

FERTIRRIGACIÓN FOSFÓRICA EN OLIVAR

Efecto a largo plazo de diferentes dosis sobre el estado nutricional y la producción de aceituna

La fertilización es una práctica ampliamente utilizada en la producción agraria con la finalidad de aumentar o mantener la cantidad y calidad de las producciones de los cultivos, así como para corregir estados nutricionales que pueden estar limitando las mismas. El olivar no es una excepción, y los aportes fertilizantes están generalizados tanto en condiciones de secano como riego, si bien, en ocasiones, las cantidades, composiciones y momentos de aplicación están sujetos a criterios personales o tradiciones totalmente arbitrarios sin base técnica.

JUAN CARLOS HIDALGO, JAVIER HIDALGO, DANIEL PÉREZ, ANA LEYVA, VICTORINO VEGA
Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA).
Centro Alameda del Obispo. Córdoba

El fósforo (P) es uno de los 16 nutrientes esenciales para las plantas. Junto al N, K, Ca, Mg y S es requerido en grandes cantidades (macronutriente) y cumple con una serie de funciones fisiológicas relacionadas principalmente con las transformaciones e intercambio de energía. Interviene en una serie de procesos como la división y desarrollo celular, la fotosíntesis, la respiración y el almacenamiento y transferencia de energía. Juega un papel importante en la inducción y primeras etapas de crecimiento del sistema radicular. El P disponible para las plantas en el suelo proviene de la meteorización de los minerales que lo forman y de los aportes complementarios por fertilizantes, estiércol o la propia reutilización de restos vegetales que se realice en el caso del olivar, de la hoja caída o del desbrozado de las cu-

biertas vegetales, el picado de restos de poda o aplicaciones de compost procedente de los subproductos del proceso industrial de extracción de aceite de oliva principalmente.

El P aportado como fertilizante tiene su origen en una fuente natural no renovable y escasa, las rocas fosfatadas. La evaluación de las necesidades por los cultivos y la optimización de sus aportes es un objetivo básico para mejorar su eficiencia productiva y evitar problemas ambientales ligados principalmente a los recursos hídricos (eutrofización de las aguas). El pH del suelo juega un papel importante sobre el tipo de compuestos de fósforo presentes. Así, en suelos ácidos aparecen fosfatos de Fe y Al y en suelos básicos fosfatos de Ca, todos ellos muy insolubles. El aporte de P al sistema radicular es lento y exige que se produzcan procesos de disolución y de desorción en las superficies de

los óxidos minerales en los que se encuentran como fosfatos, lo que se traduce en que las concentraciones de P en la disolución del suelo son generalmente muy bajas (<0,01-1 ppm). La máxima disponibilidad de P en el suelo se presenta en el intervalo de pH de 6 y 7. El olivo absorbe el P de la disolución del suelo como ion ortofosfato, principalmente como $H_2PO_4^-$ y en menores cantidades como HPO_4^{2-} .

La producción final del olivo es el resultado de la interacción de un conjunto de factores dependientes de la propia planta, de las condiciones edafoclimáticas y de las técnicas y prácticas de cultivo empleadas. Por tanto, no han de existir otros factores limitantes de la productividad más que el nutricional para obtener una respuesta a la fertilización. En nuestras condiciones, la disponibilidad de agua a lo largo del ciclo anual del



FOTO 1
La fertirrigación permite mejorar la eficiencia de los fertilizantes aplicados.

cultivo es la que mayor efecto limitante tiene sobre la producción y a la respuesta al abonado del olivo en determinadas condiciones. La concentración crítica de P en el suelo a partir de la cual se obtiene respuesta productiva del olivo no es conocida, pero es inferior a la necesaria para cultivos anuales (Freeman y Carlson, 1994). El olivo es una especie muy bien adaptada a condiciones de cultivo en suelos nutricionalmente pobres, regulando su crecimiento y producción en relación al nutriente más limitante, no obstante, cuando se cultiva en un medio óptimo, sin limitaciones, su productividad es muy elevada. La respuesta a la fertilización con fósforo del olivar de secano de baja-media producción, por su reducida

TABLA 1
Contenido en P (ppm) asimilable(olsen) en un bulbo y en el centro de la calle en un olivar que vegeta en un suelo muy calizo en el que se ha aplicado durante dos años consecutivos un programa de fertirriego de 50 kg P₂O₅/ha.

