

# Fertirrigación del olivo en condiciones muy salinas

Ensayos para adecuar la disolución fertilizante a los requerimientos nutricionales en situaciones de alta salinidad

**C.Cadahía; I. Frutos;  
E. Eymar.**

Departamento de Química Agrícola.  
Universidad Autónoma de Madrid.

**Aunque el olivar es un cultivo tolerante a la salinidad, los rendimientos pueden ser afectados de forma significativa si no se amortigua la presencia de sales. La fertirrigación, con su gran capacidad de adaptación a las condiciones concretas de cada momento fenológico, es la técnica más adecuada para paliar este problema.**



**E**n los últimos años se han ido renovando las técnicas de cultivo y, sobre todo, las técnicas de fertilización que tienden a optimizar la nutrición del olivo. El sistema de fertirrigación es el método más racional para aplicar los fertilizantes y su tecnología se está imponiendo a otros métodos más tradicionales, hasta el punto de que actualmente se fertirrigan más de 400.000 ha de olivar. Para el año 2008 se estima que la superficie en fertirriego se ampliará a más de 600.000 ha. En consecuencia, los agricultores demandan más información para sacar el máximo partido a esta tecnología.

No es suficiente manejar los kilos por hectárea totales que se aplican en un ciclo de cultivo, lo importante es saber cómo hay que dosificar esas cantidades de fertilizantes. Para ello hay que conocer las normas de apli-

cación de las correspondientes disoluciones fertilizantes, las concentraciones de nutrientes en dichas disoluciones y las relaciones entre ellos. Se trata de fraccionar las aplicaciones de agua y fertilizantes y sincronizar las exportaciones del cultivo con las aportaciones de las disoluciones fertilizantes.

Se debe realizar una fertirri-

**EL EXTRACTO DE SUELO SATURADO CON DISOLUCIÓN FERTILIZANTE es un método muy fiable para conocer qué nutrientes están disponibles para la nutrición de la planta**

gación "a la carta", es decir, una fórmula de fertirrigación para cada cultivar, momento fenológico, suelo, agua de riego, condiciones climáticas e incluso otras condiciones como la salinidad de la disolución del suelo, provocada, en la mayor parte de los casos, por las características del agua de riego.

El olivo es un cultivo tolerante a la salinidad pero, cuando el contenido de sales del suelo es alto, también afecta a los rendimientos si no se toman las medidas adecuadas. En nuestros ensayos, para paliar la salinidad, no sólo nos hemos basado en la optimización de la disolución nutritiva, sino que también hemos tenido en cuenta los antagonismos entre nutrientes como nitrato/cloruro y sodio/(calcio + magnesio). Además, las aplicaciones de  $\text{Ca}^{2+}$  han permitido eliminar parte del  $\text{Na}^+$  adsorbido en el coloide del

suelo. Este método nos ha proporcionado una mejora de la nutrición del cultivo y unos rendimientos relativamente altos.

Durante cinco años, nuestro grupo de trabajo ha efectuado diversos ensayos en las comarcas agrícolas de Jaén, Córdoba y Sevilla, en los que se ha conseguido adecuar la disolución fertilizante a los requerimientos nutricionales del cultivo. La metodología de trabajo que proponemos incluye no sólo la aplicación de disoluciones fertilizantes adecuadas, sino también un seguimiento de la nutrición que nos ha proporcionado numerosos niveles de referencia. Esto nos ha permitido obtener buenos rendimientos y disminuir considerablemente la vecería.

## ■ Ensayos y metodología

Para el estudio de la fertirrigación del olivar en condiciones salinas se escogió una finca caracterizada principalmente por su ele-

## Cuadro I.

### Parámetros del agua de riego.

Agua de riego	
pH	8,84
CE (dS/m)	5,34
Bicarbonatos (meq/l)	2,4
Carbonatos (meq/l)	—
Cloruros (meq/l)	30,4
Sulfatos (meq/l)	10,58
Sodio (meq/l)	36,42
Calcio (meq/l)	4,49
Magnesio (meq/l)	2,61
Potasio (meq/l)	0,19
Fosfatos (meq/l)	—
Amonio (meq/l)	—
Nitratos (meq/l)	1,1

vada salinidad, debida al riego con agua de salinidad muy alta. Dicha finca se encuentra emplazada en la población de Écija, Sevilla. En ella se cultiva la variedad Hojiblanca en un marco de plantación

7 x 7 equivalente a 205 olivos/ha. El suelo es calizo, de textura franco-arcillosa, con un pH de 7,7 y una conductividad eléctrica de 8,2. Las características del agua de riego se presentan en el **cuadro I**.

