FERTILIZACIÓN

Efectos de la aplicación de una enmienda orgánica sobre el rendimiento productivo y económico del cultivo

R. Carbonell
P. González
R. Ordóñez
Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. Centro Ifapa Alameda del Obispo. Aptdo. 3091. 14080 Córdoba.

La agricultura en la actualidad se encuentra cada vez más encaminada hacia la obtención de la sostenibilidad. Hay que dirigirse hacia un manejo sostenible de los ecosistemas que quedará definido por una combinación (siempre buscando el equilibrio) entre la tecnología y las actividades que aseguren o incrementen la producción de manera que se cubran las necesidades de la población pero sin degradar el medio ambiente, todo ello sin olvidar la viabilidad económica. La aplicación de enmiendas orgánicas, dentro de todas sus variedades, es uno de los aspectos que vamos a contemplar en el estudio que junto a la rotación de cultivos entran dentro de las prácticas de la agricultura sostenible.

El objetivo del trabajo va a ser estudiar el efecto de la aplicación de una enmienda orgánica sobre los principales nutrientes del suelo y valorar el efecto de la misma sobre la producción.

LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

Uno de los objetivos de la rotación de cultivos es el desarrollo de sistemas de producción que aseguren la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que alternándose año con año, mantengan la fertilidad del mismo.

La rotación de cultivos ha sido junto con las técnicas de siembra, uno de los métodos que desde antiguo ha utilizado el agricultor entre otras muchas prácticas para controlar la invasión de malas hierbas en sus campos de cultivo. Posteriormente y debido a la aparición de diversos tipos de productos químicos estas prácticas quedaron relegadas prácticamente al olvido debido entre otras cosas a la mayor rentabilidad gracias al uso de estos productos.

¿QUÉ ES EL ALPERUJO?

Dentro de las enmiendas orgánicas está el alperujo, producto resultante del proceso de extracción del aceite de oliva por el sistema de dos fases, de especial interés en zonas con gran tradición olivarera, en la que se generan grandes masas concentradas en el tiempo, lo que hace difícil, de otra forma, su gestión y eliminación.

Solamente en España se generan aproximadamente 4.000.000 $Mg \cdot año^{-1}$ de este subproducto entre los meses de noviembre a enero (López-Piñeiro y col. 2008).

Una solución alternativa a la eliminación, es su aprovechamiento como enmienda de aplicación agronómica al suelo. No se trata de una solución nueva pues hay numerosas referencias en la literatura. Más recientes son los trabajos de Tomatti et al. (1995 y 1996); Cegarra y col. (1996); Cabrera *et al.* (2005), entre otros, que confirman los buenos resultados observados con el aprovechamiento agronómico de los residuos de esta industria. Estos residuos, a diferencia de otros residuos industriales, no contienen metales pesados ni organismos patógenos que puedan comprometer la salud pública.

Ensayos llevados a cabo por González *et al.* (2003) y Alburquerque *et al.* (2007) sobre la aplicación de alperujo durante varios años consecutivos, indican que no produce desequilibrios nutricionales en las plantas y mejora notablemente las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Sin embargo la sociedad cada vez es más consciente de los problemas medioambientales que le rodean, del deterioro de gran parte de los recursos naturales, de los problemas de contaminación derivados del excesivo uso de productos químicos, etc., lo que ha provocado de nuevo la aplicación de muchas de esas relegadas prácticas agrícolas. Es muy importante que en las rotaciones se considere tanto los recursos como las necesidades de los agricultores.

USO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Por otro lado, la utilización excesiva de insumos químicos de manera exclusiva (entre otra serie de prácticas) sin tener en cuenta un reciclaje adecuado de los residuos orgánicos han contribuido a la reducción de los contenidos de MO en muchos suelos agrícolas. A su vez el descenso de estos contenidos propicia que la eficiencia de los fertilizantes químicos se vea reducida.

