

Respuesta del trigo y girasol al laboreo tradicional y de conservación bajo condiciones de secano (Andalucía Occidental)

J.M. Murillo ^{1*}, F. Moreno ¹, F. Pelegrín ²

¹ Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC).
Apartado de Correos 1052. Sevilla, España

² Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Univ. de Sevilla. Sevilla, España
murillo@irnase.csic.es

RESUMEN

Se ha estudiado la respuesta de dos cultivos de rotación frecuente en Andalucía Occidental, trigo (*Triticum aestivum* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.), al laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC) bajo condiciones de secano. El LT favoreció el crecimiento y absorción de nitratos de las plántulas de girasol, no apreciándose diferencias significativas en el caso del trigo (aunque sí la misma tendencia). Estas diferencias iniciales ocasionadas por el laboreo no afectaron al equilibrio nutricional y rendimiento de ambos cultivos. El escaso rendimiento del girasol bajo LT estuvo ocasionado por la acusada sequía del año, circunstancia que afectó en menor medida a este cultivo bajo LC.

PALABRAS CLAVE: Laboreo
Rotación de cultivos
Equilibrio nutricional

INTRODUCCIÓN

La efectividad del laboreo de conservación para reducir la erosión del suelo y facilitar el almacenamiento de agua es una realidad universalmente aceptada. A pesar de ello, se han registrado con relativa frecuencia disminuciones de cosecha al implantar este sistema, especialmente bajo su modalidad de no-laboreo (Dick *et al.*, 1991; Rao, 1996; Kirkegaard *et al.*, 1995; Silgram y Shepherd, 1999). Esto no significa que siempre se registren pérdidas cuando se cambia el laboreo tradicional (volteo del suelo) por el no-laboreo u otra

* Autor para correspondencia
Recibido: 16-1-01
Aceptado para su publicación: 10-7-01

modalidad de laboreo de conservación (ej., laboreo reducido, Frede *et al.*, 1994). En suelos apropiados no tendrían por qué producirse estas pérdidas (Silgram y Shepherd, 1999), resultando incluso superiores las cosechas bajo laboreo de conservación en circunstancias concretas (Lal, 1989; Dick *et al.*, 1991; Moreno *et al.*, 1997).

Cuando se producen pérdidas, son muy variadas las razones que podrían explicar este hecho: menor temperatura del suelo junto a un aumento del contenido de agua; propiedades físicas limitantes en la cama de siembra; fitotoxicidad de los residuos vegetales del cultivo previo; aumento de patógenos del suelo y malas hierbas y menor eficacia en la utilización de fertilizantes (Izaurrealde *et al.*, 1986; Hammel, 1995; Wuest *et al.*, 2000; Hooker y Vyn, 2000). Dependiendo de las características edafo-climáticas de cada zona en particular podrían prevalecer unas u otras.

Respecto a la eficacia en la utilización de nutrientes, son muy numerosos los trabajos que destacan la mayor disponibilidad de N que puede ocasionar el laboreo tradicional, como consecuencia de una mayor accesibilidad de la materia orgánica a la actividad microbiana (Silgram y Shepherd, 1999). Paralelamente, la presencia de residuos en el laboreo de conservación podría potenciar una inmovilización de N más o menos acusada. Sin embargo, aun siendo importante, este único aspecto suele resultar insuficiente para explicar las diferencias de crecimiento y/o cosecha observadas a veces entre ambos sistemas de laboreo.

Por ejemplo, Dowdell y Cannell (1975) no encontraron diferencias en la concentración de nitratos de suelos de zonas con clima templado sometidos a laboreo tradicional y no laboreo. Algo similar observamos en un trabajo previo (Murillo *et al.*, 1998). Además, el crecimiento menor de una plántula bajo no laboreo no siempre se corrige con la adición de N (Thompson, 1992). Son numerosos los autores que piensan que en el laboreo de conservación existen aspectos más importantes que la disponibilidad de agua y nutrientes (factores generalmente no limitantes) para el crecimiento de la joven plántula. Para muchos autores las propiedades físicas de la cama de siembra tienen especial relevancia. Y aun así, la respuesta de las plántulas suele interpretarse mejor cuando se consideran las interacciones entre las distintas variables de suelo que cuando se consideran aisladamente determinadas propiedades físicas (Hooker y Vyn, 2000). Estas interacciones pueden variar sustancialmente de unas zonas a otras.

