 L/m². En los tratamientos con baja dosis, este gasto de agua estuvo en torno a los 140 L/m². Esto supone un ahorro de aproximadamente 160 € por ha, a un precio de 0,4 €/m³. Igualmente, el gasto de fertilizantes (N, P₂O₅ y K₂O) en los tratamientos con dosis reducida fue un 25% menor respecto al agricultor. A los precios actuales de agua para riego y los fertilizantes, esta reducción en el uso de recursos es económicamente muy significativa para el agricultor. En nuestro ensayo, esta reducción tanto de agua como de nutrientes en los tratamientos con baja dosis, no afectó al rendimiento de la patata (kg/m²) o peso medio de la patata, y esto fue independiente de la frecuencia de riego usada (Figura 4 y 5). El único efecto que observamos cuando se redujeron las dosis de agua y

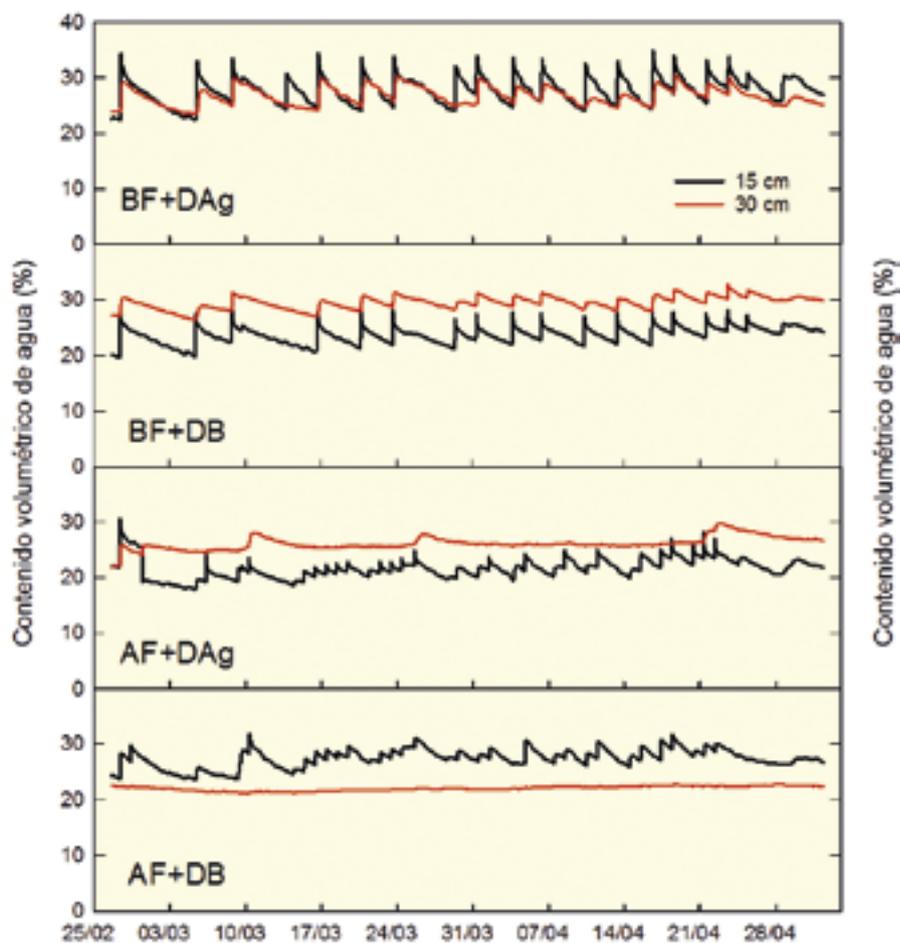


FIGURA 3 Cambios estacionales en el contenido volumétrico de agua (%) del perfil del suelo a diferente profundidad (15 cm, color negro, 30 cm, color rojo) en los diferentes tratamientos [baja frecuencia y dosis del agricultor (BF+DAg), baja frecuencia y una dosis baja (AF+DB), alta frecuencia y dosis del agricultor (AF+DAg) y alta frecuencia y una dosis baja (AF+DB)].

