EFECTOS DEL MANEJO DE UNA CUBIERTA DE LEGUMINOSAS SOBRE EL CONTENIDO DE NITRATOS EN EL SUELO

Comportamiento de diferentes especies de leguminosas como cubierta vegetal en olivar

Hay algunos estudios sobre la viabilidad de implantación de cubiertas de leguminosas en cultivos leñosos, pero no se han encontrado trabajos que evalúen el efecto de las distintas especies sobre la mejora de la fertilidad del suelo a pesar de que éste es uno de los problemas que limita la producción y la expansión de este tipo de manejo en olivar. El objetivo de este estudio ha sido evaluar la adaptación en campo de diferentes especies de leguminosa como cubierta vegetal para olivar ecológico estimando su capacidad de incrementar el contenido de nitrógeno en suelo y determinar el manejo adecuado de los restos vegetales que maximice esta aportación.

R. Carbonell, M. A. Repullo, P. González y R. Ordóñez.

Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales, IFAPA Centro "Alameda del Obispo. Córdoba.

El olivar ecológico representa alrededor del 18,7% de la superficie ecológica total en España. En Andalucía este cultivo es la principal orientación productiva con el 38% del total de la superficie dedicada a agricultura ecológica y su presencia en el campo andaluz se ha incrementado con el tiempo, pasando de 9.083 ha en 1996 hasta 42.150 ha que se registran actualmente. Este tipo de sistema para el olivar representa una oportunidad económica para determinadas áreas rurales, en general poco productivas, que ofrecen un producto de calidad diferenciada del que cada vez hay una mayor demanda en Europa (FAO, 2002). A su desarrollo ha contribuido el apoyo por parte de la UE, incluyendo esta actividad dentro de los métodos de producción agraria que favorecen el cumplimiento de los objetivos agroambientales (Reglamento 2078/1992).

La oportunidad de mercado que determina balances económicos favorables en algunas zonas y las ayudas agroambientales son algunos de los factores determinantes de la agricultura ecológica en Andalucía (Alonso *et al.*, 2004). Las explotaciones de olivar ecológico en zonas con serias limitaciones físicas puede ser contemplada como una de las no muy abundantes orientaciones para el futuro de estas comarcas (Rosati y Aumaitre, 2004).

El uso de cubiertas vegetales como sistema de manejo del suelo en olivar ha ido aumentando en los últimos años. Con la actual normativa de condicionalidad el empleo de cubiertas vegetales es, en determinadas circunstancias, de obligado cumplimiento como condición al cobro de las ayudas de la actual PAC, lo que ha hecho que exista un gran interés creciente por ampliar el conocimiento tanto de las especies a implantar como de las técnicas adecuadas para manejarlas.

Los beneficios reconocidos a las cubiertas en la bibliografía científica y tecnológica son muy amplios: reducen la contaminación de aguas superficiales (Hall et *al.*, 1984), mejoran el balance de agua en el suelo (Bowman *et al.*, 2004), ayudan a controlar malas hierbas (Hatcher & Melander, 2003;

Foto 1. Vista general de la finca de olivar ecológico Bala Fría propiedad de José Antonio Luque y situada en el término municipal de Castro del Río.

CUADRO I.

Análisis físico-químico del suelo de la finca colaboradora en la que se ha establecido el ensayo.

PROF.	P	K	$CaCO_3$	pH	C.E	M.O
cm	ppm				mS/cm	%
0-10	14,8	267,8	46,14	8,64	0,19	1,60
10-20	12,71	219,7	39,44	8,72	0,17	1,56

Comp.Textural	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Fr-Limosa	18,7	63,8	17,5

Ngouajio *et al.*, 2003), reciclan el nitrógeno del suelo no usado (Weiner *et al.*, 2002), etc.