En el presente trabajo se estudió el estado nutricional y crecimiento inicial de las plántulas de una rotación trigo-girasol, sometida a laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC) desde 1991, establecida, bajo condiciones de secano, en un suelo representativo de Andalucía Occidental. También se hace referencia al equilibrio nutricional de ambos cultivos en fases algo más avanzadas de desarrollo, así como al rendimiento final obtenido. Este trabajo se encuadra en el marco de uno más amplio, en el que, anualmente, se determinan numerosos parámetros físicos y químicos del suelo, así como otras características de los cultivos no contempladas en este trabajo, centrado fundamentalmente en el estudio de las plántulas. Los resultados que aquí se presentan corresponden a los años 1999 y 2000.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio: características climatológicas y parcela experimental

El experimento se estableció en 1991 en una finca experimental del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC) cercana a Sevilla (Coria del Río, 37° 17' N, 6° 3' O). El clima de la zona es típicamente mediterráneo, con una media pluviométrica anual de 550 mm (año hidrológico; 1971-1992) y una media anual de 2.890 horas de sol (1987-1991), con valores máximos de radiación solar que superan los 1.000 W m⁻².

Las precipitaciones correspondientes a los años hidrológicos en los que se cultivó el girasol (septiembre 1998-agosto 1999) y el trigo (septiembre 1999-agosto 2000), fueron muy diferentes: 185 mm en el primer caso (muy por debajo de la media anual) y 601 mm en el segundo. Las variables climáticas referidas en este trabajo fueron medidas en la estación meteorológica de la finca experimental, situada a unos 200 m del ensayo.

Para el experimento se seleccionó una parcela experimental de 2.500 m², cuyo suelo es un Xerofluvent franco arcillo arenoso (Soil Survey Staff, 1996). La Tabla 1 recoge algunas propiedades de este suelo.

Tabla 1
Análisis del suelo de la parcela experimental

Profundidad (cm)	Tamaño de partícula (µm) (%)			M.O. ⁽¹⁾ (%)	pH	CaCO ₃ (%)
	> 20	20-2	< 2			
0-10	56,6	18,6	24,8	1	7,9	27
10-30	58,2	17,6	24,2	0,7	7,9	28
30-60	45,7	20,7	33,6	–	7,8	27
> 60	50,7	15,0	34,3	–	–	–

⁽¹⁾ M.O. = Materia Orgánica

Inicialmente (otoño de 1991), toda la parcela se cultivó con trigo, cosechado en junio de 1992. Inmediatamente después, la parcela se subdividió en seis subparcelas de unos 300 m² cada una, estableciéndose dos sistemas de laboreo: laboreo tradicional en tres subparcelas y laboreo de conservación en las otras tres (bloques al azar, con tres repeticiones por tratamiento). Todos las subparcelas fueron cultivadas bajo una rotación de secano, trigo-girasol, muy frecuente en la región. El laboreo tradicional consistió, básicamente, en el volteo del suelo mediante vertedera, hasta unos 30 cm de profundidad, previa quema del rastrojo del cultivo precedente. En el laboreo de conservación (laboreo reducido) se dejaron en el suelo los restos del cultivo anterior, a modo de cubierta, y no se volteó el suelo. Todos los años se realizó, en este tratamiento, una ligera labor vertical (cincel, 25 cm de profundidad) y una ligera labor de grada (5 cm de profundidad) inmediatamente antes de la siembra. El trigo recibió anualmente una fertilización de fondo de 400 kg ha⁻¹ de abono complejo 15N-15P₂O₅-15K₂O, mientras que el girasol no se fertilizó. Más información

sobre todas las operaciones efectuadas, tanto en el suelo como sobre los cultivos, puede encontrarse en Moreno *et al.* (1997).

Antes de la siembra del girasol se estimó el porcentaje de residuos vegetales bajo laboreo de conservación, siguiendo las indicaciones de Plaster (1992): contar cada 10 cm el número de veces que un residuo toca una cinta de 10 m, extendida varias veces en cada bloque (ángulo de 30°-45° con las líneas de cultivo). La siembra del girasol (cv. florasol) se realizó el 24 de febrero de 1999, con una densidad de 60.000 plantas ha⁻¹ tras el aclareo. El trigo (cv. Don Pedro) se sembró el 26 de noviembre del mismo año.

