

Optimización del abonado en una rotación de cultivos hortícolas

El ensayo se realizó en las Vegas del Guadiana con una rotación de pimiento - lechuga - tomate

El objetivo de este trabajo es valorar, dentro de una rotación hortícola de tres cultivos, la posibilidad de reutilizar los excedentes de abono de un cultivo en el siguiente dentro de dicha rotación, con suelo desnudo y acolchado con plástico negro, planteando diferentes estrategias de abonado y determinando la incidencia de las mismas sobre la producción, la calidad y la extracción global de nutrientes de la rotación.

C. Campillo, C. Daza, M. H. Prieto, J. A. González, A. Vivas, M. J. Moñino y M. I. García.

Centro de Investigación Finca La Orden. Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico. Junta de Extremadura.

Existe una preocupación creciente por la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente en general, así como por la optimización de los medios de producción, de forma que se empleen los recursos necesarios y suficientes para obtener una buena cosecha. En los sistemas de horticultura extensiva estamos hablando de producciones con un coste económico importante en comparación con otros cultivos extensivos, y en los que la exigencia de calidad son elevadas, por lo que es habitual utilizar una serie de infraestructuras: el riego localizado, fertirrigación y sistemas de semiprotección (coberturas del suelo, túneles, etc.) que introducen mejoras en la productividad, calidad y precocidad, pero a costa de un incremento considerable de los costes de cultivo. Estas infraestructuras, suelen ofrecer la posibilidad de una sensible mejora en la realización de las prácticas de cultivo que no siempre son aprovechadas en toda su potencialidad.

Las prácticas de abonado tienen una influencia importante sobre la producción y calidad de las cosechas, pero también sobre el impacto de la actividad agrícola en el medio ambiente. Una correcta fertilización implica conocer el ritmo de absorción de nutrientes por parte de las plantas y ajustar a éste el aporte de fertilizantes. Aplicaciones por exceso incrementan injustificadamente los costes de producción y se convierten en una posible fuente de contaminación del medio ambiente. En este sentido, el nitrógeno es el macronutriente más soluble y por lo tanto el de mayor potencial como contaminante, ya que el agua de lluvia o riego se convierte en su vehículo de transporte. Por otra parte, la complejidad del ciclo del nitrógeno dificulta sensiblemente la elaboración de los planes de abonado de los cultivos. El "buen uso" no implica sólo a la aplicación del fertilizante, sino a combinarlo con unas prácticas de riego correctas que eviten desplazar los nutrientes fuera de la zona de influencia de las raíces.

Aunque el potasio es un elemento menos soluble, en el caso

de la fertirrigación se emplean formas solubles para facilitar su distribución a través del sistema de riego. Por otra parte, el potasio tiene importancia en la calidad de muchos cultivos hortícolas, por lo que es frecuente encontrar casos de sobrefertilización incluso en suelos con una disponibilidad elevada del mismo.

El fósforo, al ser un elemento poco móvil es *a priori* el elemento de gestión más sencilla, aunque al igual que los elementos anteriores, hay que asegurar una correcta disponibilidad para la planta y evitar aplicaciones excesivas que incrementen innecesariamente los costes.

Las rotaciones de cultivos permiten intensificar y mejorar el uso del suelo y el de los diferentes medios de producción. Por una parte están los elementos que integran la infraestructura de la parcela, como son la sistematización del terreno, la instalación de riego y los sistemas de semiprotección o coberturas del suelo, cuya vida útil puede ser superior a la duración de un cultivo y, por otra, los inputs excedentarios del cultivo anterior que se mantienen en el terreno de cultivo una vez concluido el mismo, entre los que podemos incluir los fertilizantes y el agua. En lo que se refiere a la fertilización y al potencial contaminante de los abonos, una



rotación integrada por cultivos de invierno y de verano, permite mantener más tiempo la cobertura del suelo, ofreciendo una mayor protección frente a la erosión y lavado además de evitar que los abonos residuales del cultivo de verano puedan ser arrastrados directamente por la lluvia. La posibilidad de utilizar el mismo sistema de riego y protección (acolchado) en más de un cultivo es una idea que data de los años setenta. La doble o triple sucesión de cultivos es un medio potencial de recuperar las inversiones en plástico, cinta o tubo de goteo y aprovechar mejor el fertilizante (Stall *et al.*, 1978; Hayslip *et al.*, 1978) y ha sido utilizada con éxito en numerosos cultivos.

