

RESPUESTA DE LOS CULTIVOS Y LA VEGETACIÓN ARVENSE A LA REDUCCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN Y AL TIPO DE LABOREO EN SISTEMAS CEREALISTAS DE SECANO

Navarrete L.^{1*}, Sánchez M.J.¹, Alarcón R.¹,
Hernanz J.L.², Sánchez-Girón V.³

¹Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, Apdo. 127, 28800 Alcalá de Henares (Madrid), España.

²Departamento de Termodinámica y Motores, ETSI Montes, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.

³Departamento de Ingeniería Rural, ETSI Agrónomos, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.

*luis.navarrete@madrid.org

Resumen: Se muestran diversos resultados obtenidos durante 2013 y 2014, en un monocultivo de trigo (E1, 32 años) y una rotación de trigo-guisante proteaginoso (E3, 13 años), con dos niveles de fertilización: tradicional y reducida un 50%, bajo laboreo convencional (LC), mínimo (LM) y siembra directa (SD). La nascencia de los cultivos no resultó afectada por el laboreo ni la fertilización, salvo en guisante (LC, 2013). Los rendimientos de trigo fueron siempre mayores en SD, y bajo fertilización reducida en 2014 (E3). Entre las arvenses principales, *Chenopodium album*, *Amaranthus blitoides* y *Polygonum aviculare*, fueron más abundantes en LC o LM. *Descurainia sophia* y *Papaver rhoeas* lo fueron en SD y *Anacyclus clavatus* en LM. La mayor densidad de arvenses se registró en SD y tan solo *Lactuca serriola* resultó afectada por el nivel de fertilización.

Palabras clave: Abundancia relativa, monocultivo, nascencia, rotación de cultivos, siembra directa.

Summary: *Crop and weed response to reduced fertilization and tillage system in rainfed cereal crops.* This work shows different results obtained in 2013 and 2014 growing seasons in a wheat monoculture field experiment (E1) lasting 32 years, and in a wheat-pea rotation field experiment (E2) lasting 13 years. Two levels of nitrogen fertilization were considered, traditional and reduced (rates were reduced by 50%),

in three different tillage systems: conventional tillage (LC), minimum tillage (LM) and no-tillage (SD). Seedling emergence was not affected by tillage and fertilizer rates except in the pea crop in LC in 2013. Wheat yields peaked in 2014 in SD with reduced fertilization. Considering the weed flora, main species such as *Chenopodium album*, *Amaranthus blitoides* and *Polygonum aviculare* were more abundant in LC and LM. However, *Papaver rhoeas* and *Descurainia sophia* were more abundant in SD, and *Anacyclus clavatus* in LM. The highest weed density was observed in SD and just *Lactuca serriola* was the only weed species affected by the level of fertilization.

Keywords: Relative abundance, monoculture, seedling emergence, crop rotation, no-tillage.

INTRODUCCIÓN

En general, bajo condiciones de secano, la respuesta de los cultivos (cereales y leguminosas) a los fertilizantes sintéticos no es muy consistente, no observándose incrementos apreciables en los rendimientos, especialmente en sistemas bajo rotación y donde los residuos de cosecha se mantienen en el terreno (Pardo et al., 2009). Tampoco parece existir una clara respuesta de la vegetación arvense a la fertilización, pues mientras la abundancia de algunas especies se incrementa, la de otras disminuye o no resulta significativamente afectada (Kenežević et al., 2007). Por otra parte, los costes de producción no se ven, a menudo, compensados por las ganancias, debido al encarecimiento de los insumos, principalmente los derivados del petróleo como el gasóleo y los fertilizantes químicos. En consecuencia, los agricultores han recurrido a la utilización de diversas alternativas para rebajar los costes de producción, como la reducción del laboreo, cuyos efectos han sido objeto de estudio por parte de numerosos autores (Derksen et al., 1995; Blackshaw et al., 2001; Shresta et al., 2002; Dorado & López-Fando, 2006) o la reducción de las dosis de fertilización (Navarrete et al., 2013; Hassannejad & Porheidar Ghafarbi, 2014). El objetivo del presente trabajo es mostrar la respuesta de algunas variables de los cultivos y las arvenses, al tipo de laboreo y a la reducción de la fertilización, en 2 ensayos de campo de media y larga duración, durante las campañas 2013 y 2014.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo que se presenta se enmarca en dos ensayos de campo de larga y media duración, denominados E1 y E3, iniciados en 1983 y 2002, respectivamente, y ubicados en la finca El Encín, perteneciente al Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario