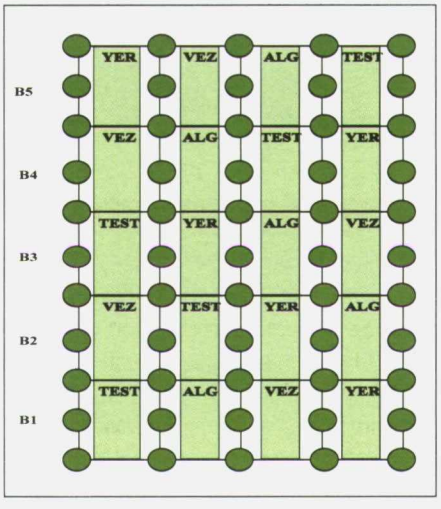
Las leguminosas presentan un gran potencial como cubiertas vegetales, porque además de tener las propiedades antes mencionadas, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico gracias a su asociación con las bacterias del género *Rhizobium*, fijándolo en el suelo y poniéndolo a disposición del árbol una vez que son incorporadas al suelo. Esto resulta de gran interés en olivar ecológico, ya que por lo general ocupan suelos pobres, de poca profundidad y escasa materia orgánica, por tanto uno de los problemas con los que se encuentra el olivarero ecológico es la fertilización del suelo, ya que la incorporación del estiércol, si no hay ganadería asociada a la finca, resulta cara.

La cubierta vegetal de leguminosas puede actuar como abono verde, aportando todas o parte de las necesidades de nitrógeno del cultivo siguiente si la biomasa de la leguminosa es importante y la fijación ha sido efectiva (Guzmán y Alonso, 2001b), aspectos estos en los que tiene gran influencia la especie utilizada. Por otro lado, las leguminosas son capaces de absorber el nitrógeno mineral presente en el suelo evitando que se pierda y poniéndolo a disposición del árbol.

Hay algunos estudios sobre la viabilidad de implantación de cubiertas de leguminosas en cultivos leñosos, pero no se han encontrado en la bibliografía trabajos que evalúen el efecto de las distintas especies sobre la mejora de la fertilidad del suelo a pesar de que éste es uno de los problemas que limita la producción y la expansión de este tipo de manejo en olivar. Por tanto, el objetivo de este estudio ha sido el de evaluar la adaptación en campo de diferentes especies de leguminosa como cubierta vegetal para olivar ecológico estimando su capacidad de incrementar el contenido de nitrógeno en suelo y determinar el manejo adecuado de los restos vegetales que maximice esta aportación.

FIGURA 1.

Croquis del diseño experimental del ensayo.



Material y métodos

El ensayo se ha realizado en el término municipal de Castro del Río en la finca de olivar ecológico Bala fría **(foto 1).** La variedad es Picual y la plantación está a un marco de 8 x 8 m con olivos a un tronco. El manejo de suelo tradicional ha sido el laboreo. Las características físico-químicas del suelo de la finca sobre el que se ha establecido la experiencia aparecen reflejadas en el **cuadro I.**

Para el estudio se seleccionaron tres especies de leguminosas: la algarroba *(Vicia articulata)*, la veza *(Vicia sativa)* y los yeros *(Vicia ervilia)*. Se incluyo además un testigo en el que se dejó crecer la hierba espontánea. Las semillas certificadas de veza y yeros fueron de las variedades Vaguada y Moro 131, respectivamente. Por el contrario no encontramos semilla comercial de algarroba por lo que nos fue facilitada una población desde el Centro de Investigación de Albacete La Algamarrilla.

Tras las primeras lluvias de otoño se realizó la preparación del suelo con dos pases de grada cruzados. Posteriormente el 27 de octubre se sembraron las cubiertas con una sembradora convencional para leguminosas a dosis de 250 kg/ha. El diseño experimental fue bloques al azar con cinco repeticiones **(figura 1).** La parcela elemental fue de 72 m^2 que corresponden a 16 m de largo (la distancia entre tres olivos) y 4,5 m de ancho de la calle (el ancho máximo que permitiera la entrada de la sembradora). La superficie total del ensayo fue de 1.440 m^2.

La siega de la cubierta se realizó el 20 de abril con una desbrozadora de martillos y se realizaron dos manejos diferentes a la cubierta: siega mecánica y posterior incorporación de los restos de la cubierta al suelo mediante

CUADRO II.