► Materiales y métodos

Se realizó un ensayo de campo que se inició en el año 2002 concluyendo en 2003, que consistía en una rotación de tres cultivos hortícolas (pimiento de pimentón-lechuga- tomate de industria) situado en una parcela de la finca La Orden del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Extremadura, situada en las Vegas Bajas del Guadiana. El ensayo constaba de dos sistemas de mantenimiento del suelo: suelo desnudo (T) y acolchado con polietileno negro de 100 galgas (P) y varias estrategias de abonado, iguales con ambos sistemas de mantenimiento, que se presentan en el **cuadro I**, con un diseño de parcela dividida con tres repeticiones.

Previo al inicio de la rotación, se realizó un análisis de suelo hasta los 0,6 m de profundidad determinándose que se trata de un suelo de textura franco-arenosa, con pH neutro-ligeramente ácido (6,5-7), materia orgánica entre 0,9 y 1,5%, rico en fósforo y pobre en potasio, calcio y magnesio.

El terreno se homogeneizó en camas con una distancia entre ejes de 1,5 m y riego localizado con cinta de riego con goteros de 1 l/h y 20 cm de distancia entre goteros manteniéndose en toda la rotación. El pimiento (variedad Jaranda) se transplantó el 24 de mayo en línea doble con una densidad de 20.200 plantas/ha, la lechuga (*Lactuca sativa* L. variedad Candela) el 28 de noviembre en línea doble con una densidad de 45.000 plantas/ha y el tomate (*Lycopersicon esculentum* L. variedad Early Nemapríde) el 7 de mayo en línea sencilla con una densidad de 27.000 plantas/ha. El abonado se aplicó a través del riego fraccionando a lo largo del ciclo de cultivo y con una dosis acorde al tratamiento. Tras el cultivo de la lechuga se realizó un pase de fresadora en suelo desnudo y no se realizó ninguna labor en la parte acolchada.

La programación de riego se realizó para satisfacer las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos de la rotación de acuerdo a la expresión propuesta por la FAO:

$$ET_c = E_{T_o} \times K_c$$

Siendo ET_c la evapotranspiración de cultivo, E_{T_o} la evapotranspiración del cultivo de referencia obtenida diariamente del servicio de asesoramiento al regante de la Junta de Extremadura, a partir de los datos de una estación situada en la propia finca (<http://www.juntaex.es/consejerias/aym/riegos/principal.htm>) de donde se obtenían también los datos de pluviometría y K_c , los coeficientes de cada cultivo (Allen *et al.* 1997,) considerando los coeficientes basales para las parcelas acolchadas.

Para determinar las extracciones de NPK de cada cultivo de la rotación se analizó la concentración de los mismos en la materia seca en recolección de hojas, tallos, frutos rojos, frutos verdes y

CUADRO I. ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN CON DOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO.

Suelo acolchado	Pimiento (110-100-150) (12 camas de cultivo de 20 m de longitud)	Lechuga (0-0-0) (6 camas cultivo) Lechuga (50-0-0)	Tomate (90-0-0) (3 camas cultivo) Tomate (90-100-175) Tomate (90-0-0) Tomate (90-100-175)
Suelo desnudo o no acolchado	Pimiento (110-100-150) (12 camas de cultivo de 20 m de longitud)	Lechuga (0-0-0) Lechuga (50-0-0)	Tomate (90-0-0) Tomate (90-100-175) Tomate (90-0-0) Tomate (90-100-175)



frutos podridos de cada una de las parcelas elementales, se molieron y se analizó separadamente el N(%) por el método Kjeldhal, el P(%) y el K(%) por medida espectrofotométrica, y a partir de la producción de biomasa se determinaron las extracciones para cada cultivo de la rotación. Los muestreos de recolección variaron en función del tipo de cultivo. Así para el pimiento, en el tratamiento de suelo desnudo en dos sitios diferentes de la parcela de cada bloque, se cortaron las plantas presentes en 2 m lineales de cama (4 m lineales de plantas) y se determinó la biomasa en seco (kg/ha) de hojas, tallos, fruto rojo, fruto verde y fruto podrido. En lechuga para cada parcela, se tomaron en dos sitios diferentes tres lechugas determinándose el peso sucio, el peso limpio, y el peso seco de hojas y tallos. Por último en el caso del tomate, para cada parcela, se cortaron las plantas presentes en 1 m lineal y se determinó la biomasa en seco de hojas, tallos, fruto rojo, fruto verde y fruto podrido.