(IMIDRA, Alcalá de Henares, Madrid), y que se mantienen en la actualidad. En ambos ensayos se vienen comparando 3 sistemas de laboreo: convencional, con vertedera (LC); mínimo, con chisel o cultivador (LM) y siembra directa (SD), tanto en un monocultivo de cereal (E1), como en una rotación cereal-leguminosa para grano (E3). El diseño experimental es de bloques al azar con 4 repeticiones y parcelas divididas, considerando como tratamiento principal el sistema de laboreo y como subtratamiento el nivel de fertilización [convencional (Fc) y reducida (Fr) en un 50%]. Los cultivos utilizados fueron: en 2013, en E1, trigo de invierno cultivar *Avelino* (44 g 1000 semillas⁻¹), sembrado el 12 de diciembre, a una densidad de 425 semillas m⁻², equivalente a una dosis de 186 kg ha⁻¹; en E3, guisante cultivar *Corallo* (179 g 1000 semillas⁻¹), sembrado el 5 de diciembre, densidad: 85 semillas m⁻², dosis: 152 kg ha⁻¹. En 2014, en E1 y E3, trigo de invierno cultivar *Ovalo* (36 g 1000 semillas⁻¹), sembrado el 29 de noviembre, densidad: 500 semillas m⁻², dosis: 180 kg ha⁻¹. Las dosis tradicionales de abonado para trigo fueron: 80 kg ha⁻¹ de N (30% en sementera y 70% en cobertera), 36 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 54 kg ha⁻¹ de K₂O; para guisante: 23 kg ha⁻¹ de N, 47 de P₂O₅ y 70 de K₂O, todo en sementera. Para el control de las arvenses, en SD, se utilizó glifosato 36% en presiembra del cultivo (dosis: 0,72 kg i.a. ha⁻¹) y en el cultivo de trigo se utilizó la mezcla de bromoxinil 22%+MCPA 30% (0,59+0,81 kg i.a. ha⁻¹) para el control de las arvenses en postemergencia, en todos los sistemas de laboreo. El tamaño de las parcelas es de 330 y 480 m², para los ensayos E1 y E3, respectivamente. El suelo, de textura franca, 1% de M.O. y pH de 7,8. Las variables evaluadas en los cultivos fueron: nascencia (en 3 líneas de siembra de 50 cm parcela⁻¹); profundidad de siembra (medición del coleóptilo desde la semilla hasta la superficie del suelo) y rendimiento de grano (3 pases de microcosechadora, 1 central y 2 en diagonal, para el trigo y 3 líneas de 1 m para el guisante parcela⁻¹). De la vegetación arvense fue estimada la densidad mediante el recuento de los individuos de cada especie en 10 marcos de 0,1 m² parcela⁻¹. A partir de los datos de la densidad se ha estimado la abundancia relativa (Ar) siguiendo el modelo utilizado por Derksen et al. (1995), y calculado para cada especie como: $Ar = ((Dre + Fre)/2)*100$, siendo Dre y Fre la densidad y frecuencia relativas de cada especie, respectivamente. Los valores obtenidos fueron sometidos al análisis de la varianza, previa transformación por arcoseno en el caso de la Ar. La separación de medias fue realizada mediante el test de rango múltiple de Duncan (P ≤ 0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La nascencia del trigo osciló entre 256 plantas m⁻² en E1 (2013) y 357 en E3 (2014), no registrándose diferencias significativas entre sistemas de laboreo, ni entre niveles de fertilización. Por el contrario, la nascencia

del guisante (E3, 2013) resultó mayor en el LC que en el LM y la SD, situación que viene registrándose frecuentemente en estos ensayos, en el cultivo de leguminosas (Navarrete et al., 2013). En este cultivo el nivel de fertilización sí afectó a la nascencia, siendo mayor cuando se utilizó la dosis reducida de fertilizante (Figura 1). La profundidad de siembra, en ambos cultivos, osciló entre 3 y 5,7 cm (datos no mostrados), resultando siempre menor en la SD, y no viéndose, en ningún caso, afectada por el nivel de fertilización.

