

Respuesta del olivo a las aportaciones de fósforo en fertirrigación

Se han ensayado cuatro dosis de fósforo en una plantación de olivar Hojiblanca intensivo

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), aunque en menor cantidad que éstos, 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.

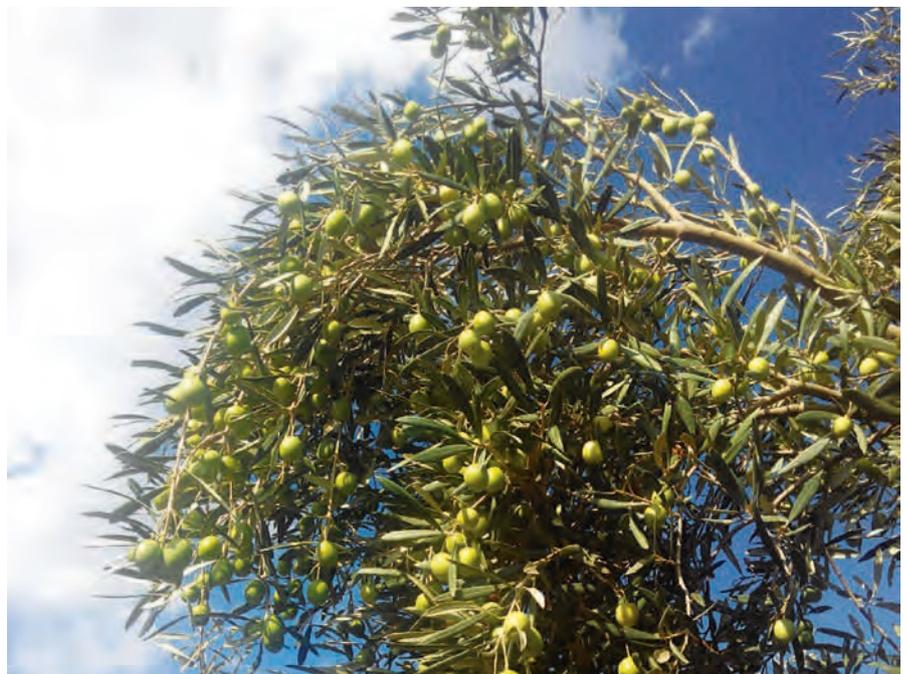
El P disponible para las plantas en el suelo proviene de la meteorización de los minerales que lo forman y de los aportes complementarios por fertilizantes, estiércol o la propia reutilización de restos vegetales que se realice. En el caso del olivar, de la hoja caída o del desbrozado de las cubiertas 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

Victorino Vega, Javier Hidalgo, Daniel Pérez y Juan Carlos Hidalgo.

IFAPA. Centro Alameda del Obispo. Córdoba

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 en riego, si bien, en ocasiones, las cantidades, composiciones y momentos de aplicación están sujetos a tradiciones o criterios personales totalmente arbitrarios sin base técnica. En este artículo se muestran los resultados de un trabajo experimental establecido en 2015 sobre la respuesta a la fertilización con fósforo del olivar.



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 las 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 deben existir otros factores más limitantes de la productividad que el nutricional para obtener una respuesta a la fertilización. En nuestras condiciones, la disponibilidad de agua a lo largo del ciclo anual del 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 demanda del nutriente y las limitaciones impuestas por las disponibilidades de agua, la profundidad y composición del suelo, es en la mayoría de las ocasiones escasa o nula.

En los olivares de riego, y sobre todo los de tipo intensivo y superintensivo, 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 fertirri-gación.

Bioiberica

Equilibrium®

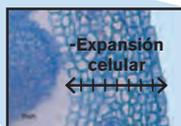
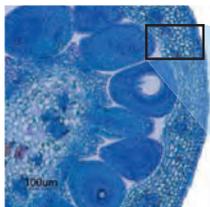
Bioestimulante de acción sinérgica para un cuajado equilibrado

- ✓ Mejor regulación fitohormonal de la planta.
- ✓ Optimización de los procesos de división celular y movilización de reservas.
- ✓ Mantiene su equilibrio fisiológico actuando en los órganos en crecimiento.
- ✓ Producto natural y ecológico.

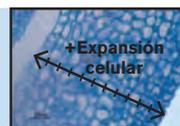
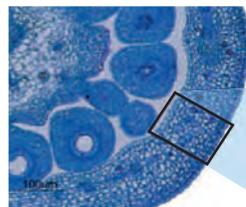


Ensayo histológico del fruto en desarrollo

Control (No tratado)



Equilibrium®



Los frutos en desarrollo tratados con **Equilibrium®** muestran mayor grosor debido a la mayor expansión celular¹.