Muestreo y análisis de las plantas

El primer muestreo de girasol se realizó 55 días tras la siembra, tomándose al azar 20 plántulas por bloque (5/6 pares de hojas, estado V5, según Blamey *et al.* 1997), separadas en parte aérea y raíz para su análisis. Posteriormente se analizó la parte aérea completa de plantas con 10/11 pares de hojas (R4, Blamey *et al.* 1997). El primer muestreo de trigo se realizó 50 días tras la siembra, tomándose al azar 30 plántulas por bloque (estado 2 de la escala de Feekes; Large, 1954) de las que se analizaron tanto la parte aérea completa como el limbo de la hoja desarrollada más joven (Reuter y Robinson, 1997). El segundo muestreo se realizó unos 100 días tras la siembra, tomándose al azar 30 plantas por bloque (estado 10 de la escala de Feekes), de las que se analizó la parte aérea completa (tallo central e hijos), así como el limbo de la hoja madura más joven de la planta madre.

La altura de los cultivos se midió periódicamente, eligiendo al azar 30-40 plantas de cada bloque. En el caso del girasol también se determinó el índice de área foliar, utilizándose para ello un medidor SKY de área foliar. Para la estimación de la cosecha se dispuso de un recinto de 16 m² por cada bloque, vallado y cubierto con malla al comienzo de la fructificación para evitar la acción de los pájaros. La cosecha total de grano del resto de cada bloque también se pesó en el propio campo. En el caso de las pipas de girasol, la grasa total se determinó mediante extracción con éter de petróleo.

El material vegetal fue descontaminado mediante breves lavados con agua destilada (acidulada en el primer lavado), molido y conservado en cámara fría hasta su análisis. El N se determinó mediante digestión Kjeldahl y los restantes elementos tratando la muestra a presión con HNO₃ concentrado, en microondas, y lectura posterior en ICP-OES (espectrometría óptica con plasma acoplado inductivamente). La determinación de N-NO₃ se realizó por reflectometría, según las indicaciones de Schaefer (1986).

Para estudiar el equilibrio nutricional de ambos cultivos se utilizó el sistema DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System: Walworth y Sumner, 1987). Este sistema evalúa distintas relaciones binarias entre diversos nutrientes del cultivo en estudio, comparándolas con las normas establecidas para ese mismo cultivo (relaciones óptimas obtenidas a partir de experimentos en los que se consiguió un rendimiento alto). Se obtienen así una serie de funciones, cuya integración proporciona un índice para cada nutriente en particular, que no es más que la media aritmética de los valores de todas las funciones en las que interviene el nutriente en cuestión.

Se consideran normales o razonablemente equilibrados aquellos índices que están dentro de un intervalo de -10 a +15. Índices entre -25 y -15 indican una probable deficiencia del nutriente, y por encima de +25 un posible exceso (Kelling y Schulte, 1986). En general, mientras más negativo es un índice, mayor es su carencia relativa respecto a

otros nutrientes, y viceversa. En el caso del girasol, los índices DRIS se calcularon según las normas propuestas por Grove y Sumner (1982), utilizándose las de Amundson y Koehler (1987) para el trigo.

Los resultados fueron sometidos a un análisis de la varianza, efectuándose la separación de medias mediante el test de Tukey, adoptándose en todos los casos un nivel de significación de $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento inicial de los cultivos

El crecimiento inicial de las plántulas de girasol fue mejor bajo el laboreo tradicional. Altura, índice de área foliar y peso de la raíz resultaron significativamente mayores ($P < 0,05$) en las plántulas de este tratamiento (LT), siendo también mayores, aunque sin significación estadística, el peso de la parte aérea y peso total de la plántula (Tabla 2). Por el contrario, la respuesta del trigo fue bastante similar en ambos tratamientos. Aunque el desarrollo inicial resultó ligeramente superior en LT (alrededor del 7 %, Tabla 2), las diferencias de altura y peso, respecto a LC, no resultaron significativas. La ligera diferencia de peso, no significativa, se mantuvo posteriormente (peso seco de la parte aérea, 2,23 g/planta y 2,18 g/planta en LT y LC, respectivamente, durante la fase de «preñado»), igualándose las alturas hasta el final del cultivo.