En el caso de la evaluación de los parámetros productivos y cualitativos en recolección para el cultivo de pimiento, en la parcela de cada bloque, en cuatro sitios diferentes, se cosecharon las plantas presentes en 3 m lineales de cama (6 m lineales de plantas). Se pesaron por separado los frutos rojos, verdes y podridos, para determinar la producción y la agrupación de la maduración. Sobre las muestras de biomasa de fruto rojo se determinó el porcentaje de materia seca y el color (grados ASTA). En el caso de la lechuga para cada parcela, se determinó en dos sitios de 5 m de longitud (10 m lineales de planta), el peso sucio y limpio de todas las lechugas presentes. En el caso del tomate, para cada parcela, se cosecharon las plantas presentes en 5 m lineales de cama. Se pesaron por separado los frutos rojos, verdes y podridos, para determinar la producción y la agrupación de la maduración. Se tomaron dos muestras de fruto rojo de unos 2 kg para cada parcela con el objetivo de determinar el rendimiento del zumo, °Brix, pH y color.

FERTILIZACIÓN

Resultados y discusión

Como se puede ver en el **cuadro II** el agua recibida globalmente por cada uno de los cultivos de la rotación no superó las ne-

CUADRO II. AGUA APLICADA Y NECESIDADES PARA LOS CULTIVOS DE LECHUGA Y TOMATE PARA SUELO DESNUDO (TIERRA) Y ACOLCHADO PLÁSTICO (PLÁSTICO).

	Pluviometría + Riego (G)	ETc (P)
Lechuga tierra	196,80 mm	176,09 mm
Lechuga plástico	196,80 mm	149,00 mm
Tomate tierra	542,84 mm	577,57 mm
Tomate plástico	455,31 mm	476,79 mm

CUADRO III. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL CULTIVO DE PIMIENTO.

Suelo	Fruto rojo fresco (kg/ha)	Materia seca (%)	Fruto rojo seco (kg/ha)	Fruto rojo (%)	Fruto verde (%)	Fruto pasado (%)	Color (*ASTA)
Suelo desnudo	26.068	17,45	4.535	88,89	6,05 a	5,06	160
Acolchado	29.892	16,83	5.022	82,53	13,72 b	3,75	187
Media general	27.980	17,14	4.778	85,71	9,89	4,41	174
CV (%)	9,55	1,63	9,41	2,58	19,83	10,86	3,51
Significación	NS	NS	NS	NS	*	NS	*

Los valores con letras diferentes, dentro de cada grupo de datos, difieren entre sí.
Diferencia significativa p<0,05% ; Diferencia No Significativa (NS).

CUADRO IV. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL CULTIVO DE LA LECHUGA.

Suelo	Fertilización	Nº frutos comerciales/ha	Producción (kg/ha)	Peso unidad (g)	Materia seca (%)
Suelo desnudo	Media	35.444	26.703	749	4,95
Acolchado	Media	32.111	23.344	724	5,17
Media	50 UF de N/ha	35.444	27.548	774	5,27 b
	0 UF de N/ha	32.111	22.499	699	4,86 a
Media general		33.778	25.024	737	5,06
CV (%)		17,29	27,76	16,94	4,46
Significación	Acolchado	NS	NS	NS	NS
	Abonado	NS	NS	NS	*
	Interacción	NS	NS	NS	NS

Los valores con letras diferentes, dentro de cada grupo de datos, difieren entre sí
*Diferencia significativa p<0,05% ; Diferencia No Significativa (NS)

CUADRO V. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL CULTIVO DEL TOMATE.