PROFUNDIDAD	DENTRO DEL BULBO			FUERA DEL BULBO
	Distancia al emisor			
	0 cm	25 cm	50 cm	
0-20 cm	22,6	10,4	3,3	2,4
20-40 cm	35,5	20,7	1,7	1,4
40-60 cm	28,3	8	1,3	0,6

La fertirrigación ha permitido resolver con rapidez una situación de bajos niveles de P en hoja, con una respuesta vegetativa y productiva espectacular

demanda del nutriente y las limitaciones impuestas por las disponibilidades de agua, la profundidad y composición del suelo, en la mayoría de las ocasiones es escasa o nula. En los olivares de riego, y sobre todo los de tipo intensivo y en seto, con altas producciones, la demanda nutricional es elevada y los aportes de fertilizantes suelen ser necesarios dado que el suelo por sí mismo no es capaz de suministrarlos. La práctica idónea de suministro de nutrientes en el olivar de riego es la fertirrigación (**Foto 1**). La deficiencia de P en olivo suele ser muy poco frecuente y difícil de apreciar ya que en condiciones de

cultivo suele ajustar su crecimiento a las disponibilidades. Se caracteriza por una disminución del tamaño de las hojas, no presentando clorosis ni moteado aparente, y más avanzando el tiempo por una reducción del crecimiento y falta de nuevos brotes (incluso más acusada que para el n y k) y caída de las hojas terminales más jóvenes, llegándose en casos extremos a secarse los brotes (0,03-0,05% foliar) (Hartmann, 1953). Las aplicaciones foliares de fosfato monoamónico o fosfato monopotásico 1,5-2% (no mezclar con productos cúpricos) pueden ser utilizadas a corto plazo de forma satisfactoria para corregir las deficiencias de P. En terrenos calizos, en olivar de secano, las aplicaciones convencionales de fósforo al suelo han demostrado ser poco eficaces, siendo su rentabilidad normalmente baja, y solo a largo plazo se obtienen resultados apreciables (ferreira y col., 1986). Sin embargo, en olivares tradicionales de riego con altas producciones en la comarca de la loma (Jaén) cultivados en suelos pobres en P, la fertirrigación ha permitido resolver con rapidez una situación generalizada de bajos niveles de P en hoja, con una respuesta vegetativa y productiva espectacular. El conocimiento de las características agronómicas del suelo, de la plantación y de las prácticas de cultivo empleadas, disponer de un estudio de los suelos y análisis del agua de riego y foliar son factores a considerar para una correcta programación de la fertirrigación del olivar.



FOTO 2
Vista de la parcela experimental.



FOTO 3
Suelo calizo y poco profundo donde se ha efectuado el ensayo.

Mediante la fertirrigación P se consigue a corto y medio plazo un movimiento razonable de este nutriente en el suelo, fundamentalmente en profundidad, pero también horizontalmente, movimiento que es mucho mayor que cuando se aplica el P en toda la superficie de forma convencional.

El P es un nutriente mucho menos móvil en el suelo que el N, y por tanto con menor riesgo de lixiviación. En fertirrigación, el movimiento en profundidad es mucho mayor que en fertilización convencional. La **Tabla 1** muestra el contenido de P asimilable en un bulbo después de la aplicación de un programa de fertirrigación empleando ácido fosfórico como fuente de P durante las dos campañas anteriores.

El fraccionamiento del P no es tan crítico como en el caso del N, pero se recomienda su aplicación a lo largo de toda la campaña y durante todo el tiempo de riego.

En base a la información disponible (Beutel y col. 1983, Freeman y col. 2005, Fernández Escobar y col. 2010), la fertilización P se debería realizar solo cuando los análisis foliares en el mes de julio presenten unos valores de $P < 0,1\%$ s.m.s.