Tabla 2

Parámetros relacionados con el crecimiento inicial de girasol (año 1999) y trigo (año 2000) bajo laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC)

Cultivo	Estado fenológico ⁽¹⁾	Laboreo	Altura (cm)	Índice de área foliar (m ² m ⁻²)	Peso seco parte aérea (g/plántula)	Peso seco sistema radical (g/plántula)	Peso seco total (g/plántula)
Girasol	V5	LT	24 a	0,24 a	4,57 a	0,76 a	5,34 a
		LC	19 b	0,12 b	3,06 a	0,49 b	3,54 a
Trigo	2	LT	32 a	–	0,15 a	–	–
		LC	30 a	–	0,14 a	–	–

⁽¹⁾ Según Blamey *et al.* (1997) para girasol y escala de Feekes para trigo

Valores de cada columna con una misma letra, para cada especie, no difieren significativamente ($P < 0,05$)

Podría pensarse que el hecho de fertilizar un cultivo (trigo, 60 kg N ha⁻¹) y el otro no (girasol) podría haber influido en las diferencias de desarrollo inicial registradas. En el primer caso, una menor disponibilidad de nutrientes (por ejemplo N) bajo LC, podría haber sido superada por el abonado, lo que explicaría la similitud de desarrollo inicial bajo ambos tratamientos.

Sin embargo, ya se ha comentado que cuando se produce el crecimiento limitado de las plántulas bajo laboreo de conservación, no suele ser corregido por la adición de fertilizantes. Es más probable que la conjunción de diversos factores (algunos, posiblemente, de naturaleza física) haya influido en el hecho que se indica. Incluso la estructura del sistema radical de ambos cultivos puede tener importancia, según se comenta posteriormente.

En nuestro caso (secano), también pudo tener importancia la recarga hídrica del perfil del suelo en otoño, menor para el girasol, ya que en el período septiembre 1998-febrero 1999 sólo cayeron 128 mm de lluvia, mientras que en el caso del trigo (septiembre 1999-febrero 2000), la cantidad fue de 425 mm. El volumen de lluvias también resultó negativo para el girasol, ya que durante su cultivo (febrero-agosto de 1999) las precipitaciones sólo alcanzaron 54 mm.

Absorción de nutrientes. Nitrógeno

Las plántulas de girasol de LC absorbieron menor cantidad de nitratos que las de LT. Su concentración y contenido total fueron menores, significativamente, tanto en la parte aérea como en la raíz (Tabla 3). Las concentraciones de N también fueron menores en LC, aunque en este caso no se apreciaron diferencias significativas, circunstancia que sí se produjo en años anteriores (Murillo *et al.*, 1998). En el caso del trigo sólo podría hablarse de una ligera tendencia hacia una menor absorción de N en LC, puesto que aunque la concentración de N y concentración y contenido de N-NO₃ de la parte aérea fueron menores en este tratamiento, las diferencias nunca fueron significativas (y menores, en general, que las observadas en el girasol, Tabla 3).

Tabla 3

Concentración de N y N-NO₃ y contenido de N-NO₃ en plántulas de girasol (año 1999) y trigo (año 2000) bajo laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC)

Cultivo	Estado fenológico ⁽¹⁾	Fracción	Laboreo	N (%)	N-NO ₃	
					Concentración (mg kg ⁻¹)	Contenido (mg/planta)
Girasol	V5	Parte aérea	LT	3,68 a	3952 a	15,8 a
			LC	3,45 a	2456 b	6,98 b
	Raíz	LT	0,84 a	2425 a	1,64 a	
		LC	0,72 a	1733 b	0,81 b	
Trigo	2	Parte aérea	LT	4,00 a	2968 a	2,67 a
			LC	3,95 a	2818 a	2,37 a

⁽¹⁾ Según Blamey *et al.* (1997) para girasol y escala de Feekes para trigo

Valores de cada columna con una misma letra, para cada fracción, no difieren significativamente (P < 0,05)

Autores como Corbeels *et al.* (2000), citan la fuerte inmovilización de N que puede producirse en las típicas rotaciones de trigo y girasol de zonas mediterráneas con clima semiárido, tras la incorporación de los residuos al suelo. En nuestro caso, la incorporación de residuos que puede ocasionar el pase de grada en LC es muy baja, quedando la mayoría sobre el suelo, a modo de cubierta. Aunque en puntos concretos («micronichos») pudiera producirse una inmovilización temporal de N, este hecho no tendría por qué afectar a toda la masa del suelo (no cabe hablar de reducción de disponibilidad de N en LT por inmovilización, dado que los residuos no se incorporan, se queman).