El uso de residuos orgánicos como fertilizantes es tan antiguo como la Agricultura misma. En estos últimos años esta práctica agrícola se ha visto incrementada debido a su valor fertilizante y al elevado coste económico y ambiental que lleva asociado su eliminación.

// EL NITRÓGENO ES EL ELEMENTO NUTRITIVO QUE EN MAYOR MEDIDA LIMITA LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL AL REGULAR EL DESARROLLO DE LA SUPERFICIE FOLIAR //

TABLA 1 / Características del suelo usado en el ensayo

pH en H_2O	8.56
MO (%)	1.78
N orgánico (%)	0.11
Clase textural	Arcillo-limosa
Carbonatos (%)	27
C.I.C	0.225 molc•kg^{-1}
K asimilable	611 ppm
P asimilable	17 ppm

DISEÑO DEL ENSAYO Y VARIABLES ESTUDIADAS

El ensayo se ha llevado a cabo en una finca situada en el término municipal de Osuna (Sevilla) cuyas coordenadas son 37º 18' 40" N y 5º 3' 59" W. En esta finca hay unas parcelas a las que se les viene aplicando 10 t/ha de alperujo seco desde 1998 en una rotación trigo-girasol habiéndose realizado la última aplicación de la enmienda en la campaña 2004/05 con la finalidad de evaluar su efecto residual.

Además de la variable alperujo, se ha considerado en el ensayo la de un fertilizante químico con tratamientos de 0,100 y 250 kg/ ha, en las campañas de trigo y de 0,75 y 125 kg/ha en las campañas de girasol. Los abonos utilizados han sido urea del 46%, superfosfato del 18% y cloruro potásico del 60%. Juntamente con las parcelas que recibieron la enmienda, se dispuso de otras testigo a las que sólo se les aplicó el fertilizante en las mismas dosis que a las parcelas enmendadas. **(Foto 1)**.

El diseño se corresponde a un modelo de parcelas en bloques al azar con cuatro repeticiones.

El manejo de las parcelas experimentales se caracteriza por el uso exclusivo de gradas de disco y escarificadores.

Para evaluar el efecto de la enmienda y los abonos sobre la fertilidad del suelo, se muestrearon las parcelas mensualmente y se analizaron los contenidos en nitrógeno en sus formas inorgánicas, fósforo, potasio y materia orgánica.

EL MEDIO FÍSICO

El clima de la zona es mediterráneo, aunque por su situación en la cuenca, algo alejada de la trayectoria de las borrascas que entran por el Golfo de Cádiz la precipitación es menor que la media de la cuenca. Los inviernos son cortos y suaves y los veranos largos y calurosos. La temperatura media anual es de 18ºC.

La **Tabla 1** recoge las características físico-químicas del suelo de la finca experimental. En ella se puede apreciar que se trata de un suelo de pH básico con un elevado porcentaje de carbonatos y bajo nivel de materia orgánica.

El suelo, está clasificado como

FOTO 1. Detalle de la balsa de almacenamiento del alperujo y del manejo del residuo

Luvisol Cálcico y se ha desarrollado sobre calizas detríticas, areniscas, calizas y margas blanco-amarillentas. En la fracción arcilla dominan la illita y caolinita con muchos óxidos metálicos.

EFECTO DE LA ENMIENDA SOBRE LOS NUTRIENTES DEL SUELO

Como es de esperar al tratarse de un residuo orgánico, el nivel de materia orgánica (MO) en los suelos tratados aumenta de manera significativa. Este efecto se aprecia incluso transcurrido un elevado tiempo desde la aplicación de la última enmienda, como ocurre en este caso, debido a que es un residuo con una alta relación C/N, que hace que se descomponga lentamente. El efecto de la enmienda sobre la materia orgánica del suelo se hace sentir incluso en el horizonte más profundo que muestra los valores más altos de este parámetro en los suelos tratados, con diferencias significativas respecto al testigo.

Este aumento de los contenidos en MO se traduce en una mejora del suelo que facilita la incorporación al mismo de los nutrientes que se aplican con la fertilización y los procedentes de la descomposición de la misma.