Sin embargo, erel y col. (2013) pusieron de manifiesto que olivos cultivados en condiciones controladas en contenedores de gran capacidad sin limitaciones, aumentan de forma lineal el cuajado y número de frutos por árbol (sin modificar la intensidad de floración), mejorando el porcentaje de flores perfectas cuando el contenido de p en hoja se encuentra por encima del nivel mínimo de sufi-

ciencia por lo que han sugerido una revisión del valor de referencia para conseguir la máxima productividad. Tomando en consideración todo lo expuesto con anterioridad, para evaluar el efecto de la aplicación de P en condiciones de campo representativas del cultivo de olivar de riego, se estableció en 2015 un trabajo experimental en una plantación de olivar intensivo (286 olivos/ha) de 18 años

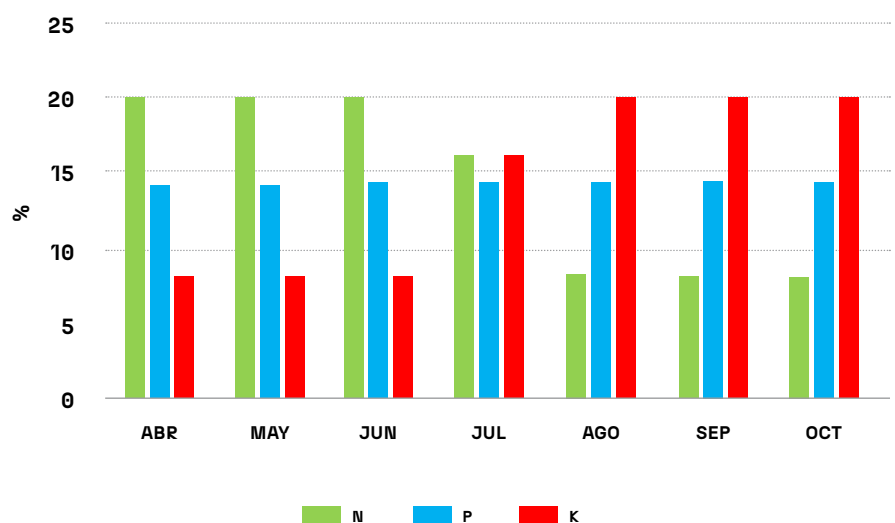


GRÁFICO 1
Distribución mensual de las aportaciones de N-P-K.



FOTO 4
Bombas
dosificadoras de
de las soluciones
nutritivas.

En fertirrigación,
el movimiento
de nutrientes en
profundidad es
mucho mayor que
en fertilización
convencional

TABLA 2
Aportaciones medias de riego (m³/ha.año) y de n-p-k por kg de aceituna cosechado realmente.

Aportaciones	Riego (m ³ /ha)	G n/kg aceituna	G P ₂ O ₅ /kg ACEITUNA				G k ₂ O/kg aceituna
			0p	P/2	P	2p	
Estimadas	2500	10,00	0,00	1,50	3,00	6,00	17,00
Reales	2601	9,35	0,00	1,57	3,09	5,99	18,47

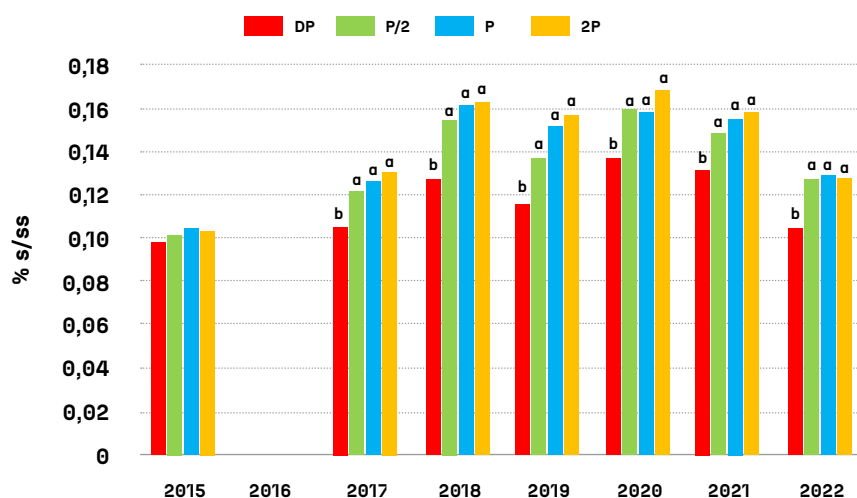


GRÁFICO 2
Contenido de P (%s/ss) en hoja de olivo en el mes de julio en los tratamientos estudiados. Letras distintas difieren significativamente según test de Tukey (p<0,05).

de edad de la variedad 'hojiblanca' en pleno desarrollo (**Foto 2**) situada en la comarca de estepa. El suelo es calizo y poco profundo (muy pocas y finas raíces a partir de 50-60 cm), con un contenido en carbonato cálcico del 50-60%, caliza activa del 16%, de textura franco arcillosa y en ligera pendiente (**Foto 3**). El P disponible (Olsen) es de 8-10 ppm en horizonte superficial (0-25 cm) reduciéndose en profundidad a 3-6 ppm.