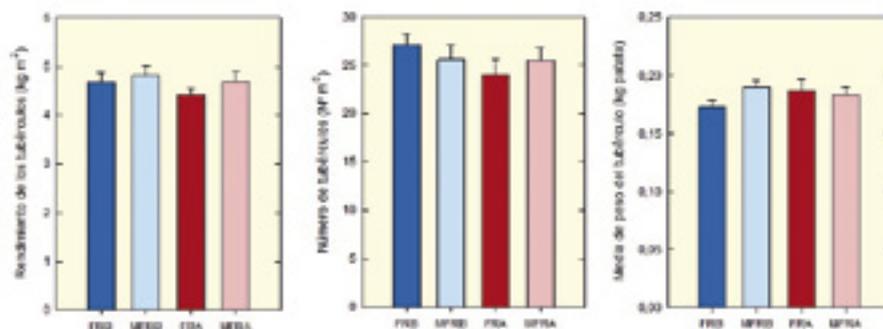


FIGURA 4 Efecto de los diferentes tratamientos [baja frecuencia y dosis del agricultor (BF+DAg), baja frecuencia y una dosis baja (AF+DB), alta frecuencia y dosis del agricultor (AF+DAg) y alta frecuencia y una dosis baja (AF+DB)] en el rendimiento del tubérculo (kg/m²), número de tubérculos (Nº/m²) y media de peso de tubérculos (kg patata) al final del ciclo de cultivo. Las barras muestran la media y ± el error estándar.



Una disminución del 30% en la aplicación de agua y fertilizantes afectó al crecimiento vegetativo, pero no al rendimiento de patata

FIGURA 5
Recolección de patata Rudolph en Torre Pacheco. Murcia.

Terra-Sorb
radicular

SymBiotic®

Toda la información:

Tu Terra-Sorb®
de siempre,
más vivo que nunca

BIOESTIMULANTE PROBIÓTICO

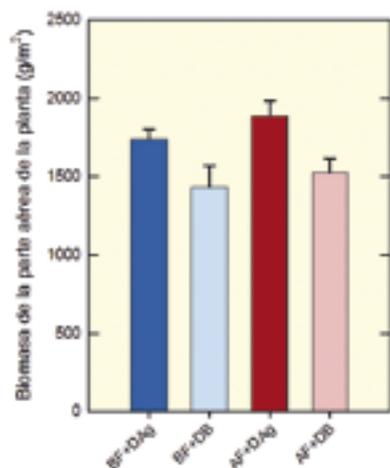


FIGURA 6
Efecto de los diferentes tratamientos [baja frecuencia y dosis del agricultor (BF+DAg), baja frecuencia y una dosis baja (AF+DB), alta frecuencia y dosis del agricultor (AF+DAg) y alta frecuencia y una dosis baja (AF+DB)] en la biomasa de la parte aérea (g/m²) al final del ciclo de cultivo. Las barras muestran la media y ± el error estándar.

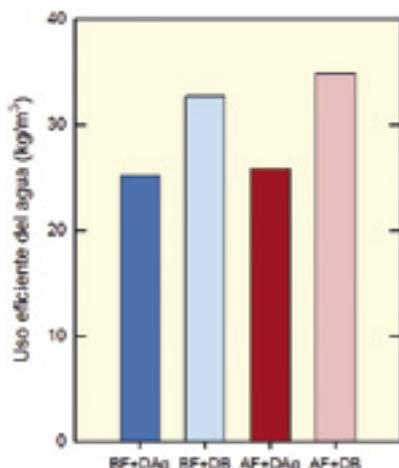
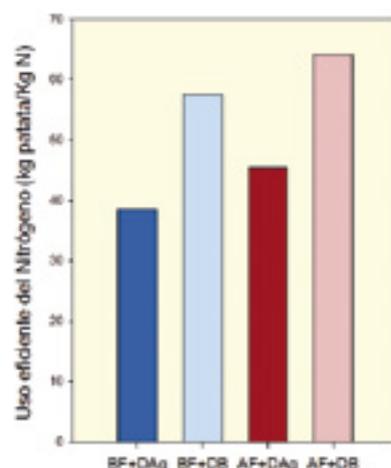