En la **Tabla 2** se expone el contenido medio en MO, NO_3, P y K para los distintos tratamientos un año después de la última aplicación de la enmienda.

▶Comportamiento del nitrógeno

El nitrógeno es el elemento nutritivo que en mayor medida limita la producción de girasol. Este elemento tiene un papel fundamental al regular el desarrollo de la superficie foliar y su duración verde en el período post-floración con una velocidad de absorción y acumulación máxima entre los 25 y 70 días después de la emergencia del cultivo. Los requerimientos medios son de 40-45 kg de nitrógeno por tonelada de grano producida. Niveles excesivos inducen a pérdidas de rendimiento al predisponer el cultivo a enfermedades (*Verticilum, Sclerotinia*, etc.), a retardos en la maduración, a disminuciones excesivas en el contenido de materia grasa, a quebrados del tallo, al vuelco, etc.(Díaz-Zorita, 2008).

El contenido de nitrógeno en forma de nitratos en el horizonte superficial es siempre superior en las parcelas tratadas con la enmienda, independientemente de que hayan sido abonadas o no con nitrógeno aunque sin diferencias significativas. Esto nos hace pensar que la mineralización del residuo orgánico aplicado con la enmienda puede favorecer el incremento de este anión en el suelo y con él su disponibilidad para la planta.

Los suelos abonados presentan valores más altos de nitratos que en los que sólo se aplicó la enmienda, apreciándose el mayor contenido en aquellos tratados con la dosis máxima de abono.

En el horizonte más profundo, el efecto de la enmienda sólo se hace notar en los suelos no abonados, ya que en los que se aplicó el fertilizante el mayor contenido del anión se aprecia en las parcelas a las que no se les aplicó alperujo, aunque como en el caso anterior sin diferencias significativas.

TABLA 2 / Contenidos medios en M.O, NO_3, P y K (ppm) para los distintos tratamientos considerados en el estudio. Letras diferentes indican diferencias significativas a p*<0.05., p<0.001.,p ***<0.0001Test T de Tuckey).**

	0 kg N /ha		50 kg N /ha		1250 kg N /ha	
	Alperujo	Sin alperujo	Alperujo	Sin alperujo	Alperujo	Sin alperujo
Profundidad 0-6 cm						
NO_3	19.2a	13.3a	41.8a	38.6a	53.1a	47.4a
P	20.4a	13.9a	21.3a	21.0a	28.2a	19.7a
K	939.3a*	664.3b*	910.9ab*	679.3ab*	882.8ab*	679.6ab*
MO	3.9 a***	3.2 b***	3.9 a***	3.2 b***	4.1 a***	3.1 b***
Profundidad 6-20 cm						
NO_3	18.4a	12.3a	31.7a	37.1a	36.0a	43.6a
P	21.1a	15.6a	21.0a	22.0a	28.5a	22.6a
K	668.0a	645.9a	870.4a	675.2a	825.3a	685.6a
MO	4.3 a*	3.6 b*	4 a*	3.7 b*	4.3 a*	3.8 b*

EFECTO DE LA ENMIENDA SOBRE EL CULTIVO

Si analizamos las producciones recogidas a lo largo de las diferentes campañas de girasol en la rotación se puede apreciar como en general estas habían sido superiores en las parcelas que ha-

TABLA 3 / Porcentajes de aumento en las producciones de las parcelas tratadas con la enmienda orgánica y abonadas respecto a las testigo

Campaña	1999/00	2001/02	2003/04	2005/06
Sólo enmienda	+13%	+30%	+9%	+13%
Enmienda + fertilizante	+5%	+30%	Sin diferencias significativas	+31%

TABLA 4 / Beneficios medidos en €/ha obtenidos en las parcelas tratadas con la enmienda orgánica y abonadas respecto a las testigo

Campaña	1999/00	2001/02	2003/04	2005/06
Sólo enmienda	51	84	24	29
Enmienda + fertilizante	17	60	--	108