Nosotros pudimos comprobar que la disponibilidad de N para las plántulas del tercer cultivo de girasol (año 1997), medida como concentración de nitratos en los primeros 30 cm de suelo, era similar en ambos tratamientos (LC y LT). Se hicieron cinco medidas, durante dos meses (la primera antes de la siembra), que arrojaron un valor medio de N-NO₃ de 32,6 kg ha⁻¹ en LC (intervalo de 25-42 kg ha⁻¹) y de 30,8 kg ha⁻¹ en LT (intervalo de 26-40 kg ha⁻¹) (Murillo *et al.*, 1998). Deben existir, pues, otros factores edáficos que, directa o indirectamente, afecten al desarrollo inicial de la planta, según se ha indicado anteriormente.

En este sentido, son interesantes las consideraciones efectuadas por Silgram y Shepherd (1999) al afirmar que resulta muy difícil, si no imposible, discernir entre los efectos físicos y biológicos que puede ocasionar el laboreo. Por ejemplo, un aumento de la absorción de N bajo laboreo tradicional podría estar causado por una estructura más abierta del suelo, que facilitaría la penetración radical y, por consiguiente, la disponibilidad de nutrientes, o por un aumento de liberación de N vía mineralización neta.

En nuestro caso, la absorción de nitratos parece estar favorecida bajo LT. La existencia de mayores pesos secos de plántula (Tabla 2), concentraciones y contenidos de nitratos en este tratamiento (Tabla 3), parecen evidenciar la existencia de un proceso sinérgico en la absorción de nitratos bajo LT (Jarrell y Beverly, 1981). Según se ha indicado, es posible que este sinergismo obedezca a una conjunción favorable de determinadas variables, algunas de carácter físico. La raíz del girasol tiene poco poder de penetración. Cualquier obstáculo que encuentre en su camino puede desviar su trayectoria, impidiendo la exploración de capas más profundas del suelo, con el consiguiente perjuicio para el desarrollo de la planta (Alba y Llanos, 1990). La labor más intensa que caracteriza a LT podría eliminar algunos de estos obstáculos.

En fases posteriores del desarrollo (R4 para el girasol y 10 para el trigo), las concentraciones de N, para pesos secos iguales, resultaron similares en ambos tratamientos para el girasol (LT, 2,52 %; LC, 2,70 %, parte aérea) e incluso mayores, significativamente, en LC para el trigo (LT, 1,49 %; LC, 1,77 %, parte aérea; LT, 3,35 %; LC, 3,49 %, hoja). Este hecho parece corroborar que, efectivamente, no existe en LC una inmovilización consistente de N para el cultivo, tras la incorporación de residuos. Tampoco parece probable un aumento notable de disponibilidad de N en LT por mineralización.

Calcio y magnesio

En el caso de los nutrientes P, K y S, no se observaron diferencias importantes entre tratamientos, a lo largo del período de cultivo de ambas especies. Sólo ocasionalmente, las concentraciones de K resultaron ligeramente superiores en LT, tendencia observada en años anteriores en el caso del girasol (Murillo *et al.*, 1998). Más consistentes resultaron

las diferencias entre las concentraciones de Ca y Mg que, en general, fueron algo mayores en LC que en LT, con diferencias significativas en ocasiones (Fig. 1).