Suelo	Fertilización previa lechuga	Fertilización tomate	Producción fruto rojo (kg/ha)	Fruto rojo (%)	Rdto. en zumo	°Brix	pH	Colora/b
Suelo desnudo	Media	Media	76.560 b	73,60	65,73 b	3,96 a	4,27	2,46
Acolchado	Media	Media	40.292 a	75,94	62,37 a	4,56 b	4,26	2,50
Media	50 UF de N/ha	Media	57.320	74,66	63,46	4,21	4,27	2,47
Media	0 UF de N/ha	Media	59.532	74,88	64,64	4,31	4,26	2,49
Media	Media	N	55.473	73,44	62,50 a	4,16	4,28 b	2,49
Media	Media	NPK	61.379	76,10	65,59 b	4,36	4,25 a	2,48
Media general			58.426	74,77	64,05	4,26	4,26	2,48
CV (%)			14,14	7,48	3,54	5,86	0,68	4,35
Significación	Acolchado (Ac)		*	NS	*	*	NS	NS
	Fertilización previa lechuga (Ab)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Fertilización tomate (N)NS		NS	*	NS	*	NS	NS
	Interacción Ac-Ab		NS	*	NS	NS	NS	NS
	Interacción Ac-N		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Interacción Ab-N		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Interacción Ac-Ab-N		NS	NS	NS	NS	NS	NS

Los valores con letras diferentes, dentro de cada grupo de datos, difieren entre sí
*Diferencia significativa p<0,05% ; Diferencia No Significativa (NS)

cesidades del cultivo, por lo que no es de prever que hubiera pérdidas importantes por lixiviación. En todo caso, se observa cierto déficit en el tomate que pudo ser cubierto por los excedentes de la lechuga almacenados en el suelo.

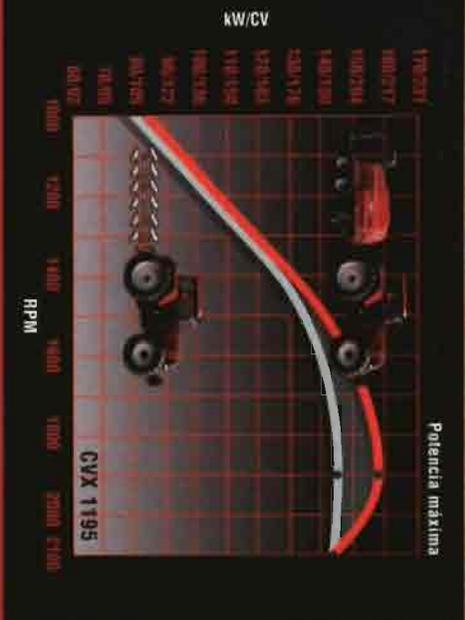
A la vista de los resultados obtenidos (**cuadros III, IV y V**), podemos decir que la fertilización aplicada al pimiento permitió tener un buen nivel de producción y calidad en el cultivo siguiente, la lechuga, que no es muy exigente en nutrientes, como muestra el **cuadro VII** en el que aparecen las extracciones. Incluso el tratamiento en que no se hizo aporte de fertilizante no se observa pérdida de producción. Sin embargo, el tomate puede considerarse como muy exigente en nitrógeno y potasio, de forma que las extracciones (**cuadro VIII**) estuvieron por encima del aporte de nitrógeno en fertilizante, aunque inferiores para P y K, a pesar de lo cual, no se obtuvieron diferencias en producción entre las diferentes estrategias de abonado y tan sólo ligeras diferencias en la calidad de los frutos (mayor rendimiento en zumo y menor pH en NPK). Por lo tanto, hubo una disponibilidad de nutrientes en el sistema de una procedencia distinta de la fertilización, tanto del cultivo actual como del precedente de la rotación, difícil de explicar para un suelo pobre en materia orgánica y potasio.

En cuanto al efecto del acolchado plástico, incidió de forma positiva sobre la calidad del pimiento (**cuadro III**), no tuvo efecto destacable sobre el segundo cultivo (**cuadro III**) y resultó en pérdida de cosecha y mejora de algunos de los parámetros de calidad en el tomate (**cuadro V**). Aunque en los tres cultivos se observó un cierto adelanto en el desarrollo inicial de las plantas, se fueron igualando posteriormente, no reflejándose apenas al final del cultivo. En el caso del tomate, los resultados negativos fueron debidos a un problema de compactación superficial del suelo, que fue más grave bajo acolchado al no realizarse ninguna labor (en suelo desnudo se dio un pase de rotovátor tras la lechuga). La presencia del plástico tampoco tuvo incidencia en las extracciones de nutrientes de los tres cultivos de la rotación (**cuadros VI, VII y VIII**).