¹: Secciones transversales de ovarios procedentes de flores AD+3 Control y Equilibrium, y detalles de la morfología del pericarpio. Fuente: R. Lozano, "Estudio agronómico y genético del efecto promotor de Equilibrium® sobre el cuajado y desarrollo del fruto de tomate (Variedad RAF)", Universidad de Almería (2017).

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 avanzado 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 bajos niveles 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 pueden obtener resultados apreciables (Ferreira y col., 1986). Sin embargo, en olivares tradicionales de riego con altas producciones en la comarca de la Loma (Jaén), por ejemplo, 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 buena respuesta vegetativa y productiva.

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.

Mediante la fertirrigación con 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.

El **cuadro I** 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 fertirri-

gación con 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) han puesto 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 suficiencia por lo que sugieren una revisión del valor de referencia para conseguir la máxima productividad.

CUADRO I

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 P_2O_5 /HA.

Profundidad	Dentro del bulbo: distancia al emisor			Fuera del bulbo
	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



Foto 1.
Vista general de la parcela experimental.

Ensayos de campo

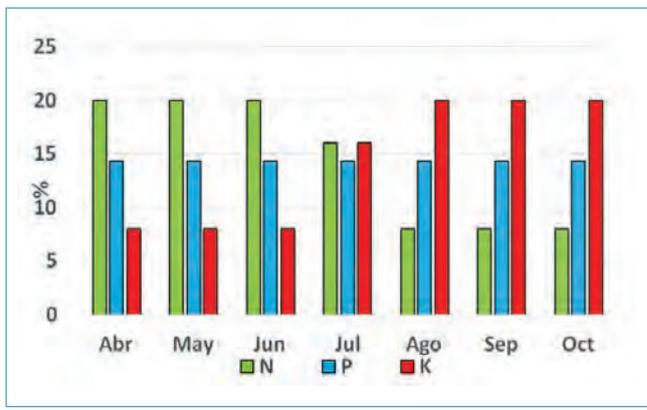
Tomando en consideración todo lo expuesto con anterioridad, para evaluar el efecto de la aplicación de P en condiciones de campo representativas del cultivo de olivar de riego, se estableció en 2015 un trabajo experimental en una plantación de olivar intensivo (286 olivos/ha) de 18 años de edad de la variedad Hojiblanca en pleno desarrollo (**foto 1**) situada en la finca Aguilillas en la comarca de Estepa (Sevilla).

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. El P disponible (Olsen) es de 8-10 ppm en horizonte superficial (0-25 cm) redu-

ciéndose en profundidad a 3-6 ppm.

La plantación recibe 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 han realizado de forma lineal (misma cantidad de agua diaria a lo largo del periodo) aplicando un volumen anual medio de 2.945 m³/ha equivalente a 52 litros/árbol y día. El agua utilizada para el riego tiene

FIG. 1 Distribución mensual de aportaciones de N-P-K.



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

PERFECTAMENTE EQUILIBRADO

en la composición de nutrientes

Patentkali®

30 % K₂O · 10 % MgO · 42,5 % SO₃



FIG. 2 Producción de aceituna para tratamientos OP, P/2, P y 2P.

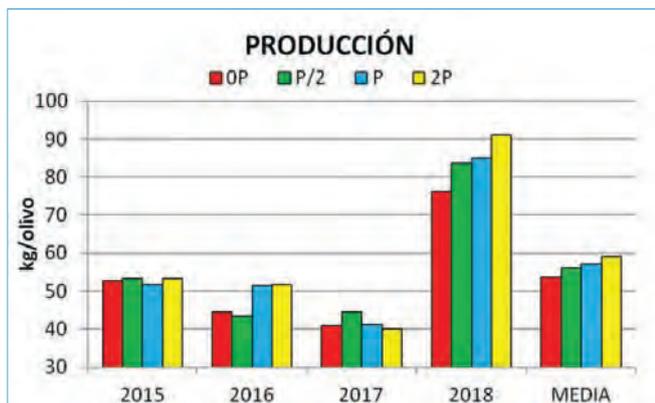


FIG. 3 Producción media de aceituna para tratamientos OP, P/2, P y 2P durante el periodo 2015-2018.