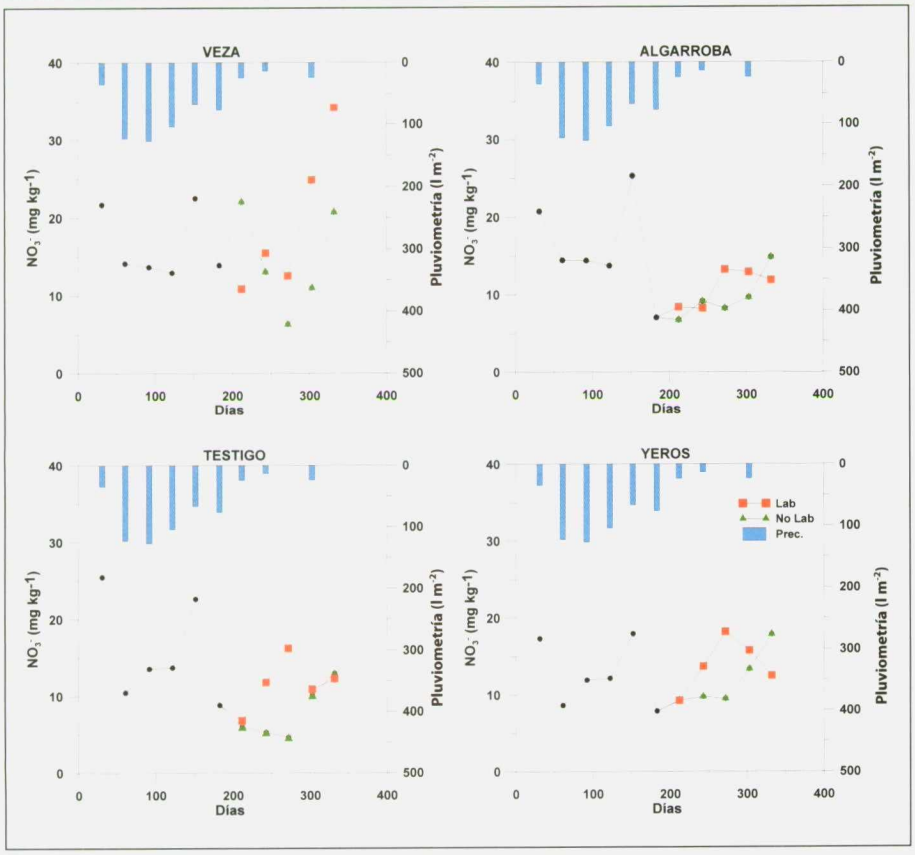
Evolución temporal del contenido de nitratos en suelo (mg/kg) a lo largo del ciclo de la cubierta.

	Noviembre 2008	Diciembre 2008	Enero 2009	Febrero 2009	Marzo 2009	Abril 2009
Profundidad 0-10 cm						
Algarroba	20,74 a	14,44 a	14,40 a	13,72 a	25,30 a	7,03 a
Testigo	25,47 a	10,47 a	13,57 a	13,72 a	22,62 a	8,83 a
Veza	21,68 a	14,13 a	13,67 a	12,93 a	22,49 a	13,88 a
Yeros	17,33 a	8,63 a	11,93 a	12,16 a	17,94 b	7,88 a
Profundidad 10-20 cm						
Algarroba	15,45 a	6,99 a	8,78 a	12,33 a	21,19 a	7,58 b
Testigo	24,73 a	9,88 a	8,34 a	12,26 a	22,63 a	9,13 ab
Veza	17,46 a	9,40 a	7,56 a	14,73 a	21,73 a	10,33 ab
Yeros	17,70 a	9,94 a	9,18 a	13,52 a	18,27 b	11,35 a

foto 2. Vista general del ensayo donde se aprecia el buen desarrollo de la cubierta.

FIGURA 2.

Evolución temporal de la pluviometría y del contenido de nitrógeno nítrico en el horizonte superficial de suelo.



Resultados obtenidos a lo largo de la campaña agrícola 08/09 para las distintas especies de cubierta consideradas en el estudio.

pase con grada de discos y siega mecánica dejando los restos sobre el suelo hasta su descomposición.