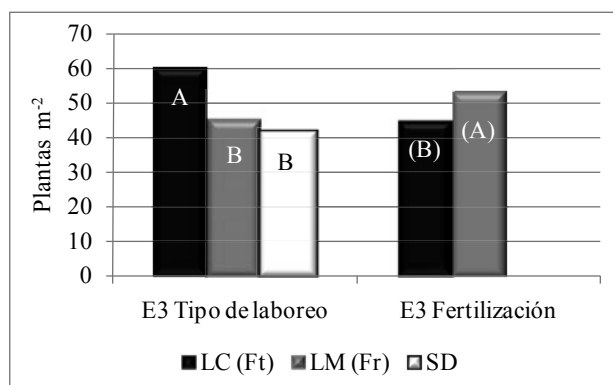


Figura 1. Nascencia de guisante en función del sistema de laboreo (LC, LM, SD: convencional, mínimo, siembra directa) y nivel de fertilización (Ft: tradicional; Fr: reducida) Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$, test de Duncan).

Los rendimientos de trigo variaron ampliamente con la campaña agrícola: en 2013 oscilaron entre 2175 y 2900 kg ha⁻¹ (Figura 2a). En 2014, la elevada temperatura y la baja pluviometría registradas durante la floración del trigo, resultaron en una de las peores campañas de la última década, tanto en el monocultivo como en la rotación, obteniéndose, en esta última, un rendimiento promedio inferior (22%) a los registrados en el monocultivo (Figura 2b). Estos resultados están en contradicción, tanto con los obtenidos por otros autores (Lacasta et al., 2007) como por nosotros en campañas anteriores (Navarrete et al., 2013). Hay que resaltar que, en ambas campañas, los rendimientos de trigo siempre resultaron significativamente mayores en la SD (Figuras 2a y 2b). En dicho cultivo, los rendimientos no se vieron afectados por el nivel de fertilización, salvo en 2014, con la fertilización reducida bajo rotación (E3) (Figura 2b), en coincidencia con los estudios de Pardo et al. (2009). En el cultivo de guisante (E3, 2013), la mayor densidad de plantas nacidas en el LC pudo condicionar que, a diferencia del trigo, el rendimiento resultara significativamente mayor en dicho sistema que en la SD, no mostrando respuesta diferencial en el LM (Figura 2a).

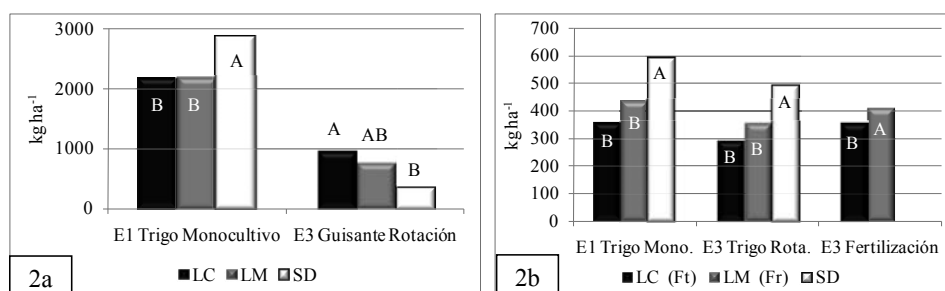


Figura 2. Rendimiento de los cultivos en función del sistema de laboreo y nivel de fertilización. En cada ensayo, letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$, test de Duncan. 2a) Campaña 2013; 2b) Campaña 2014.