En el **cuadro I** destacan los valores muy elevados de CE, Cl<sup>-</sup> y Na<sup>+</sup> que proporcionan la salinidad al suelo.

Se trata de una parcela de regadío caracterizada por unos contenidos muy elevados de iones cloruro (Cl<sup>-</sup>) y sodio (Na<sup>+</sup>) que afectan directamente a la nutrición del cultivo, obteniendo unas producciones medias el pasado año de 9.000 kg de fruto por ha.

El abonado de esta parcela desde 2003 hasta 2005 ha consistido en la dosificación de fertilizantes sólidos solubles en aplicaciones puntuales, pero no de forma sistemática. La aplicación de fertilizantes debe hacerse distribuida en todos los riegos para amortiguar constantemente la salinidad del suelo.

## Plan de fertirriego

Según los ensayos realizados durante cinco años en diversas comarcas agrícolas, se propuso inicialmente un plan de fertirriego (**cuadros II y III**) orientado a combatir los problemas derivados de la presencia de elevadas concentraciones de cloruro sódico, buscando siempre una óptima nutrición del cultivo para mejorar los rendimientos y rentabilizar al máximo el aporte de los fertilizantes.

Se han adaptado las disoluciones fertilizantes obtenidas para diferentes momentos fenológicos a las condiciones salinas considerando tres ideas fundamentales: frecuencia y volumen de fertirriego según las características del suelo y el agua de riego, efecto del calcio sobre el sodio adsorbido en el coloide del suelo y antagonismos a nivel de absorción por la planta entre Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup>/(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) de la disolución del suelo.

Para poder optimizar las diso-



## El auténtico SOP soluble especial para fertirrigación y aplicación foliar

Desde hace más de 10 años, SoluPotasse® ha proporcionado a los agricultores de todo el mundo, una excelente fuente concentrada de potasio y azufre, ayudando a producir cultivos de alta calidad y alto valor.

- Fácil manejo - rápida disolución y totalmente soluble en agua
- Bajo pH - mejora la asimilación de los nutrientes por la planta y disminuye los riesgos de obstrucción de goteros
- Ideal para suelos sensibles y con problemas de salinidad - bajo índice salino y libre de cloro
- Alta pureza y calidad garantizada con resultados óptimos
- Fertilización flexible - una fuente de potasio libre de nitrógeno que además aporta azufre

Tessenderlo Group Fertilizers

*giving nature a helping hand*

## Cuadro II.

Propuesta inicial de fertirriego. Al final del ensayo se propondrá la disolución definitiva en base al seguimiento realizado.

Disoluciones fertilizante de N,P,K,Ca		Equivalencia en kg/m <sup>3</sup> 500 veces concentrado en cabezal de riego	
10 abril – 1 mayo	7; 1; 2; 9 meq/l	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	216
		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	40
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	87
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 72%, d=1,62 g/cm <sup>3</sup>	42 litros
1 mayo – 1 julio	7; 1,5; 4; 9 meq/l	KNO <sub>3</sub>	100
		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	162
		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	20
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	87
		CaS <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 22,8%, d=1,25 g/cm <sup>3</sup>	134 litros
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 72%, d=1,62 g/cm <sup>3</sup>	63 litros
1 julio – 30 octubre	5; 1,5; 4; 7 meq/l	KNO <sub>3</sub>	100
		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	108
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	87
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 72%, d=1,62 g/cm <sup>3</sup>	63 litros

## Cuadro III.

Disolución de micronutrientes aplicada durante todo el ciclo de cultivo.