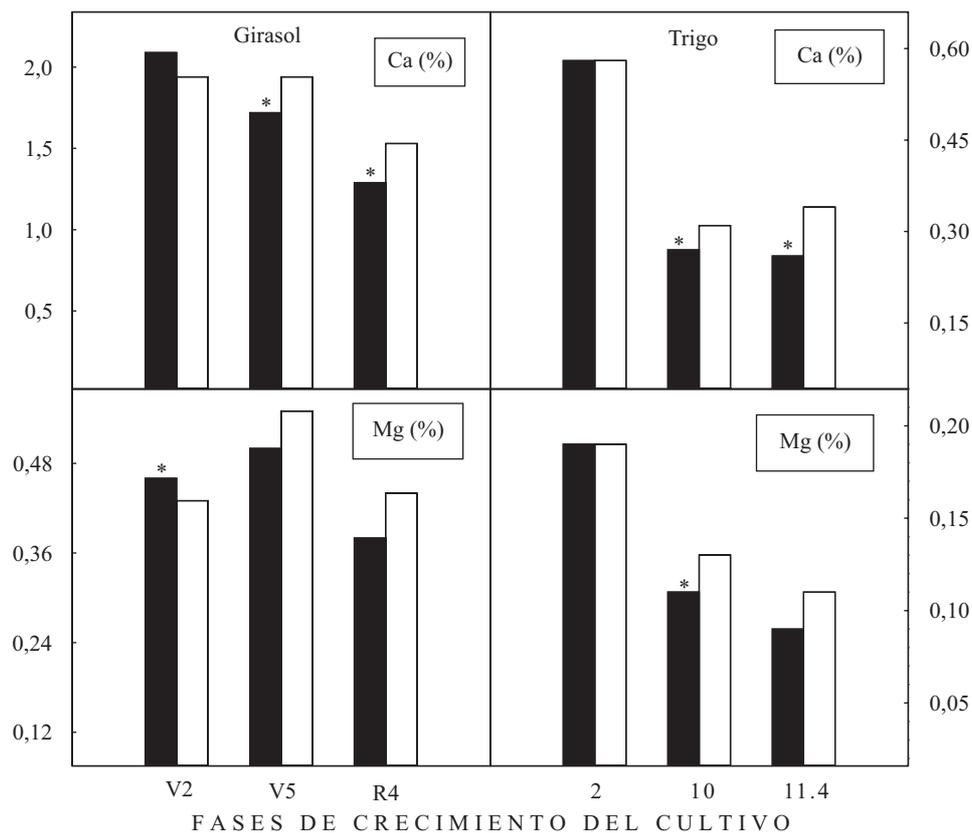


Fig. 1.—Concentraciones de Ca y Mg (valores medios sobre materia seca) en girasol y trigo, bajo laboreo tradicional (barras negras) y de conservación (barras blancas). Para un mismo estado de crecimiento, diferencias significativas de concentración se indican mediante un asterisco ($P < 0,05$)

En los primeros estados de desarrollo de la planta, las concentraciones de ambos elementos fueron iguales en los dos tratamientos, o incluso mayor el Mg del trigo en LT (estado V2, Fig. 1). Posteriormente, las concentraciones de Ca resultaron mayores en LC (estados V5 y R4 para girasol y 10 y 11.4 para trigo); las de Mg también fueron mayores, aunque sólo significativamente para el estado 10 del trigo (Fig. 1).

Equilibrio nutricional y rendimiento de los cultivos

La mayor absorción inicial de nutrientes (nitratos especialmente) bajo LT no parece que afectara al equilibrio nutricional de las plantas, según se deduce de los valores y sumatorios de índices DRIS obtenidos. En el caso del girasol se analizaron los limbos de las hojas más desarrolladas (estado V5, 5/6 pares de hojas), obteniéndose idénticos resultados para ambos tratamientos (Tabla 4). En ambos casos, la secuencia de requerimientos DRIS sería: $Mg > P > N > K > Ca$, que indicaría una deficiencia relativa de Mg, ocasionada tal vez por una toma comparativamente alta de Ca. Pero en general, el equilibrio nutricional de las plantas fue bastante adecuado, a tenor de los valores de ambos sumatorios, razonablemente bajos, y de los propios índices, inferiores o del mismo orden (valores absolutos) a 25 (Kelling y Schulte, 1986) (Tabla 4).

Tabla 4
Índices DRIS y sumatorio de valores absolutos para el girasol (año 1999) bajo laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC)

Laboreo	IN	IP	IK	ICa	IMg	Sumatorio
LT	5,15	-12,9	5,09	23,2	-20,5	66,8
LC	3,72	-10,4	3,76	25,8	-22,9	66,6

Estado fenológico del girasol: V5 según la escala de Blamey *et al.* (1997)

Algo similar podríamos decir en el caso del trigo, cuyo equilibrio nutricional fue muy aceptable en los dos sistemas de laboreo, aunque ligeramente mejor en LT, según los sumatorios obtenidos, algo más bajos en este tratamiento (Tabla 5). Durante las primeras fases del desarrollo de las plantas (estado 2), el P sería el nutriente más deficitario (en relación con los restantes) y K el menos deficitario. En fases posteriores (estado 10), el P seguiría siendo el nutriente más deficitario y, en este caso, el S sería el menos deficitario.