En la **figura 1** podemos comparar las aportaciones de fertilizantes y con las extracciones para la rotación completa. En el caso del N (**figura 1a**) las extracciones fueron siempre superiores al abonado y similares entre tratamientos, llegando a ser el doble en las estrate-

CVX

Test de resistencia - Marzo 2006
Revista DLZ Agrarmagazin
Puntuación máxima ++
para la Gestión de la Potencia"



Gestión de la potencia
Le ofrece hasta 20 CV de potencia extra en modo de transporte y aplicaciones con toma de fuerza.



ACCELA™ lubricantes

¡El tractor inteligente que hace el trabajo más sencillo!

CVX: una gama de cinco tractores, desde 101 hasta 144 kW (desde 137 hasta 196 CV). Los motores de 6,6 litros pueden ofrecer la velocidad máxima a tan sólo 1.900 rpm. La transmisión continuamente variable, unida al motor mediante el exclusivo sistema Case IH APM (Gestión de Productividad Automática), le ofrece velocidades infinitamente variables con una eficiencia máxima del motor. La toma de fuerza de cuatro velocidades, los hidráulicos con presión de caudal compensado y el sistema de gestión de giros en cabecera, le aseguran una versatilidad total aportando mayor productividad. La amplia cabina con visibilidad total, la cabina suspendida (en los tractores CASE IH es standard) y el eje frontal suspendido, incluyen unos mandos sencillos para asegurar el confort al usuario. Si está pensando en un "tractor de máximo rendimiento", piense en CVX.

Para más detalles póngase en contacto con su concesionario CASE IH más cercano! www.caseih.com

CASE IH

Fuertes por tradición

FERTILIZACIÓN

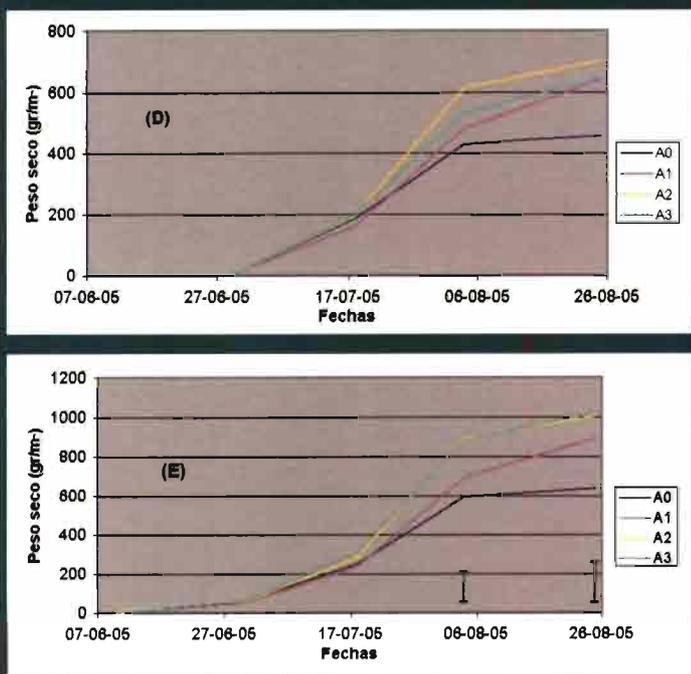
gías con menor aportación de N, observándose también que las diferencias globales en producción de biomasa fueron escasas. Algo similar sucedió con el potasio (**figura 1b**) aunque, en este caso, al aumentar el aporte de K se produjo un cierto incremento en la extracción que tan sólo tuvo repercusiones en la calidad de algunos de los cultivos, como se vio anteriormente. Por último, el abonado fosfórico se mantuvo por encima de las extracciones y no pareció afectar a las mismas. Aunque al contrastar los análisis de nutrientes en suelo previos al inicio de la rotación y al finalizar la misma, no se observan diferencias notables, cabe preguntarse por un posible empobrecimiento en caso de minimizarse los aportes y no reponerse los restos de cultivo al suelo.

