

IMPACTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE LABOREO EN LA FISIOLÓGIA DE LA NUTRICIÓN DEL TRIGO (*Triticum durum* L.)

Impact of different tillage systems on the nutritional physiology of wheat crop (*Triticum durum* L.)

Roberqui Martín Martín^{1✉}, Eduardo Jerez Mompié¹, Félix Moreno Lucas², Ignacio Girón Moreno² y José M. Murillo Carpio²

ABSTRACT. This work was conducted in “La Hampa” experimental farm, belonging to the Institute of Natural Resources and Agrobiology of Seville (CSIC), Spain, in order to evaluate the physiological responses elicited by traditional (LT) and conservation tillage (LC) on the nutritional status of wheat crop (*Triticum durum* L.) in long-term experiments on a sandy clay loam Xerofluent soil. The experimental area has an agrometeorological station to record the minimum, average and maximum values of different variables, considering temperatures and rainfall in this work. A randomized block design with three replicates per treatment was used for the study; each block had a surface area of 240 m². At the experimental stage, crop nutrient extraction was assessed on the grains and leaf mass of 10 randomly selected plants per treatment. Nitrogen was determined by Kjeldahl method whereas the other elements by plasma atomic emission spectroscopy (ICP). From the physiological point of view, there are significant differences on the extraction of nutrients absorbed by the crop, ensuring that plants had no nutritional problems at the conservation tillage, with an increased total dry mass production. No significant differences were detected between both treatments with respect to yield, so that conservation tillage is more appropriate when taking into account its environmental benefits.

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en la finca experimental “La Hampa”, perteneciente al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC), España, con el objetivo de evaluar las respuestas fisiológicas provocadas por el laboreo tradicional (LT) y el laboreo de conservación (LC) en el estado nutricional del cultivo del trigo (*Triticum durum* L.), en experimentos de larga duración, en un suelo Xerofluviente, franco arcillo arenoso. El área experimental cuenta con una estación agrometeorológica que registra valores mínimos, medios y máximos de diferentes variables, considerándose para este trabajo las temperaturas y las precipitaciones. Para el estudio se utilizó un diseño de Bloques al Azar con tres réplicas por tratamiento; cada bloque contó con una superficie de 240 m². En la fase experimental se evaluó la extracción de nutrientes por el cultivo en la masa foliar y en los granos, para lo cual se emplearon 10 plantas al azar por tratamiento. Las determinaciones de nitrógeno se realizaron por el método Kjeldahl y el resto de los elementos mediante espectroscopia de emisión atómica de plasma (ICP). Desde el punto de vista fisiológico, hay diferencias significativas en la extracción de nutrientes absorbidos por el cultivo, lo que asegura que en el laboreo de conservación las plantas no tuvieron problemas nutricionales, con una mayor producción de masa seca total. Tampoco se detectaron diferencias significativas entre ambos tratamientos, en lo que respecta al rendimiento, por lo que el laboreo de conservación resulta el más adecuado, teniendo en cuenta los beneficios medioambientales que conlleva.

Key words: tillage, nutrition, yield, physiological response, wheat

Palabras clave: labranza, nutrición, rendimiento, respuesta fisiológica, trigo

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, es el más ampliamente consumido por el hombre; constituye la base de alimentación de más del 96,4 % de la

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

² Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), CSIC España.

✉ rmartin@inca.edu.cu

población mundial (1). Por otra parte, la correcta aplicación de fertilizantes, particularmente el nitrógeno, es muy importante para lograr altos rendimientos y buena calidad del grano de trigo, además de la nutrición regular de las plantas (2).

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 (3). Esto no significa que siempre se registren pérdidas cuando se cambia el laboreo tradicional (LT) por el no laboreo u otra modalidad de laboreo de conservación (LC). En suelos apropiados no tendrían por qué producirse estas pérdidas (3), resultando incluso superiores las cosechas bajo laboreo de conservación en circunstancias concretas.

Cuando se producen pérdidas, son muy variadas las razones que podrían explicar este hecho, tales como menor temperatura del suelo, junto a un aumento del contenido de agua; propiedades físicas limitantes en el lecho de siembra; fitotoxicidad de los residuos vegetales del cultivo previo; aumento de patógenos del suelo y malas hierbas, así como menor eficacia en la utilización de fertilizantes (4, 5). Dependiendo de las características edafoclimáticas 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 LT, como consecuencia de una mayor accesibilidad de la materia orgánica a la actividad microbiana (3). Por otra parte, la presencia de residuos en el LC podría potenciar una inmovilización de N más o menos acusada. Sin embargo, este único aspecto suele resultar insuficiente para explicar las diferencias de crecimiento o cosecha, observadas a veces entre ambos sistemas de laboreo, aunque en otros tipos de experimentos en que no se han empleado fertilizantes químicos en algunos de sus tratamientos y otras labores de preparación del suelo, los rendimientos han sido mayores en esas condiciones (6).