ECONEX®
SANIDAD AGRICOLA

ESPECIALISTAS EN FEROMONAS Y TRAMPAS

25 ANIVERSARIO
ECONEX SANIDAD AGRICOLA

Soluciones Biológicas contra las Plagas

www.e-econex.com

Atención al Cliente: **900 502 401**

SANIDAD AGRÍCOLA ECONEX, S.L. · C/ Mayor, Nº 15B · Edificio ECONEX
Apartado de Correos Nº 167 · 30149 SISCAR · Murcia (España) · Tel. 968 86 03 82 - 968 86 40 88 · Fax 968 86 23 42

GRÁFICO 1 / Producción recogida en las parcelas testigo y las tratadas con la enmienda para la campaña 2005/06. Cada tratamiento está formado por 12 datos de producción

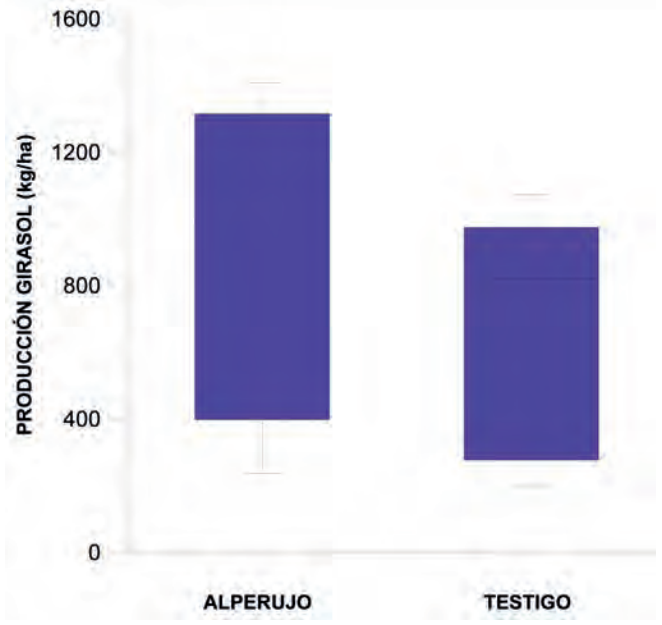
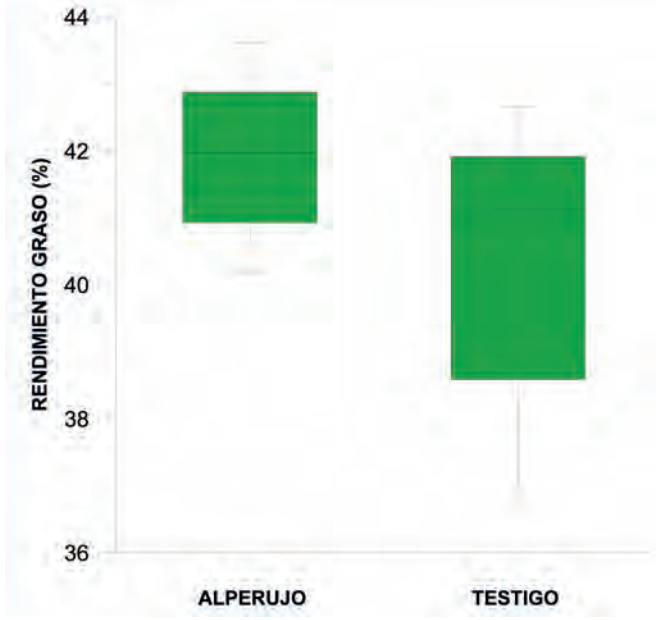


GRÁFICO 2 / Rendimiento graso del girasol cosechado en la campaña 2005/06 para las diferentes parcelas



bían recibido la enmienda orgánica junto al fertilizante. En la **Tabla 3** se recogen los porcentajes de aumento en las producciones en las parcelas tratadas con la enmienda solamente o junto con el fertilizante sobre las parcelas que no recibieron la enmienda orgánica.