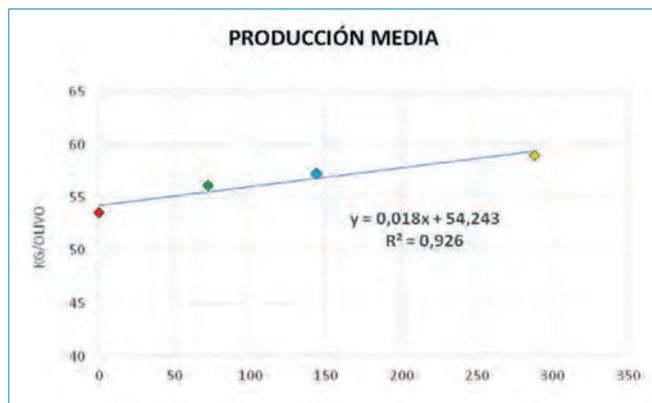


FIG. 4 Evapotranspiración de referencia (ET₀) para cada año agrícola.

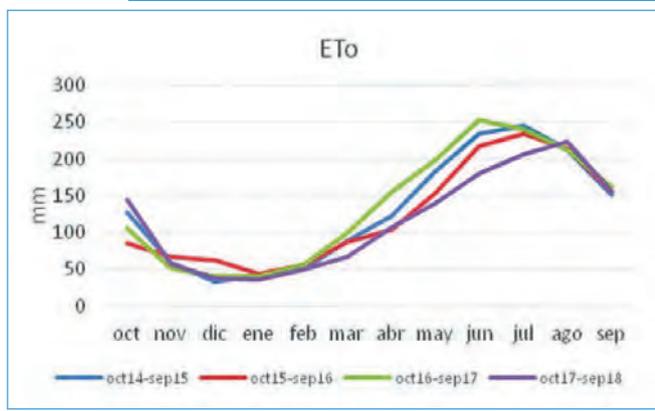
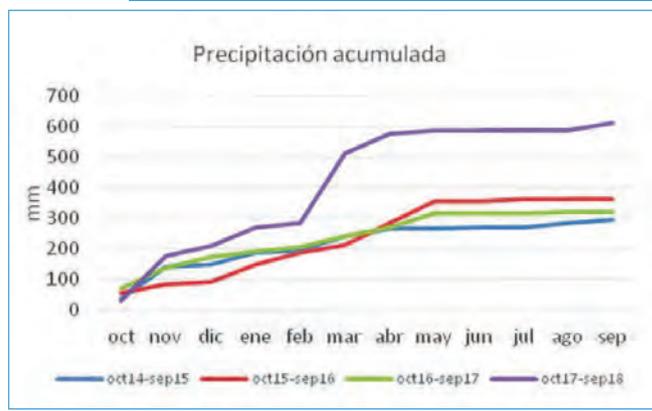


FIG. 5 Precipitación acumulada para cada año agrícola.



horas de riego una solución nutritiva N-P-K. Se establecieron cuatro 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 (figura 1 y cuadro II). La fuente de N fue nitrato amónico (NH₄NO₃), sulfato potásico (K₂SO₄) para el

K y ácido fosfórico (H₃PO₄) para el P, con unos contenidos p/p del 34,5% N, 50% K₂O y 52% P₂O₅, 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. No obstante, OP mostró valores inferiores, a partir del tercer año, con respecto al resto de tratamientos que recibieron P. Igualmente se ha obser-

vado un efecto positivo del P sobre los contenidos de N y K (datos no aportados).

La producción media de los cuatro años no ha presentado diferencias significativas entre las distintas aportaciones de P, aunque se observa una tendencia a aumentar la respuesta a medida que lo hacen éstas (figuras 2 y 3). Esto es más evidente cuando se analizan los datos del último año.

Las figuras 4 y 5 muestran los datos

CUADRO II

APORTACIONES DE N-P-K POR OLIVO. LA MEDIA PARA EL CONJUNTO DE LOS AÑOS DE NUTRIENTE APLICADO POR KILOGRAMO REAL COSECHADO HA SIDO DE 6,7 g N Y 16,7 g K₂O.

Año	g N/olivo			g P ₂ O ₅ /olivo				g K ₂ O/olivo		
	Fertirriego	Agua	Total	OP	P/2	P	2P	Fertirriego	Agua	Total
2015	246	98	344	0	72	144	288	765	114	879
2016	267	84	351	0	75	151	301	791	98	889
2017	266	90	356	0	72	144	288	765	105	870
2018	273	71	344	0	75	150	300	792	82	875

FIG. 6 Volumen de copa.