Disolución fertilizante		Equivalencia en tanque (kg/m <sup>3</sup> de tanque) de micronutrientes 500 veces concentrado	
Fe	2 ppm	EDDHA-Fe 6%	16,66 kg/m <sup>3</sup> .
Mn	1 ppm	EDTA-Mn 13%	3,85 kg/m <sup>3</sup> .
B	1 ppm	Etanolamina 15%	3,33 kg/m <sup>3</sup> .
Cu	0,2 ppm	Sulfato hidratado	395 g/m <sup>3</sup> .
Zn	0,2 ppm	EDTA-Zn 14%	714 g/m <sup>3</sup> .
Mo	0,05 ppm	Molibdato amónico 56,3%	44,5 g/m <sup>3</sup> .

luciones fertilizantes, proponemos una metodología de seguimiento que se basa en los siguientes apartados:

- Análisis de suelo y agua de riego.
- Análisis de extracto saturado con disolución fertilizante. Proporciona información sobre la disolución del suelo, que es la verdaderamente nutritiva para la planta.
- Análisis de savia. Método muy sensible optimizado en estudios anteriores que informa de manera precoz sobre el estado nutricional del cultivo en el momento de la toma de muestra.
- Control de producción de fruto y rendimiento en aceite.

## Resultados y conclusiones

### Interacción de la disolución fertilizante

En la **figura 1** se puede observar el marcado carácter salino de las disoluciones fertilizantes causado por el agua de riego y, por tanto, también de la disolución del suelo. El ión Na<sup>+</sup> estará siempre

presente en altas concentraciones, por lo que mantener los niveles de Ca<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup> elevados, cercanos a 12 y 5 meq/l respectivamente, es una buena estrategia para combatir los efectos de la sodificación (**figura 2a**). En la disolución del suelo no se observa acumulación de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> (**figura 2b**) a lo largo del ciclo de cultivo debido al sistema de riego utilizado en cuanto a volumen por árbol y en cuanto a la frecuencia de riegos. Los niveles altos de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> se amortiguan mediante el abonado correspondiente, evitando que la planta absorba un exceso de ambos elementos.

La interacción de la disolución fertilizante con el suelo provoca un aumento del Ca<sup>2+</sup> en la disolución del suelo debido a intercambios iónicos con el K<sup>+</sup> aplicado en la fertirrigación. Todo esto favorece las relaciones catiónicas.

Aunque la CE, principalmente debida al cloruro sódico, es alta, está continuamente frenada por la presencia de iones K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup> que intervienen en el equili-

brio catiónico. Por ello no es una práctica recomendable lavar el suelo con agua de esta calidad, ya que sin la presencia de tales cationes provenientes de los fertilizantes los efectos del Na<sup>+</sup> serían mucho más graves. Recordemos siempre que no es tan importante el valor absoluto de un ión como la relación entre todos ellos. En el **cuadro IV** se puede observar cómo al realizar un extracto saturado con agua simulando un lavado sin fertilizantes, el pH y la CE aumentan considerablemente respecto a otro extracto realizado con disolución fertilizante.

### Volumen de agua aportado

Por otro lado, un adecuado volumen de riego también es importante para conseguir controlar la salinidad de la disolución de riego. En un principio se planteó un volumen acorde a la superficie de copa de los árboles, estimado en 100 l/olivo dos veces por semana en los meses de abril y octubre y tres en el resto de los meses. Sin embargo, se observó que en el mes de agosto aumentaba la CE del suelo hasta 16 dS/m, por lo que se decidió fertirrigar todos los días con 100 l/olivo. Posteriores análisis mostraron que era más conveniente fertirrigar con 200

l/olivo cada dos días, disminuyendo la conductividad hasta 11 dS/m. Esto es debido a que este sistema produce un lavado de sales más efectivo. Se puede ver en la **figura 1** una ligera pero significativa bajada de CE en el mes de septiembre respecto al muestreo anterior.