Se ha medido la biomasa de los restos a la siega de la cubierta en cuatro muestras por parcelas de 0,5 m^2. Se tomó el peso fresco y seco de la cubierta y de la hierba espontánea total.

Para la medida del contenido de nitratos, se han realizado muestreos con una periodicidad mensual o tras una lluvia intensa. Se han considerado dos profundidades, 0-10 y 10-20 cm. Tras la siega de la mitad de la parcela se tomaron muestras en las dos zonas, segada e incorporada y segada y dejada sobre el suelo.

Las muestras se recogieron en puntos al azar de cada unidad experimental, con una barrena Viechmeyer y se introdujeron en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio. Los suelos se secaron al aire y se tamizaron con un tamiz de 2 mm para su posterior análisis de nitrógeno nítrico. El análisis de nitratos en laboratorio se ha llevado a cabo por extracción del anión con ClK y posterior medida de su concentración previo desarrollo de un complejo coloreado, en un espectrofotómetro de UV-visible según el método descrito por Griess-Illosvay (Bremner *et al*, 1965).

El análisis estadístico de los datos se realizó sobre los correspondientes Anova de las diferentes variables y separación de medias por el test de Tukey a $p< 0,05$.

Resultados y discusión

Del ensayo en campo podemos destacar que las tres especies ensayadas han tenido un buen comportamiento como cubiertas con una buena instalación y rápido crecimiento **(foto 2).** A pesar de que la flora de la finca ha sido extensa y variada, las cubiertas se han mostrado competitivas proporcionando una buena protección al suelo y alta producción de biomasa. Tanto en el tratamiento de siega e incorporación de los restos como en el de siega y depositado de los restos sobre el suelo, ha habido una importante disminución de la hierba de verano y en este último tratamiento se ha observado además una buena persistencia de los restos de la cubierta sobre la superficie del suelo.

En cuanto al comportamiento de la cubierta en la fertilidad del suelo medido a través

CUADRO III.

Evolución temporal del contenido de nitratos en suelo (mg/kg) en el periodo de descomposición de los restos de las cubiertas.

	Mayo 09		Junio 09		Julio 09		Agosto 09		Sept. 09	
	Lab.	No Lab.	Lab.	No Lab.	Lab.	No Lab.	Lab.	No Lab.	Lab.	No Lab.
Profundidad 0-10 cm										
Algarroba	8,38 a	6,74 a	8,21 a	9,16 a	13,23 a	8,22 a	12,91 a	9,64 a	11,86 a	14,85 a
Testigo	6,81 a	6,00 a	11,78 a	5,30 a	16,23 a	4,64 a	10,89 a	10,12 a	12,27 a	12,97 a
Veza	10,84 a	22,03 b	15,47 a	13,05 a	12,52 a	6,31 a	24,83 a	10,99 a	34,18 a	20,73 a
Yeros	9,24 a	9,26 a	13,67 a	9,77 a	18,18 a	9,50 a	15,77 a	13,36 a	12,48 a	17,87 a
Profundidad 10-20 cm										
Algarroba	6,44 a	5,98 a	7,40 a	9,74 a	5,36 a	5,13 a	10,78 a	8,99 a	9,39 a	17,46 a
Testigo	6,49 a	4,75 a	9,34 a	7,67 a	6,16 a	3,92 a	10,48 a	10,81 a	13,65 a	11,61 a
Veza	7,81 a	22,24 b	21,24 b	13,45 a	7,92 a	6,37 a	18,63 a	13,20 a	21,04 a	22,95 a
Yeros	7,06 a	7,24 a	15,95 a	10,49 a	5,24 a	5,45 a	16,03 a	12,36 a	9,66 a	19,95 a

de la evolución del contenido de nitrógeno nítrico, en el **cuadro II** podemos apreciar la evolución temporal del contenido de este parámetro en el suelo en el periodo de desarrollo de la cubierta.