En cuanto a la vegetación arvense (ensayo E3), el total de especies censadas en las dos campañas fue de 31; 26 en el cultivo de guisante (2013) y 25 en el de trigo (2014). Las especies principales, aquellas con una abundancia superior al 1%, en al menos la mitad de los sistemas de laboreo comparados, fueron 15. De ellas, 6 ofrecieron respuesta diferencial ($P < 0,05$) al sistema de laboreo: *Amaranthus blitoides* S. Watson., *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers., *Chenopodium album* L., *Descurainia sophia* (L.) Webb. Ex Prantl., *Papaver rhoeas* L. y *Polygonum aviculare* L. En 2013, con guisante, *Ch. album* y *P. aviculare* resultaron significativamente más abundantes en los sistemas donde se labraba, LC y LM, que en la SD. Estos resultados vienen coincidiendo con los de diferentes autores, Shresta et al. (2002) indican mayor abundancia de *Ch. album* en LC que en SD, en cultivos de leguminosas en Canadá, y también coinciden con los de Dorado & López-Fando (2006), más abundancia de *P. aviculare* en el LC que en la SD, en una rotación de guisante y cebada, en La Higuera (Toledo). En nuestro ensayo, también *A. blitoides* resultó más abundante en el LC que en la SD, a diferencia de lo reportado por Shresta et al. (2002), más abundante en la SD, sin embargo no mostró respuesta diferencial en el LM (Figura 3a). Por el contrario, *D. sophia* fue más abundante en la SD que en el LC, en discordancia con Blackshaw et al. (2001) sobre el comportamiento de esta arvense, a la que asocian al LC. En 2014, con trigo, *P. aviculare* se comportó de la misma manera que en 2013 y *A. clavatus* resultó más abundante en el LM que en el LC y la SD. Por el contrario, *P. rhoeas* fue más abundante en la SD que en el LC y el LM (Figura 3b), nuevamente en coincidencia con lo indicado por Dorado & López-Fando (2006). En cuanto al nivel de fertilización, la única arvense que ofreció respuesta diferencial fue *Lactuca serriola* L., resultando más abundante cuando se utilizó la dosis reducida en 2014 con trigo (dato no mostrado), en coincidencia con Hassannejad & Porheidar Ghafarbi (2014), que indican que esta arvense no resultó positivamente correlacionada con los niveles

de NPK en terrenos cultivados con trigo en el noroeste de Irán. En cuanto al conjunto de la vegetación arvense, en ambas campañas, la densidad total resultó significativamente afectada por el sistema de laboreo, como indican Kenežević et al. (2007), siendo mayor en la SD que en el LC y el LM (Figura 4). Por el contrario, el nivel de fertilización no afectó a la densidad total de las arvenses.

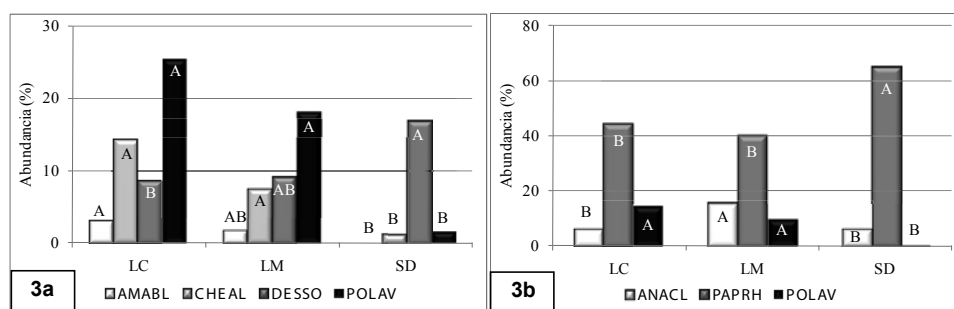


Figura 3. Abundancia de arvenses con respuesta diferencial al sistema de laboreo. Para cada especie, letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$, test de Duncan). 3a) Campaña 2013; 3b) Campaña 2014.