Es importante también señalar que se han encontrado diferencias en la concentración de nitratos de suelos de zonas con clima templado sometidos a LT y no laboreo (7). Además, el crecimiento menor de una plántula, bajo no laboreo, no siempre se corrige con la adición de N. Son numerosos los autores que piensan que en el LC existen aspectos más importantes que la disponibilidad de agua y nutrientes (factores generalmente no limitantes) para el crecimiento de la plántula. Para muchos autores las propiedades físicas del lecho de siembra tienen especial relevancia; 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 (5). Estas interacciones pueden variar sustancialmente de unas zonas a otras.

En el presente trabajo se evaluaron las respuestas fisiológicas, provocadas por distintos sistemas de labranza, laboreo tradicional (LT) y laboreo de conservación (LC), en el estado nutricional del cultivo del trigo (*Triticum durum* L.) establecido en condiciones de secano. También se hace referencia a la extracción nutricional del cultivo en el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la finca "La Hampa", perteneciente al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC), España. Se utilizaron parcelas con dos técnicas de laboreo, LT, que básicamente consistió en el volteo del suelo mediante vertedera, hasta unos 30 cm de profundidad, previa quema del rastrojo del cultivo precedente, guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) y LC, en el que se dejaron en el suelo los restos del cultivo anterior, a modo de cubierta y no se volteó el suelo, en experimentos de larga duración, en los que se empleó el cultivo del trigo (*Triticum durum* L.), en un suelo Xerofluvent franco arcillo arenoso (8) o Fluvisol (9). La tabla recoge algunas propiedades de este suelo.

La siembra se realizó de forma mecanizada, para lo cual se utilizó una sembradora con un espacio entre líneas de 16 cm y la variedad de la semilla empleada fue "Euroduro" de ciclo medio-largo, con una pureza del 98 % y una germinación mínima del 85 %. La densidad de siembra fue de 240 kg ha⁻¹ y no se aplicó ningún tipo de fertilizante químico, excepto el aportado por el cultivo precedente (una leguminosa). Cuando se presentaron plantas arvenses, estas se controlaron con herbicida en el LC. No suelen aplicarse herbicidas en el LT, salvo casos excepcionales, admitiendo que el volteo de suelo destruye casi todas las malas hierbas.

Durante el desarrollo de la fase experimental, se determinó el comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima, así como las precipitaciones, procesándose ambas variables de forma decenal.

Principales características del suelo de la zona de estudio (0-10 cm de profundidad)

Indicadores	Valores
PH (extracto suelo: agua 1/2,5)	8,2
CE (extracto suelo: agua 1/5)	153 µS cm ⁻¹
COT (Walkley y Black, 1934)	1,54 %
CaCO ₃ (calcímetro Barnad)	26,5 %
N (extracción con H ₂ SO ₄ conc.)	0,095 %
P _{Olsen} (extracción con HCO ₃ Na)	26 mg kg ⁻¹
K (extracción con NH ₄ CH ₃ COO)	1,2 cmol kg ⁻¹
Arena fina	12,2 %
Arena gruesa	29,6 %
Limo	24,8 %
Arcilla	33,4 %

En el momento de la cosecha se evaluó la extracción de nutrientes por parte del cultivo en el grano y la parte aérea, donde se determinaron los contenidos de N, P, K, Ca, Mg y S expresados en kg ha^{-1} y Cu, Fe, Mn, Zn y Ni, expresados en g ha^{-1} . El N se determinó por el método de Kjeldahl y los elementos restantes fueron tratados con la muestra a presión con HNO_3 concentrado, en microondas (BERGHOF, Speedwave Two, 2004, Alemania) y la lectura posterior se realizó por espectrometría óptica con plasma acoplado inductivamente en un ICP-OES (Radial Simultáneo Varian 725-ES). Para el estudio se tomaron al azar tres muestras por cada tratamiento, cortándose toda la biomasa aérea a 1 cm del suelo.

Las muestras se descontaminaron mediante breves lavados con agua desionizada. Inmediatamente después del lavado, se procedió al secado en estufa a 70°C y una vez secas, las muestras se molieron y se guardaron en cámara fría hasta su análisis en el laboratorio.