La plantación recibía aporte de agua diario mediante un sistema de riego por goteo con 2 emisores/olivo de 4 l/h, de tipo autocompensante, durante el periodo abril-octubre. Las aplicaciones de agua se realizaron de forma lineal (misma cantidad de agua diaria a lo largo del periodo) aplicando un volumen anual medio de 2601 m³/ha equivalente a 43 litros/árbol y día. El agua utilizada para el riego tenía una ce=1,73 ds/m, un contenido en nitratos de 43 ppm y 0,18 meq/l de K.

Mediante un sistema de inyección automatizado se aplicó durante todos los días de la campaña y durante todas las horas de riego una solución nutritiva N-P-K (**Foto 4**). Se estable-

cieron 4 tratamientos diferenciales Op, p/2, p y 2p. Todos los tratamientos recibieron las mismas aportaciones de n y k y puntualmente de microelementos, estimadas siguiendo la metodología propuesta por pastor y col. (2005) en función de la capacidad productiva del olivar (**Gráfico 1** y **Tabla 2**). La fuente de N fue nitrato amónico (NH_4NO_3), sulfato potásico (K_2SO_4) para el K y ácido fosfórico (H_3PO_4) para el P, con unos contenidos p/p del 34,5% N, 50% K_2O y 52% P_2O_5 respectivamente.

Con estas aportaciones, todos los tratamientos presentaron un contenido de P en hoja, tomada a mediados del mes de julio, por encima de su nivel crítico dentro del rango de suficiencia (0,10%). No obstante, Op mostró valores significativamente inferiores, a partir del tercer año, con respecto al resto de tratamientos que recibieron dosis crecientes de P (**Gráfico 2**).

La producción de aceituna durante los 8 años de duración del ensayo ha presentado diferencias significativas entre las distintas aportaciones de P con respecto al testigo, fundamentalmente en los años de mayores producciones (**Gráfico 3**).

Si se considera la producción acumulada de aceituna en cada uno de los tratamientos estudiados (**Gráfico 4**), se aprecia como a partir del tercer año del ensayo, el tratamiento Op va perdiendo producción con respecto a los tratamientos p/2, p y 2p, incrementándose las diferencias conforme en las sucesivas campañas.

Por su parte, la producción media para el periodo estudiado (**Gráfico 5**), muestra un incremento de la respuesta productiva a medida que aumenta la cantidad de p aplicado. En concreto, los tratamientos p/2, p y 2p han conseguido incrementos productivos del 12,3%, 13,0% y 17,4% respecto a Op, respectivamente. Las dosis aplicadas en cada tratamiento fueron de p/2=1.57, p=3.09 y 2p=5.99 g $\text{P}_2\text{O}_5/\text{kg}$ de aceituna.

El **Gráfico 6** muestra los datos de volumen de copa, medidos en la parada invernal tras la recolección, observándose una tendencia a presentar