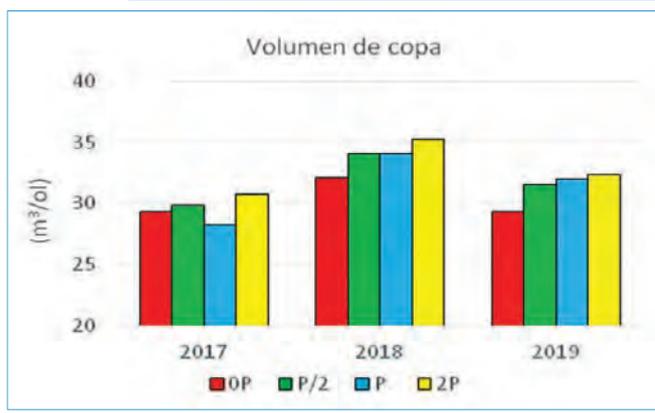


FIG. 7 Superficie de copa.

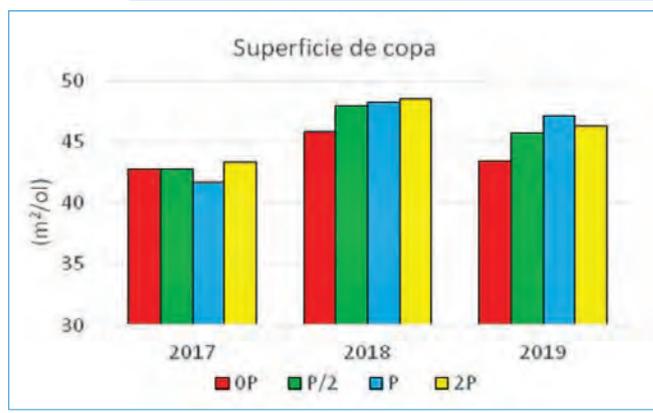


FIG. 8 Peso medio del fruto para la cosecha 2018.



FIG. 9 Peso de los frutos por brote de la cosecha 2018.



de precipitación acumulada y evapotranspiración de referencia (ET_0) para los cuatro años agrícolas estudiados. Los años de menor pluviometría ($P_{med} = 324$ mm) se han correspondido con los de mayor demanda hídrica por el cultivo ($ET_{o, med} = 1.551$ mm), lo que ha llevado al olivo a padecer un marcado déficit hídrico. Esta falta de recursos para el riego en estos años se ha traducido en unas menores producciones, si bien se pueden considerar como muy aceptables ($Prod_{med} = 13,5$ t/ha). El comentario anterior queda plenamente justificado si observamos la respuesta productiva de la última campaña con una precipitación acumulada de 612 mm y ET_0 de 1.404 mm, en la que la cosecha media de todos los tratamientos ha sido de 24 t/ha.

Las **figuras 6 y 7**, muestran los datos de volumen y superficie de copa, medidos en la parada invernal tras la recolección,

observándose una tendencia a presentar mayores valores de estos parámetros cuanto mayor es la cantidad de P aportada. Esta tendencia se hace más patente a medida que pasan los años. Esto se ha traducido en una mejora significativa de la producción media para las tres últimas campañas entre el tratamiento control (OP) y el de máximo aporte (2P).

En las dos últimas campañas (2017/18 y 2018/19), el tratamiento OP ha presentado significativamente un menor número de frutos por árbol y también un menor índice de frutos por unidad de superficie de copa (frutos/m²). Para la campaña 2018/19, los tratamientos P y 2P presentaron un tamaño de fruto significativamente más pequeño que OP (**figura 8**), aunque el peso de los frutos por brote fue similar debido a un mayor número de frutos en P y 2P (**figura 9**), lo que puede confirmar los planteamientos de Erel y col (2013) en Israel.

Conclusión

Los datos aportados en este artículo muestran que los efectos de la fertilización P sobre la producción del olivar de riego adulto se observan a medio-largo plazo dependiendo principalmente de las restricciones impuestas por la pluviometría, las disponibilidades de agua para el riego y la propia naturaleza del cultivo, al tratarse de una especie leñosa perenne. La fertilización continuada en el olivar de riego 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

Proyecto Transforma TRA-201600.02 "Transferencia de Tecnología y Cooperación en Olivar y Aceite", cofinanciado al 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.