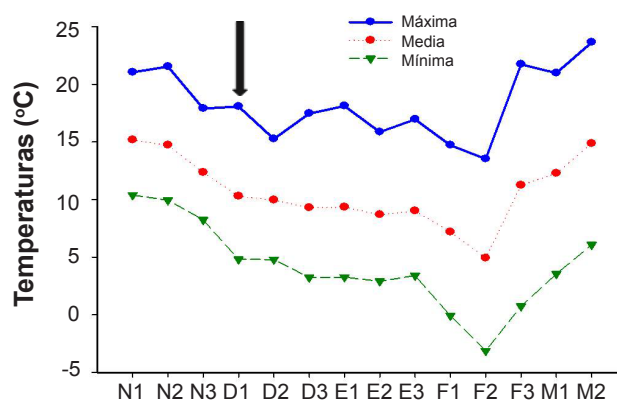
El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa Statgraphics versión 5.1 (10) y los gráficos se realizaron a través del programa Sigmaplot 11.0. Para evaluar las diferencias significativas de los tratamientos estudiados, se utilizó la prueba de T-Student, a un nivel de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de las temperaturas máxima, mínima y media durante el desarrollo de la investigación; como se aprecia el régimen termométrico del lugar se caracteriza por pertenecer a una zona templada. Las temperaturas más bajas se registraron en los meses de diciembre a febrero, con una media de mínimas de $5,2^\circ\text{C}$, parámetro característico de un clima mediterráneo (8).

La temperatura afecta generalmente el desarrollo de las plantas a través de su influencia en las diferentes fases del crecimiento de estas, lo cual se ve reflejado en la producción de hojas, tallos y otros componentes. Todos los procesos fisiológicos de las plantas ocurren con mayor rapidez a medida que la temperatura aumenta, pero si estas son suficientemente bajas, se producen daños severos en los tejidos jóvenes, situación que no se presentó durante la siembra y primeras fases de desarrollo del cultivo (diciembre-enero), por lo que las afectaciones no produjeron daños considerables, por demás el cultivar empleado es una variedad obtenida para estas condiciones.

Debido a que el experimento se desarrolló en condiciones de secano, también se registraron las precipitaciones decenales, ocurridas durante ese período (Figura 2).



La flecha en el gráfico indica la fecha de siembra del cultivo

Figura 1. Comportamiento de las temperaturas máxima, media y mínima durante el desarrollo de la investigación

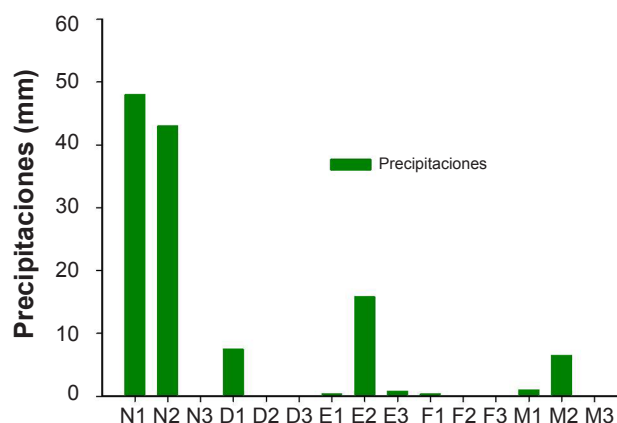


Figura 2. Comportamiento de las precipitaciones acumuladas decenalmente durante el desarrollo de la investigación

Dado las características del clima de la zona en cuanto a precipitaciones, se han registrado años anormalmente secos con lluvias que no superaron los 250 mm y otros extraordinariamente húmedos de 1200 mm, lo que refleja una gran variabilidad en el parámetro pluviométrico. Entre los meses de implantación del cultivo, diciembre 2011-marzo 2012, se registró un total de 179,2 mm.

Teniendo en cuenta la distribución de las lluvias, la siembra se realizó con un contenido de humedad adecuado para lograr una buena germinación, ya que hubo precipitaciones en las decenas precedentes a la siembra del cultivo. En las recomendaciones realizadas para el manejo del cultivo (11), es importante garantizar también que el agua no sea un factor restrictivo en el momento de la siembra, al igual que en la fase de antesis. En ambos tratamientos la humedad no fue un factor limitante, ya que se favoreció el desarrollo de las plantas en esos momentos. En tal sentido, las precipitaciones y temperaturas son algunas de las variables climáticas principales que impulsan la producción agrícola en todo el mundo (12).

Un elemento importante en la producción de trigo lo constituyen las labores realizadas al suelo en la preparación para la siembra, de lo cual también depende su fertilidad, pues el hecho de no realizar aplicaciones de fertilizantes minerales repercute en la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plantas, lo cual es necesario conseguir con un adecuado laboreo en el que no se afecten las propiedades del suelo. A continuación se analiza la extracción de nutrientes que las plantas han realizado, tomando en cuenta los dos sistemas de laboreo empleados.

Partiendo de que el N y el P son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las gramíneas (13), en la Figura 3 (A y B) se muestra la extracción de los nutrientes N, P y K en el grano y la parte aérea. Al analizar la extracción de N en las diferentes partes evaluadas, se encontraron diferencias significativas, con mayores valores, de forma general, en el laboreo de conservación, aunque para el caso de la extracción por el grano, se mostraron valores muy superiores a los encontrados en la parte aérea. Hay que tener en cuenta que esta evaluación fue realizada al final del ciclo del cultivo, por lo que fue mayor la movilización de asimilados de las hojas hacia el grano.