### Análisis de hoja y savia

Los análisis de hoja y de savia nos ayudan a comprender el estado nutricional del cultivo, especialmente el de savia, que por su sensibilidad indica al momento cualquier tipo de desorden nutricional. En las **figuras 3 y 4** se puede ver la dinámica de algunos nutrientes en savia a lo largo de los distintos momentos fenológicos. Se comprueba que a pesar de la gran cantidad de ión cloruro presente en la disolución del suelo, no se acumula en el árbol. Incluso llega a disminuir en las reservas analizadas en el año 2007. Este efecto posiblemente se deba a las altas dosis de N que se han mantenido durante todo el año, que por su efecto antagónico frena la absorción de Cl<sup>-</sup>. Aun así, los niveles de N a finales del ciclo son ligeramente bajos con respecto a los de referencia obtenidos en años anterior.

## Cuadro IV.

Efecto en la disolución del suelo al saturarlo con agua de riego o disolución fertilizante.

Método	pH	CE (dS/m)	Na+ (meq/l)	Cl- (meq/l)
Extracto con DF	7,4	12,9	53,4	102,3
Extracto con agua de riego	7,7	14,5	70,1	118,5

## Cuadro V.

Producción de aceituna y aceite en las tres últimas campañas. El ciclo 2006/2007 corresponde a nuestro plan de fertirrigación.

Campaña	Producción (kg fruto/ha)	Rendimiento graso (%)	Producción aceite Litros/ha
2004/2005	5.120	16,7	855
2005/2006	9.550	18,4	1.757
2006/2007	14.000	16,4	2.296

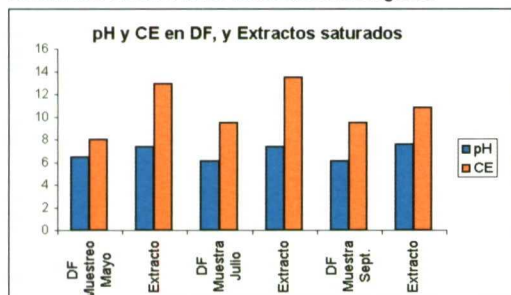
## Cuadro VI.

Unidades fertilizantes gastadas en todo el ciclo de cultivo.

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
kg/ha	140	84	258	75
g/olivo	683	410	1259	366

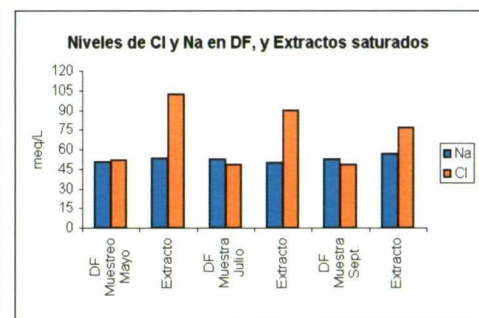
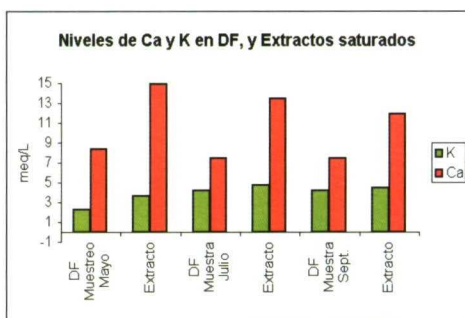
**Figura 1.**

Comparativa de pH y CE entre disoluciones fertilizantes (DF) y extracto saturado de suelo con disolución fertilizante en diferentes momentos fenológicos.



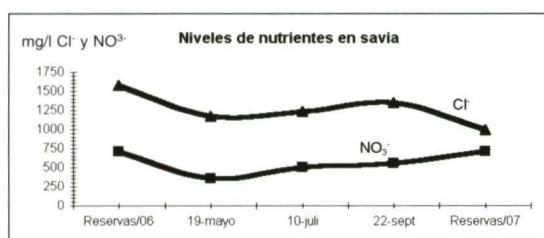
**Figura 2.**

Comparativa entre niveles de nutrientes en disolución fertilizante (DF) y extracto saturado de suelo con disolución fertilizante, en diferentes momentos fenológicos.