Como se puede apreciar, los aumentos han sido en general bastante elevados oscilando entre el 5% y el 31%.

A modo de ejemplo, vamos a calcular el beneficio que supuso para el agricultor los aumentos obtenidos en las parcelas donde se aplicó la enmienda orgánica. Se ha supuesto un valor medio de 30 € /100 kg ya que según los valores de mercado, el precio del girasol para las diferentes campañas osciló entre los 22 y los 40 €/100 kg. El resultado se muestra en la **Tabla 4**, donde se aprecian beneficios importantes en algunos casos. Así, en una explotación que, por ejemplo, ocupe 50 ha se pueden llegar a ingresar cantidades que oscilan entre los 850 y los 5400 €.

En los **Gráficos 1 y 2** se recogen los datos obtenidos en la última campaña para las producciones y un parámetro de calidad como es el rendimiento graso.

Del **Gráfico 1** se desprende que no solamente el valor medio es superior en las parcelas enmendadas sino que además el 75% de sus valores se encuentran por encima de los obtenidos en las parcelas testigo. Considerando el conjunto de todas las parcelas en la campaña, el valor más alto de producción obtenido pertenece a su vez a las parcelas tratadas.

Por su parte, en el **Gráfico 2** se aprecia la diferencia que ha presentado el girasol recogido en unas parcelas y otras con respecto a su rendimiento graso. En el caso de las parcelas tratadas con la enmienda de alperujo prácticamente el 100% de las muestras han presentado valores por encima de la media del valor testigo. Se puede afirmar que la aplicación de la enmienda ha sido muy positiva para la calidad y la cantidad del fruto.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la enmienda ha influido positivamente en cuanto a las características nutritivas del cultivo.
- La aplicación continuada de alperujo al suelo ha mejorado la fertilidad del mismo con incrementos cercanos al 1% de MO en los suelos tratados con respecto al testigo y de más de 200 mg de K / kg de suelo.
- En todas las campañas correspondientes al cultivo de girasol dentro de la rotación se registraron aumentos significativos de la producción en las parcelas tratadas con la enmienda así como en el rendimiento graso del grano.

BIBLIOGRAFÍA

Alburquerque, J.A., González, J., García, D. Y Cegarra, J., 2007. Effects of a compost made from the solid by-product ("alperujo") of the two-phase centrifugation system for olive oil extraction and cotton gin waste on growth and nutrient content of raygrass (*Lolium perenne* L.). Bioresources Technology, Vol. 98, 4, 940-945.

Cabrera, F., Madejón, E., Romero,A.S y López, R. 2005. Diagnóstico y estudio de alpechines, orujos y alperujos. Universidad de Córdoba en Jornadas de investigación y transferencia de tecnología al sector oleícola. 195-199.

Cegarra, J., Paredas, C., Roig, A., Bernal, M.P y García, D. 1996. Use of olive mill wastewater compost for crop production. International biodeterioration and biodegradation 38: 193-203.

Díaz-Zorita, M. 2008. EEA INTA "Gral.Villegas" y Univ. of Kentucky.
http:elsitioagricola.com

González, P., Ordóñez, R., Giráldez, J.V., García- Ortiz, A., Polo, M.J., y Romero, A. 2003. Aplicación agrícola de residuos de almazaras con el sistema de dos fases. En: XI Simposium Internacional del aceite de oliva. Expoliva 2003. OLI-13.

López-Piñeiro, A., Fernández, J., Albarrán, A., Rato, J.M y Barreto, C. 2008. Effects of de-oiled two-phase olive mill waste on Mediterranean soils and the wheat crop. Soil Sci. Soc. Am. J. 72: 424 430.

Rubiales, D., Alcántara, C., Pérez de Luque, A., Gil, J., Sillero, C. 2003. Infection of chickpea by crenate broomrape as influenced by sowing date and weather conditions. Agronomie 23, 359-362.