Conviene señalar que la producción del tomate fue baja en relación a la productividad de este cultivo bajo riego por goteo en la zona. El motivo no parece relacionado con la disponibilidad de nutrientes sino con el problema de compactación de suelo ya mencionado, que dificultó el establecimiento y desarrollo inicial de las plantas, por lo tanto, una rotación de tres cultivos resultó excesiva para unas condiciones de suelo como las de este ensayo, con tendencia a la compactación (suelo limoso, poco estructurado y pobre en materia orgánica), a pesar de que tanto el polietileno del acolchado y las cintas de riego se mantuvieron en buenas condiciones de uso hasta finalizar el tercer cultivo.

Así pues, en lo referente a la optimización de la fertilización, se comprobó que es posible reducir el aporte de fertilizante en los cultivos integrantes de la rotación hortícola planteada, sin pérdida de cosecha ni calidad. Es posible que se produjera cierta reutilización de abonado del cultivo anterior, pero los resultados ponen en evidencia la existencia de una fuente de nutrientes adicional a la fertilización, al menos de nitrógeno y potasio que puede

FIGURA 1.

Evolución del peso seco (gr/m²) del fruto (D) y planta entera (E) de melón a lo largo de su ciclo de cultivo. Las barras verticales representan la mínima diferencia significativa para p≤0,05.



CUADRO VI. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJA EN RECOLECCIÓN EN EL PIMIENTO.

Suelo	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Desnudo	183,9	9,0	157,3
Acolchado	239,2	10,8	186,8
Media general	211,6	9,9	172,1
CV (%)	10,70	7,46	9,54
Significación	NS	NS	NS

Los valores con letras diferentes, dentro de cada grupo de datos, difieren entre sí *Diferencia significativa p<0,05% ; Diferencia No Significativa (NS).

CUADRO VII. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJA EN RECOLECCIÓN EN LA LECHUGA.

Suelo	Fertilización	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Suelo desnudo	Media	39,6	6,2	50,1
Acolchado	Media	33,8	5,6	49,0
Media	50 UF de N/ha 0 UF de N/ha	38,4 35,0	6,3 5,5	49,4 49,6
Media general		36,7	5,9	49,5
CV (%)		32,09	26,47	27,39
Significación	Acolchado Abonado Interacción	NS NS NS	NS NS NS	NS NS NS

Los valores con letras diferentes, dentro de cada grupo de datos, difieren entre sí *Diferencia significativa p<0,05% ; Diferencia No Significativa (NS).

CUADRO VIII. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN HOJA EN RECOLECCIÓN EN EL TOMATE.

Suelo	Fertilización previa lechuga	Fertilización tomate	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Suelo desnudo	Media	Media	176,5	21,6	141,4
Acolchado	Media	Media	160,0	19,3	120,6
Media	50 UF de N/ha 0 UF de N/ha	Media	162,5 174,1	20,1 20,9	129,9 132,1
Media	Media	N NPK	171,8 164,8	19,1 21,9	113,1 a 149,0 b
MEDIA GENERAL			168,3	20,5	131,0
CV (%)			8,92	15,35	14,81
Significación	Acolchado (Ac) Fertilización previa lechuga (Ab) Fertilización tomate (N) Interacción Ac-Ab Interacción Ac-N Interacción Ab-N Interacción Ac-Ab-N	NS NS NS NS NS NS NS	NS NS NS NS NS NS NS	NS NS NS NS NS NS NS	NS NS NS NS NS NS NS

Los valores con letras diferentes, dentro de cada grupo de datos, difieren entre sí. *Diferencia significativa p<0,05% ; Diferencia No Significativa (NS).

ofrecer cierta garantía frente a la desnutrición si se adoptan prácticas de abonado muy ajustadas a las extracciones de los cultivos para minimizar costes y riesgos de contaminación. ■

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto INIA RTA01-023-C5-03 y cofinanciado por fondos FEDER.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía en la redacción a disposición de los lectores. Pueden solicitarla en el e-mail: redacción@eumedia.es