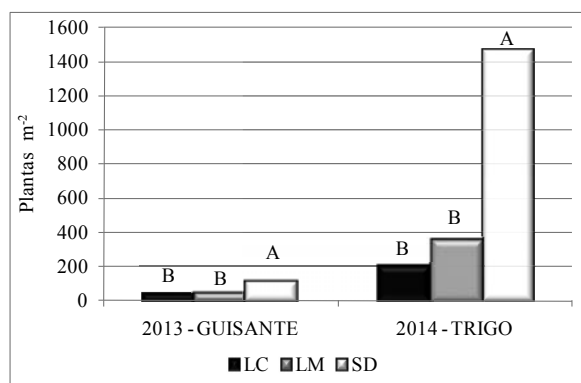


Figura 4. Densidad total de arvenses en función del sistema de laboreo. En cada campaña-cultivo, letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$, test de Duncan).

En resumen, tanto los rendimientos de los cultivos como la abundancia de las arvenses principales, resultaron más afectados por el sistema de laboreo que por el nivel de fertilización. Así, el trigo resultó favorecido en la SD y el guisante, en el LC. Entre las arvenses, *Ch. album*, *A. blitoides*, *P. aviculare*, *D. sophia*, *P. rhoeas* y *A. clavatus*, ofrecieron respuesta diferencial al sistema de laboreo, y tan solo *L. serriola* lo hizo a la fertilización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Economía y Competitividad y al IMIDRA por la financiación y ayuda prestada para el desarrollo del proyecto de investigación AGL2012-39929-C03-01, así como a los técnicos Andrés Bermejo y Noelia Rodríguez por su inestimable ayuda en el mantenimiento y desarrollo de estos ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- BLACKSHAW RE, LARNEY FJ, LINDWALL CW, WATSON PR & DERKSEN DA (2001) Tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. *Canadian Journal of Plant Science* 81, 805-813.
- DERKSEN DA, THOMAS AG, LAFOND GP, LOEPPKY HA & SWANTON CJ (1995) Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Research* 35, 311-320.
- DORADO J & LÓPEZ-FANDO C (2006) The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. *Weed Research* 46, 424-431.
- HASSANNEJAD S & PORHEIDAR GHAFARBI S (2014) Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on weed species distribution in wheat fields of Tabriz county. *International Journal of Scientific Research in Knowledge* 2 (Special Issue), 009-014.
- KENEŽEVIĆ M, STIPEŠEVIĆ B, KENEŽEVIĆ I & LONČARIĆ Z (2007) Weed populations of winter wheat as affected by tillage and nitrogen. *Ekologija (Bratislava)* 26, 190-200.
- LACASTA C, ESTALRICH E, MECO R & BENÍTEZ M (2007) Interacción de densidades de siembra de cebada y rotaciones de cultivo sobre el control de la flora arvense y el rendimiento del cultivo. En: *Proceedings 2007 XI Congreso SEMh. La Malherbología en los nuevos sistemas de producción agraria*. (eds MANSILLA J, ARTIAGO A & MONREAL JA) (7-9 Noviembre, Albacete, España) 191-196. SEMh-UCLM, Albacete, España.
- NAVARRETE L, SÁNCHEZ MJ, ALARCÓN R, HERNÁNZ JL & SÁNCHEZ-GIRÓN V (2013) Datos preliminares sobre la reducción de la fertilización mineral en sistemas cerealistas de secano bajo diferentes sistemas de laboreo. En: *Proceedings 2013 XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (eds OSCA JM, GOMEZ DE BARREDA D, CASTELL V

Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural

& PASCUAL N) (5-7 Noviembre, Valencia, España) 179-183. Universitat Politècnica de València, España.

PARDO G, CAVERO J, AIBAR J & ZARAGOZA C (2009) Nutrient evolution in soil and cereal yield under different fertilization type in dryland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 84, 267-279.

SHRESTA A, KENEŽEVIĆ SZ, ROY RC, BALL-COELHO BR & SWANTON CJ (2002) Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research* 42, 76-87.