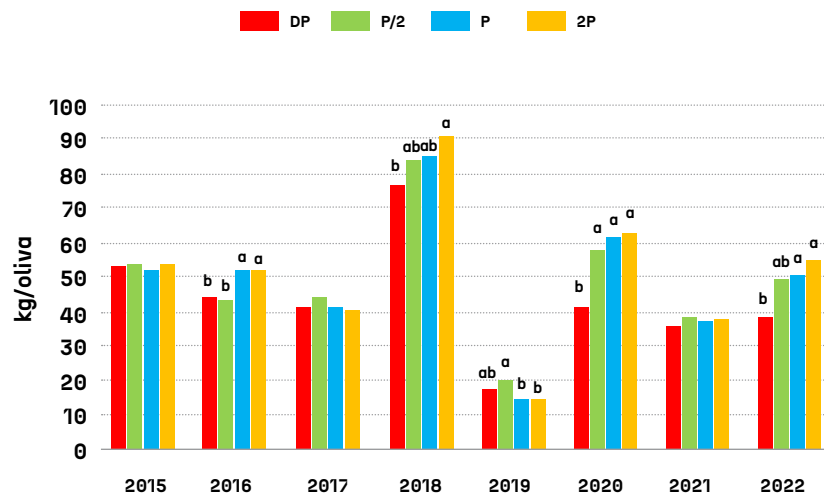


GRÁFICO 3
Producción de aceituna para los tratamientos Op, p/2, p y 2p. Letras distintas difieren significativamente según test de Tukey ($p < 0,05$).

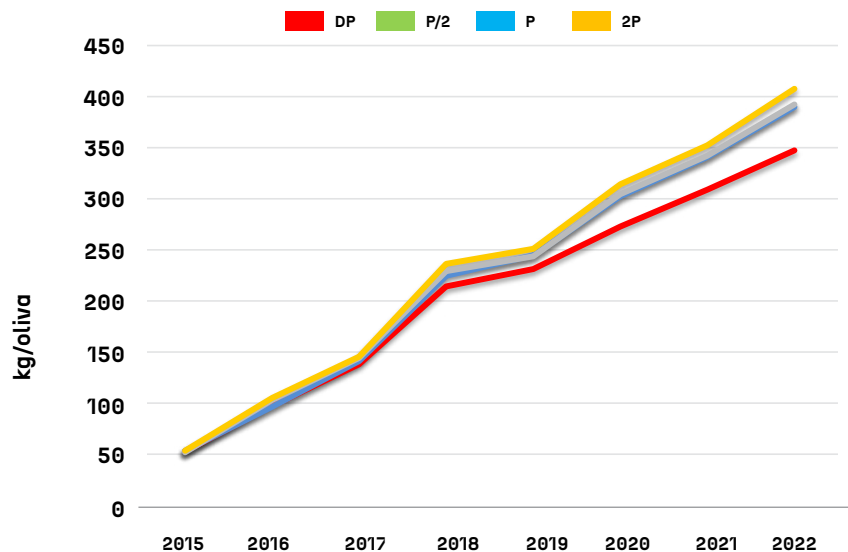


GRÁFICO 4
Producción acumulada de aceituna en cada uno de los tratamientos.

Las aportaciones de fósforo se han traducido en una mejora en la productividad por unidad de superficie de copa

SullicaB ha sido diseñado para optimizar los rendimientos de los cultivos vegetales, seleccionando las cepas de Bacillus más activas en el suelo en base a su capacidad solubilizadora de fósforo y potasio, fijación de nitrógeno y producción de fitohormonas. SullicaB es una formulación estable y equilibrada, con los porcentajes idóneos de cada una de las diferentes cepas de Bacillus que lo componen, teniendo en cuenta sus funciones y beneficios en el suelo, así como su impacto en el desarrollo de las plantas.

SullicaB: parte de una estrategia ganadora para el olivar

El manejo combinado de la fertilización en el cultivo del olivar incorporando SullicaB ha resultado ser un éxito en cuanto a la optimización de la sanidad vegetal y el incremento en cosecha y producción de aceite. Una estrategia que combina la fertilización con un apropiado aporte de nutrientes facilitados a través de procesos naturales promovidos por los microorganismos pertenecientes a SullicaB incrementa de forma sustancial el rendimiento y por tanto, la rentabilidad del agricultor como puede observarse en las **figuras 1, 2 y 3** correspondientes a los seguimientos en la explotaciones donde se aplicó SullicaB. El tratamiento de SullicaB ha supuesto en todos los casos un incremento en el rendimiento graso sobre seco y en la producción, llegando a unas diferencias del 4.5% y de 1000 kg/ha respectivamente.