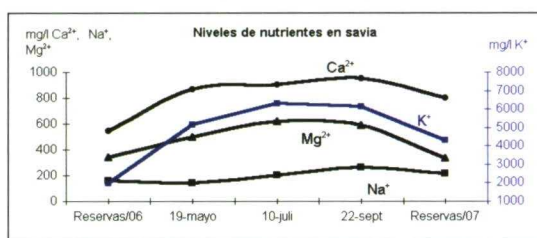
**Figura 3.**

Evolución de nitratos y cloruros en savia.



**Figura 4.**

Evolución de calcio, magnesio, sodio y potasio.



res. Algo parecido ocurre en el caso del Na<sup>+</sup>, que aun en elevadas concentraciones, es desplazado desde el coloide del suelo por la continua presencia de Ca<sup>2+</sup> evitando su acumulación en savia. Consecuentemente, la elevada concentración de Ca<sup>2+</sup> y Na<sup>+</sup> ha impedido la correcta absorción de K<sup>+</sup>, que aunque ha subido hasta niveles aceptables, aún es mejorable.

#### Producción obtenida

La gran carga obtenida en este año (14.000 kg de fruto por ha) con respecto al año anterior

(cuadro V) ha influido en el desgaste nutricional del árbol, por lo que se observan valores de N y K<sup>+</sup> ligeramente bajos a finales del ciclo (figuras 3 y 4), hecho que se ha tenido en cuenta a la hora de plantear el plan de fertirrigación del año que viene. Aunque nuestro plan de fertirrigación ha paliado sensiblemente el impacto de las elevadas concentraciones de cloruro sódico sobre el cultivo, no debemos olvidar que estamos trabajando en condiciones muy salinas, por lo que inevitablemente hay parámetros, como el rendimiento graso del fruto, que

se han visto afectados.

En el cuadro VI se muestran a modo orientativo las unidades fertilizantes gastadas en todo el ciclo de cultivo. Se puede considerar un aporte de nutrientes ligeramente elevado respecto al ideal, sin embargo, teniendo en cuenta la alta salinidad de la parcela y el incremento 30% en producción de aceite respecto al año anterior al ensayo, podemos decir que es altamente eficaz y rentable.

#### Disoluciones propuestas

Teniendo en cuenta los análisis realizados, donde se muestra

ba la difícil absorción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K<sup>+</sup>, se decidió no disminuir dichos iones en la tercera disolución fertilizante, manteniéndola prácticamente igual que la segunda. Para el año próximo y para esta parcela en concreto se proponen dos disoluciones fertilizantes:

- 1 abril–30 mayo 8; 1,5; 4; 9 (N; P; K; Ca) meq/l.

- 1 junio–30 octubre 8; 1,5; 5; 9 (N; P; K; Ca) meq/l. ■

#### Agradecimientos

Este proyecto ha sido patrocinado por las empresas Tessenger Group SA y Marphi SL, con la colaboración de Agrogenil SL.

#### Bibliografía

- Barranco, D; Fernández Escobar, R; Rallo, L. (2001). "El cultivo del olivo". Editorial Mundi Prens. (Madrid)
- Cadachia. "Fertirrigación de cultivos hortícolas, frutales y ornamentales" Mundi Prens. Madrid.
- Hidalgo, Juan Carlos; Pastor, M. "Fertilización y corrección de deficiencias nutritivas en olivar". Vida Rural nº 142 (Febrero 2002).
- Pastor, J M.; Hidalgo, J; Camacho, L; Martínez, A; Arrollo, P. "Mejora en la eficacia del uso del agua.". Vida Rural nº 115 (Octubre 2000).
- Pastor, M.; Castro, J.; Mariscal, M.J.; Vega, V.; Orgaz, F.; Fereres, E.; Hidalgo, J., 1999. Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. Investigación Agraria: Producción Vegetal 14(3):393-404.



NEW HOLLAND



Enrique Segura, s.l.

[www.enriquesegura.com](http://www.enriquesegura.com)

Polígono industrial Sector 4, nº 9  
50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza). España

Tfno.: 976 18 50 20 • Fax: 976 18 53 74

Móvil: 609 300 299 E-mail: [enrique@enriquesegura.com](mailto:enrique@enriquesegura.com)