Tabla 5
Índices DRIS y sumatorio de valores absolutos para el trigo (año 2000) bajo laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC)

Estado fenológico	Fracción	Laboreo	IN	IP	IK	IS	Sumatorio
2	Parte aérea	LT	-0,70	-20,5	13,5	7,73	42,5
		LC	-1,55	-24,7	14,3	12,0	52,5
10	Parte aérea	LT	-9,29	-12,3	8,96	12,6	43,1
		LC	1,94	-23,8	5,70	16,1	47,5
	Hoja	LT	6,65	-16,4	-5,68	15,4	44,1
		LC	8,73	-16,3	-7,22	14,8	47,0

Estados fenológicos del trigo según la escala de Feekes

Los valores de rendimiento, y calidad del grano obtenidos (Tabla 6), corroboran el hecho de que la mayor absorción de nutrientes registrada en las plántulas de LT no se tradujo en posteriores mejoras para el cultivo que pudieran afectar al rendimiento. Los datos de cosecha (recogemos los obtenidos en parcelas protegidas con malla, debido al fuerte consumo de grano ocasionado por los pájaros en las zonas no protegidas) parecen dejar claro que los rendimientos en LT no fueron superiores a los de LC. Se trata de un aspecto que venimos observando desde el inicio del experimento.

En el caso del girasol, los rendimientos fueron particularmente bajos (especialmente en LT) debido a la escasez de lluvias durante el período de cultivo (54 mm). Resultó casi el doble en LC debido a que este tratamiento ocasiona un mejor estado hídrico del perfil del suelo (la diferencia de rendimiento fue todavía mayor en 1995, año muy seco: 1.521 kg ha⁻¹ en LC y 473 Kg ha⁻¹ en LT; Moreno *et al.*, 1997). El peso de 1.000 granos también fue mayor en LC, un 16 % aproximadamente, y ligeramente superior el rendimiento graso, casi un 2 % (Tabla 6). Por el contrario, el N resultó algo más alto en LT (un 6 % aproximadamente), consecuencia posiblemente del menor peso de grano (concentración del nutriente).

Tabla 6

Rendimiento, peso de 1.000 granos, N del grano y rendimiento graso de girasol (año 1999) y trigo (año 2000) bajo laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC)

Cultivo	Laboreo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Peso de 1.000 granos (g)	N del grano (%)	Rendimiento Graso (%)
Girasol	LT	864	51,7	2,80	43,1
	LC	1556	61,6	2,62	43,8
Trigo	LT	4436	49,5	1,81	–
	LC	4354	48,2	2,05	–

El rendimiento del trigo resultó muy elevado tanto en LT como en LC (Tabla 6), debido a la importante recarga hídrica experimentada por el perfil del suelo (lluvia de 425 mm, desde septiembre de 1999 hasta febrero de 2000, en la parcela experimental), así como por las lluvias caídas durante el mes de abril de 2000 (80 mm).

El interés de los resultados hasta ahora obtenidos, y la importancia de este tema para la agricultura de secano de Andalucía (y de otras zonas de clima mediterráneo), aconsejan continuar esta experimentación a más largo plazo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que el laboreo tradicional parece potenciar, no sólo el desarrollo, sino también la absorción de nutrientes (nitratos especialmente) por

parte de la plántula. Ello no parece deberse a un factor concreto, sino a un conjunto de variables, lo que estaría en consonancia con las ideas más recientes aparecidas en la literatura. Sin embargo, estas mejoras iniciales ocasionadas por LT, no llegan a afectar al equilibrio nutricional y rendimiento de los cultivos estudiados (girasol y trigo), bajo las condiciones experimentales de este trabajo y después de 9 años de haberlas implantado.

Por el momento, al margen del mejor desarrollo inicial de las plántulas en LT, el laboreo de conservación parece aconsejable por su influencia sobre la calidad del suelo y estado hídrico del perfil (aspectos contemplados en otros trabajos), que ha permitido obtener cosechas razonables de girasol (contrariamente que en LT) durante años de acusada sequía, como el que se contempla en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Todas las labores de campo fueron realizadas bajo el control del I.T.A. D. Manuel Fernández Ruiz. Los autores agradecen al Dr. M. León (Instituto de la Grasa y sus Derivados, CSIC, Sevilla) la determinación del rendimiento graso.

SUMMARY

Wheat and sunflower response to traditional and conservation tillage under non-irrigation agriculture (Western Andalucía)

The response of two crops, wheat (*Triticum aestivum* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) (a frequent rotation in western Andalucía) to the traditional (LT) and conservation tillage (LC) has been studied under non-irrigation agriculture. The LT enhanced growth and nitrate uptake by the sunflower seedlings. The same trend was also observed in wheat, although the differences were not significant in this case. Early differences derived from the tillage system did not affect the nutritional status nor the overall crop yields. The drought suffered that year reduced the yield of sunflower grown in LT conditions, but the one grown under LC conditions was less affected.