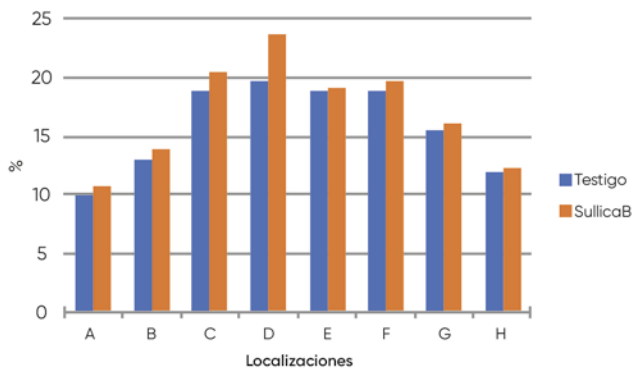


Fig. 1: Rendimiento graso total (%) obtenido en las diferentes aplicaciones llevadas a cabo en olivar.

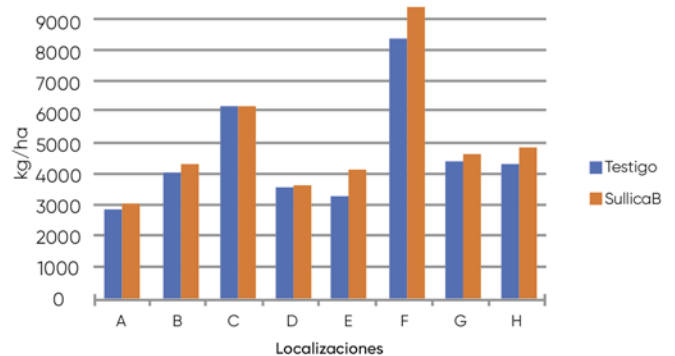


Fig. 2: Producción (kg/ha) obtenido en las diferentes aplicaciones llevadas a cabo en olivar.

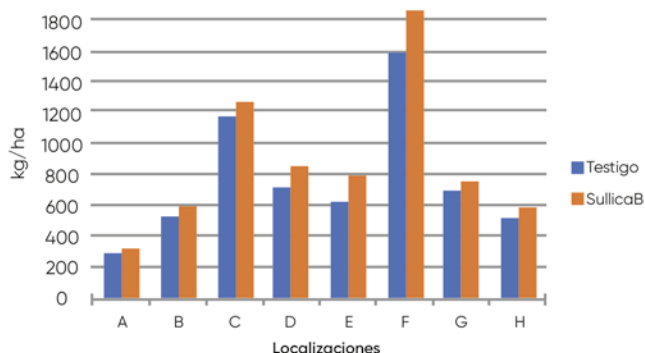


Fig. 3: Producción de aceite (kg/ha) obtenido en las diferentes aplicaciones llevadas a cabo en olivar.



Situación de las explotaciones donde se han realizado las aplicaciones de SullicaB en el año 2023

Dosificación de SullicaB

40-60 l/ha distribuidos uniformemente en los meses más importantes para el cultivo (abril/octubre) empezando en abril o mayo cuando el olivo necesita más energía para la producción de nuevas hojas y para la floración. El establecimiento adecuado de los bacillus que componen SullicaB contribuirá al aporte continuo de nutrientes para consolidar el racimo, hinchado del botón floral y floración. Además, el acceso a macronutrientes como el fósforo del suelo garantizará un buen cuajado y posterior fructificación.

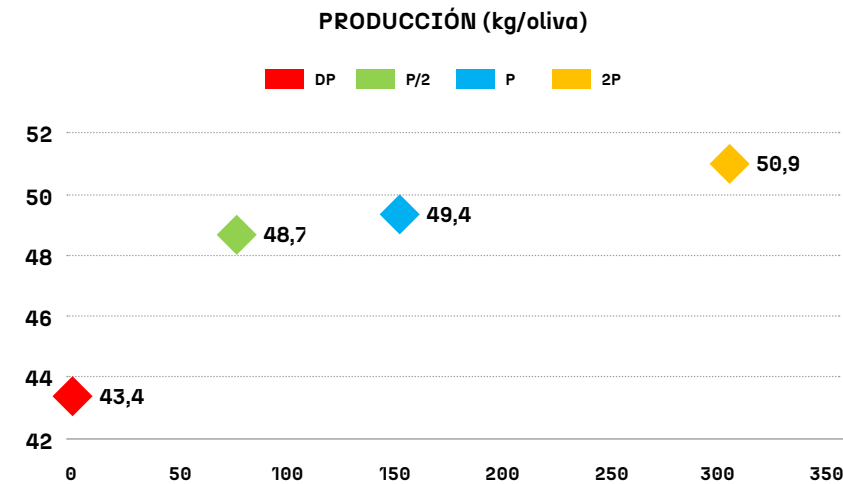


GRÁFICO 5
Producción media (2015-2022) de aceituna para los tratamientos Op, p/2, p y 2p para cada una de las dosis de P aplicadas.