Tanto en superficie como en profundidad, al inicio del ciclo se aprecia una mayor concentración de nitratos en el suelo como consecuencia del menor desarrollo de la cubierta. Una vez que ésta empieza a crecer el contenido de este parámetro desciende hasta el mes de marzo en el que la cubierta empieza a secarse y merman sus necesidades de nutrición, y es a partir de esta época cuando empiezan a observarse diferencias significativas entre especies. El descenso de nitratos observado entre los meses de marzo a abril se debe a las lluvias registradas en este periodo que producen un lavado del anión por debajo de la zona muestreada.

Una vez segada la cubierta, las parcelas experimentales se dividieron en dos partes. En una de ellas se dejaron los restos vegetales en la superficie del suelo (No Lab.) y en otra estos restos se enterraron mediante una labor (Lab.). El resultado de la evolución temporal del contenido en nitratos desde el desbroce de las cubiertas hasta la siguiente siembra aparece reflejado en el **cuadro III.**

En el horizonte superficial los valores más bajos del anión (4,64 mg/kg) se aprecian en el muestreo realizado en el mes de julio en el tratamiento testigo en no laboreo y los más elevados (34,18 mg/kg) en el muestreo del mes de septiembre en la parcela de veza con suelos labrados. En profundidad el nivel más

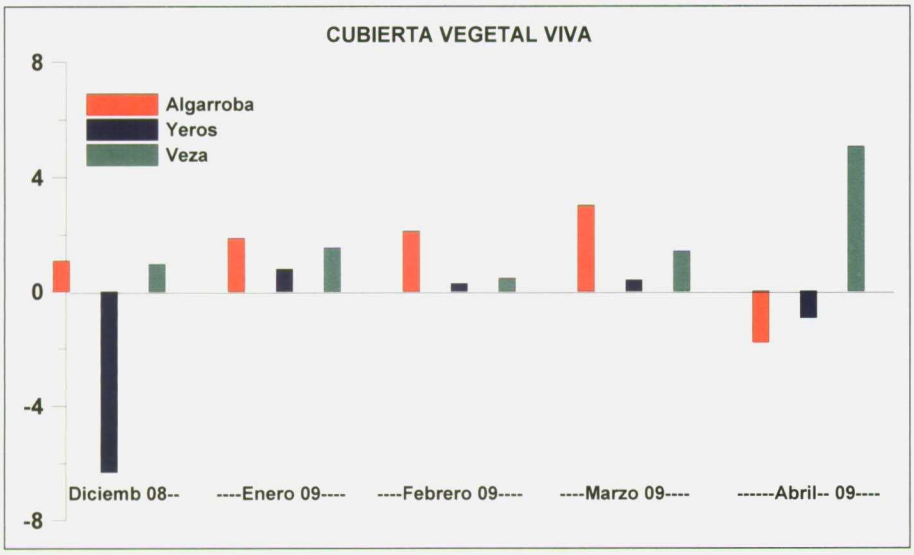
CUADRO IV.

Contenido de nitratos acumulados en el perfil al final de los periodos de vida y descomposición (kg/ha).

	Abril 2009	Septiembre 2009	
Profundidad 0-10 cm		**Lab**	**No lab**
Algarroba	10,07 a	15,5 a	21,27 a
Testigo	12,64 a	16,0 a	18,57 a
Veza	19,88 a	44,6 a	29,69 a
Yeros	11,28 a	16,0 a	25,59 a
Profundidad 10-20 cm			
Algarroba	9,55 b	12,4 a	22,00 a
Testigo	11,50 ab	18,0 a	14,63 a
Veza	13,02 ab	27,8 a	28,92 a
Yeros	14,30 a	12,8 a	25,14 a

FIGURA 3.

Variación del contenido de nitrógeno nítrico de las diferentes especies respecto al tratamiento testigo en el periodo de desarrollo de la cubierta.



bajo de nitratos (3,92 mg/kg) se aprecia en el mes de julio y en la hierba espontánea enterrada con una labor mientras que el más alto (22,95 mg/kg) se ha medido en el mes de septiembre en la cubierta de veza en no laboreo. No se aprecian diferencias significativas entre especies para ninguna de las fechas de muestreo.