FIGURA 7
Efecto de los diferentes tratamientos [baja frecuencia y dosis del agricultor (BF+DAg), baja frecuencia y una dosis baja (AF+DB), alta frecuencia y dosis del agricultor (AF+DAg) y alta frecuencia y una dosis baja (AF+DB)] en el uso eficiente del agua (kg/m³) y el uso eficiente del nitrógeno (kg patata/Kg N) al final del ciclo de cultivo.



fertilizantes fue una disminución de la biomasa vegetal aérea ($P < 0,01$) (Figura 6), que ocurrió tanto con baja como con alta frecuencia de fertirriego. Pensamos que la planta podría estar compensando la falta de recursos reduciendo el crecimiento vegetal para mantener el crecimiento del tubérculo. Un estudio en Asia central, comparando dosis deficitarias de agua con las necesidades teóricas, mostró mayor sensibilidad de la parte aérea que de los órganos de reserva a esta falta de recursos (Carli *et al.*, 2014). Esto implicaría que por unidad de superficie foliar y ante falta de recursos la planta de patata es capaz de hacer un uso más eficiente del agua y los fertilizantes desde el punto de vista productivo. Para comprobar esta hipótesis se harán nuevos ensayos en campo.

Uso más eficiente del agua y el nitrógeno en patata

Como resultado de lo anterior la eficiencia en el uso del agua y el nitrógeno fue casi 10 kg/m³ superior en los tratamientos en los que se aplicó una baja dosis de estos recursos, sin presentar diferencias debido a la frecuencia de riego utilizada (Figura 7). Cuando se regó con alta frecuencia y

baja dosis se llegó a una eficiencia en el uso del agua de 34,4 kg de patata por m³. Igualmente, en los tratamientos con baja dosis, se obtuvo un mayor uso eficiente del nitrógeno (UEN) que llegó a los 64,2 kg de patata por kg de N, también con alta frecuencia y baja dosis (Figura 7). Respecto a la práctica habitual del agricultor esto supone un aumento de más de 20 kg de patata por kg de N aportado en el fertirriego.

Uso adecuado de recursos y sostenibilidad de los sistemas agrarios intensivos

Tras analizar los resultados obtenidos constatamos dos puntos importantes que sin duda contribuirán a mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrarios de horticolas en intensivo; i) el aumento de la frecuencia de riego a 3-6 riegos a la semana, junto con la disminución de la duración del evento de riego a 30-45 min, y con nuestra textura de suelo, es posible mantener el agua de riego en la zona de influencia de la raíz, evitando posibles pérdidas de nutrientes por lavado; y ii) una disminución del 30% en el aporte de agua y fertilizantes a pesar de que reduce la biomasa vegetal aérea no merma la producción

de patata, ni el peso medio de esta, por lo que contribuye a aumentar la eficiencia de uso de agua y nitrógeno. Estos últimos dos recursos, claves para la sostenibilidad de los sistemas agrarios y el medio que los rodea.

Proponemos por tanto pequeños cambios en los hábitos de fertirrigación de los agricultores, fáciles de integrar en la explotación y de implantar técnicamente. También el uso paralelo de tecnología, como pueden ser los sensores de humedad, que informarán al agricultor de lo que realmente está ocurriendo en el suelo. Todo esto contribuirá a seguir produciendo alimentos, a la rentabilidad de las explotaciones agrarias y a la sostenibilidad de los sistemas agrarios.

Agradecimientos

A Manuel Madrid Saura, por dejarnos trabajar en sus fincas y ayudarnos a llevar a buen término los experimentos de patata. Se agradece también la financiación del proyecto CDTI SmartCrops5.1.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com