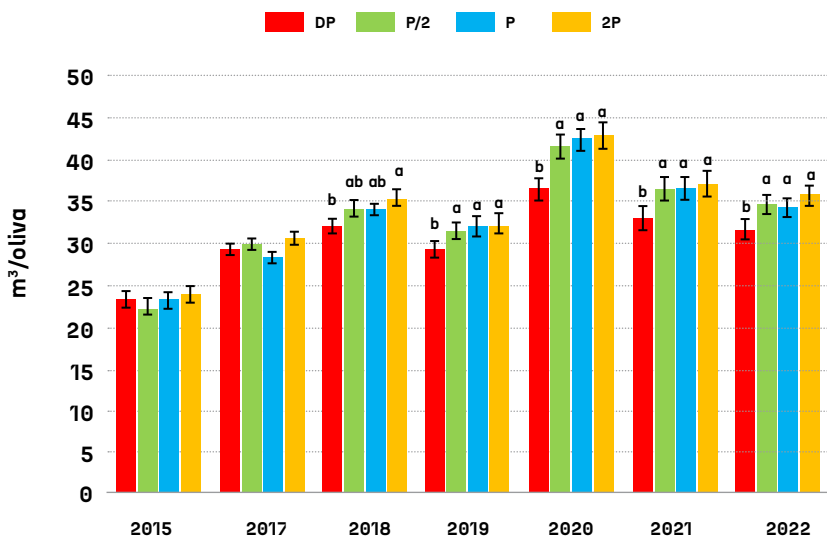


GRÁFICO 6
Volumen de copa. Letras distintas difieren significativamente según test de Tukey ($p < 0,05$).

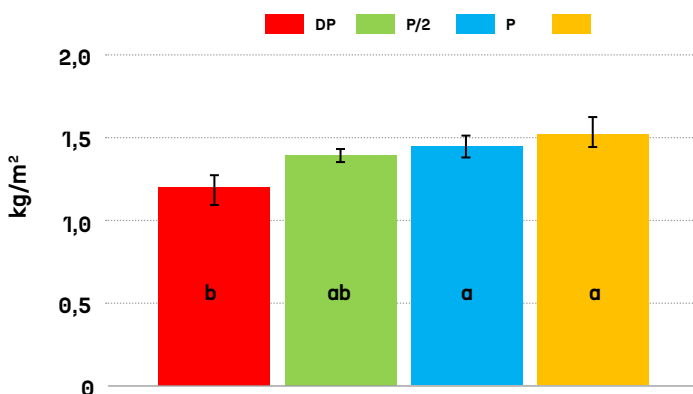


GRÁFICO 7
Índice de productividad por unidad de superficie para los diferentes tratamientos en la campaña 2020. Letras distintas difieren significativamente según test de Tukey ($p < 0,05$).

mayores valores de estos parámetros cuanto mayor es la cantidad de P aportada. A partir del tercer año y hasta la finalización del ensayo las diferencias entre los tratamientos con aporte P en fertirrigación y el testigo han sido significativas.

Las aportaciones de P se han traducido en una mejora en la productividad por unidad de superficie de copa (**Gráfico 7**), lo que, unido al mayor tamaño alcanzado por los árboles, tanto en volumen como en superficie de copa de los tratamientos con dosis crecientes de P, ha permitido conseguir el incremento productivo respecto a Op.

Conclusión

Los datos aportados en este artículo muestran que los efectos de la fertilización P a medio-largo realizada conforme a los criterios aquí planteados lleva a una mejora de la producción, aun cuando el contenido foliar de P en el mes de julio se encuentre por encima del valor crítico de referencia recomendado.

Agradecimientos

Proyectos PR.TRA.TRA2019.010 - Experimentación, cooperación y transferencia de tecnología de olivar (Transforma olivar 19-21), y PR.TRA.TRA2023.03 - “Experimentación y transferencia en olivar @ifapaolivar”, cofinanciados al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Bibliografía

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