En la **figura 2** se ha representado la evolución en el tiempo del contenido de nitratos en el suelo desde la siembra de la cubierta en una campaña hasta la siembra de la campaña siguiente, incluyendo el periodo de descomposición de la misma en el que parte de los restos se incorporan al suelo y otra parte se dejan protegiendo la superficie.

En general, a lo largo del periodo de descomposición, los suelos en los que se han enterrado los restos vegetales de las cubiertas después de la siega de las mismas, mantienen unos niveles de nitratos más elevados que los contabilizados en los suelos en los que los rastrojos se dejan sobre la superficie independientemente del tipo de cobertura considerada. La explicación a este hecho podría ser que el enterrado del rastrojo de la cubierta mediante una labor ha favorecido la mineralización de estos restos y la liberación del nitrógeno en ellos contenido con la consecuencia del incremento de este elemento en el suelo. Al final del ciclo de descomposición el comportamiento se diferencia por especie. Así, los suelos labrados en los que se sembró veza mantienen una concentración de nitratos superior a los de no laboreo, en el testigo los niveles de este parámetro son similares para ambos sistemas de manejo de los restos y para la algarroba y los yeros el mayor contenido del anión se aprecia en los suelos no labrados.

Si consideramos la concentración de nitratos en el tratamiento con hierba espontánea como referencia, en la **figura 3** podemos apreciar cómo los suelos con veza presentan unos niveles de nitrógeno nítrico por encima del testigo a lo largo de todo el ciclo de desarrollo de la cubierta. Para el resto de las especies se observan valores inferiores a la hierba espontánea a la siembra en el caso de los yeros y antes de la siega para algarroba y yeros.

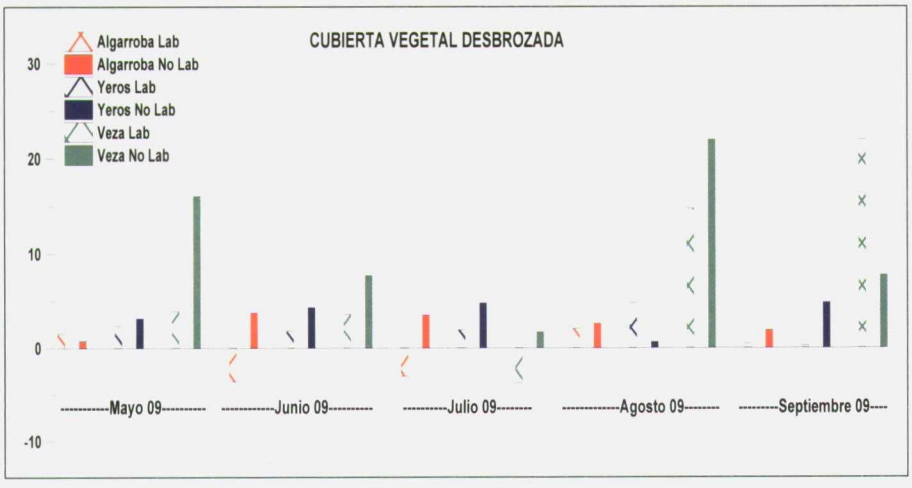
Al igual que en el caso anterior, se ha realizado la comparación de la variación temporal de la concentración de nitratos en los suelos en los que se sembraron las especies leguminosas con las del tratamiento con las hierbas adventicias para la época de descomposición de los restos, distinguiendo en los dos sistemas de manejo de los mismos considerados en el estudio. El resultado de estos datos aparece reflejado en la **figura 4,** en la que podemos apreciar cómo en el periodo de descomposición de los restos vegetales de las distintas especies, el contenido de nitratos es, en la mayoría de los casos, superior en los suelos con las leguminosas que en el que se dejó la hierba espontánea. Las situaciones en las que los niveles de este parámetro son menores que el testigo coinciden con suelos en los que se ha enterrado el rastrojo mediante una labor.