KEY WORDS: Tillage
Crop rotation
Nutritional equilibrium

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA A., LLANOS M., 1990. El Cultivo del Girasol. Agroguías Mundi-Prensa Ed., Mundi-Prensa, Madrid, 158 pp.
- AMUNDSON R.L., KOEHLER F.E., 1987. Utilization of DRIS for diagnosis of nutrient deficiencies in winter wheat. *Agron. J.* 79, 472-476.
- BLAMEY F.P.C., ZOLLINGER R.K., SCHNEITER A.A., 1997. Sunflower production and culture. En: Sunflower Technology and Production. Schneiter, A.A., ed. ASA, Madison, USA, pp. 595-670.
- CORBEELS M., HOFMAN G., VAN CLEEMPUT O., 2000. Nitrogen cycling associated with the decomposition of sunflower stalks and wheat straw in a vertisol. *Plant Soil* 218, 71 - 82.
- DICK W.A., McCOY E.L., EDWARDS W.M., LAL R., 1991. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. *Agron. J.* 83, 65-73.
- DOWDELL R.J., CANNELL R.Q., 1975. Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content. *J. Soil Sci.* 26, 53-61.

- FREDE H. G., BEISECKER R., GÄTH S., 1994. Long-term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Z. Pflanzenähr. Bodenk.* 157, 197-203.
- GROVE J.H., SUMNER M.E., 1982. Yield and leaf composition of sunflower in relation to N, P, K and lime treatments. *Fert. Res.* 3, 367-378.
- HAMMEL J.E., 1995. Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production in northern Idaho. *Agron. J.* 87, 16-22.
- HOOKE D.C., VYN T.J., 2000. Critical soil factors affecting early corn growth and yield in conservation tillage: a multi-variable approach. ISTRO - 2000 Conference, Fort Worth, (CD-ROM).
- IZAURREALDE R.C., HOBBS J.A., SWALLOW C.W., 1986. Effects of reduced tillage practices on continuous wheat production and on soil properties. *Agron. J.* 78, 787-791.
- JARREL W.M., BEVERLY R.B., 1981. The dilution effects in plant nutrition studies. *Adv. Agron.* 34, 197-224.
- KELLING K.A., SCHULTE E.E., 1986. Review: DRIS as a part of a routine plant analysis program. *J. Fert. Issues* 3, 107-112.
- KIRKEGAARD J.A., MUNNS R., JAMES R.A., GARDNER P.A., ANGUS J.F., 1995. Reduced growth and yield of wheat with conservation cropping. II. Soil biological factors limit growth under direct drilling. *Aust. J. Agric. Res.* 46, 75-88.
- LAL R., 1989. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. *Adv. Agron.* 42, 85-197.
- LARGE E.C., 1954. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Phytopathology* 3, 128-129.
- MORENO F., PELEGRÍN F., FERNÁNDEZ J.E., MURILLO J.M., 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil Tillage Res.* 41, 25-42.
- MURILLO J.M., MORENO F., PELEGRIN F., FERNÁNDEZ J.E., 1998. Responses of sunflower to traditional and conservation tillage under rainfed conditions in southern Spain. *Soil Tillage Res.* 49, 233-241.
- PLASTER E.J., 1992. *Soil Science & Management*. Delmar Publishers Inc., New York, 514 pp.
- RAO S., 1996. Evaluation of nitrification inhibitors and urea placement in no-tillage winter wheat. *Agron. J.* 88, 904-908.
- REUTER D.J., ROBINSON J.B., 1997. *Plant Analysis. An Interpretation Manual*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 572 pp.
- SCHAEFER N.L., 1986. Evaluation of a hand held reflectometer for rapid quantitative determination of nitrate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17, 937-951.
- SILGRAM M., SHEPHERD M.A., 1999. The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. *Adv. Agron.* 65, 267-311.
- SOIL SURVEY STAFF, 1996. *Keys to Soil Taxonomy*. US Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service. Washington DC., 664 pp.
- THOMPSON J.P., 1992. Soil biotic and biochemical factors in a long-term tillage and stubble management experiment on a vertisol. 1. Seedling inhibition by stubble. *Soil Tillage Res.* 22, 323-337.
- WALWORTH J.L., SUMNER M.E., 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). En: *Advances in Soil Science*, vol. 6. Stewart, B.A. ed. Springer-Verlag, New York, pp. 149-188.
- WUEST S.B., ALBRECHT S.L., SKIRVIN K.W., 2000. Crop residue position and interference with wheat seedling development. *Soil Tillage Res.* 55, 175-182.