Finalmente, se ha contabilizado el contenido de nitratos en el suelo para los distintos tratamientos antes de la siega y al final del periodo de descomposición. Los resultados de este control aparecen reflejados en el **cuadro IV.**

Al final del periodo en el que la cubierta se ha mantenido viva, la especie que ha acumulado una mayor cantidad de nitratos en superficie ha sido la veza y en profundidad los yeros. Después del ciclo de descomposición, observamos cómo en los suelos labrados solamente el tratamiento de veza mantiene un contenido en nitrógeno nítrico por encima del tratamiento testigo tanto en superficie como en

FIGURA 4.

Variación del contenido de nitrógeno nítrico de las diferentes especies respecto al tratamiento testigo en el periodo de descomposición de la cubierta.



profundidad, mientras que en los suelos en no laboreo todas las especies presentan unos valores de nitratos superiores a los estimados en el tratamiento de hierba espontánea.

Conclusiones

En las condiciones de nuestro estudio, la veza ha sido la leguminosa que ha presentado unos mejores resultados en el incremento del contenido de nitratos en los suelos protegidos por esta cubierta con respecto al resto de tratamientos. En el momento de la siega, fecha a partir de la cual aumenta la demanda de nitrógeno por el árbol, los suelos en los que se ha sembrado esta especie acumulan en el horizonte superficial una cantidad de nitratos superior en un 36%, 43% y 49% a la estimada para los suelos testigo, con yeros y con algarroba respectivamente.

Con respecto al sistema de manejo de los restos vegetales de las distintas coberturas, el sistema de no laboreo es el que ha presentado los datos más favorables pudiéndose apreciar que al final del periodo de descomposición que coincide con la siembra de las cubiertas de la siguiente campaña, los suelos que contenían las diferentes especies de leguminosa muestran un contenido en nitratos superior al del tratamiento testigo en todo el perfil de suelo muestreado. ●

Agradecimientos ▼

Al personal de campo y laboratorio del equipo de física y química de suelos del Centro IFAPA Alameda del Obispo por su colaboración en los ensayos y a la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía por el soporte económico a través del Proyecto de Excelencia RMN 03-205.

Bibliografía ▼

- Alonso, A., Guzmán, G.I., Serrano, C., 2004. Estudio comparativo de la producción ecológica y convencional de aceite de oliva en la comarca de Sierra Mágina (Jaén). V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Gijón, Asturias, pp. 599-609.
- Bowman, W.D and Billbrough, C.J. 2004. Influence of a pulsed nitrogen supply on growth and nitrogen uptake in alpine graminoids. *Plant and Soils*. 233. 283-290.
- Bremmner, J.M and Edwards, A.P. 1965. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soil: In Apparatus and procedure for distillation and determination of ammonium. Soc. A,mer. Proc. 29. 504-507.
- FAO, 2002. Organic agriculture environment and food security, environment and natural resources. Roma.
- Guzmán Casado, G.I. y Alonso Mielgo, A.M. 2001b. *El uso de abonos verdes en agricultura ecológica*. Boletín nº 4.7/01. Ed. CAAE. Sevilla.
- Hall, J.K., Hartwig, N.L. and Hoffman, L.D. 1984. Cyanazine losses in runoff from no-tillage corn in "living mulch" and dead mulch vs. unmulched conventional tillage. *Journal Environmental Quality* 13, 105-110.
- Hatcher, P.E. and Melander, B. 2003. Combining physical, cultural and biological methods: prospect for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed Research* 43, 303-322.
- Ngouajio, M., McGiffen, M.E. and Hutchinson, C.M. 2003. Effect of cover crops and management system on weed populations in lettuce. *Crop protection* 22, 57-64.
- Rosati y Aumaitre, A., 2004. Organic dairy farming in Europe. *Livestock Production Science*. Trends and Development in Organic Livestock Farming Systems, 90: 41-51.
- Weiner, T.L., Pan, W.L., Moneymaker, M.R., Santo, G.S and Stevens, R.G. 2002. Nitrogen recycling by nonleguminous winter crops to reduce leaching in potato rotations. *Agronomy Journal* 88, 860-866.

COSECHADORAS DE OCASIÓN

NEW HOLLAND AGRICULTURE

Enrique Segura

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