Sin embargo, en estudios realizados se demuestra que LC proporciona medios eficaces para conservar la fertilidad del suelo, así como mejora las necesidades de nitrógeno (14), lo que implica una mejor absorción de este elemento por el grano, como se muestra en los resultados.

Independientemente que no se realizaron aplicaciones de fertilizantes químicos, la fertilización nitrogenada afecta los rendimientos y sus componentes en el cultivo del trigo, aspecto que ha sido documentado en los últimos 20 años (15, 16, 17). En trabajos recientes se ha comprobado la gran interrelación entre la extracción del N por el cultivo y su disposición en el suelo, de lo cual depende la calidad del grano y el rendimiento del cultivo (17).

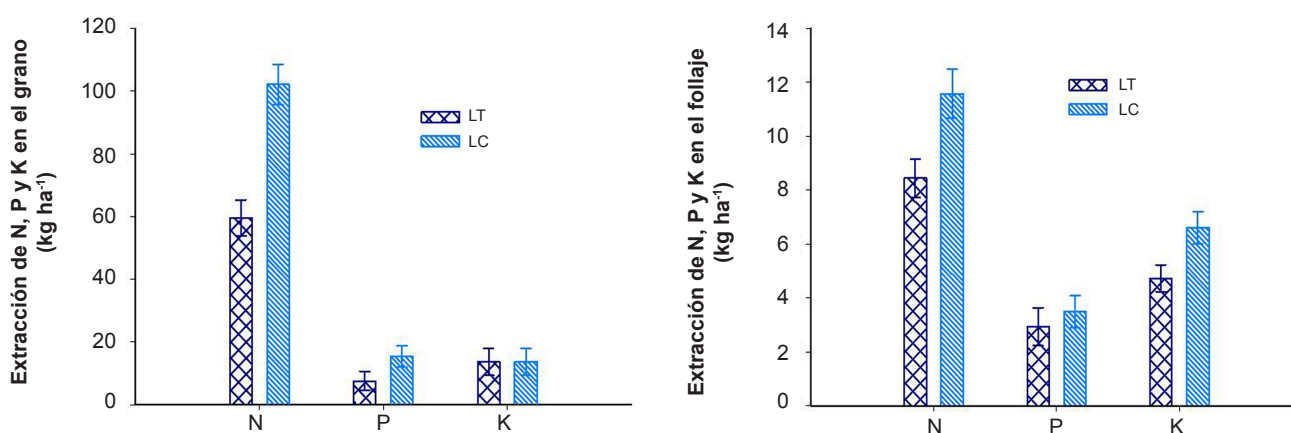
En el caso de los nutrientes P y K, no se observaron diferencias significativas importantes entre tratamientos en el momento evaluado, en ambas partes consideradas.

Existe preocupación de que la acumulación de P y K cerca de la superficie, como ocurre con frecuencia en el LC, puede resultar en menor disponibilidad para las plantas si las condiciones de humedad no son adecuadas en la superficie. La ocurrencia de déficit de agua en los primeros centímetros de suelo dependerá, no solo de las condiciones climáticas, sino también y en gran medida de la cantidad y el tipo de residuos en superficie que afecten la tasa de evaporación (18).

Estos resultados demuestran que las técnicas de LC, a pesar de favorecer aumentos en las propiedades bioquímicas del suelo, experimentan ligeros aumentos del carbono orgánico del suelo así, como las concentraciones de N, P y K en la superficie (19).

El trigo necesita muchos nutrientes para lograr un buen crecimiento, sobre todo macroelementos, entre los que además de los analizados, el Ca, Mg y S juegan un papel importante, atendiendo a las funciones que ellos realizan en las plantas: El Ca es responsable de la integridad y funcionalidad de las membranas, el Mg activa enzimas importantes para el proceso fotosintético como la Rubisco y Fosfoenol-piruvato carboxilasa y el S participa en múltiples procesos enzimáticos, entre otros (20).

En la Figura 4 (A y B) se realiza el análisis de la extracción de estos elementos por las plantas; de forma general, se presentó una mayor extracción por parte de los diferentes órganos analizados en el LC con respecto al LT. En el caso del Mg y el S, se comportaron de forma similar tanto en el grano como en la parte aérea, no siendo así para el Ca, ya que hubo una mayor extracción en la parte aérea.



Las barras significan el intervalo de confianza para las medias a $p < 0,05$
Laboreo Tradicional (LT) y Laboreo de Conservación (LC)

Figura 3. Extracción de N, P y K por el grano (A) y en la parte aérea (B), expresados en kg ha⁻¹

Por otra parte, en la Figura 5 (A y B) se analiza el comportamiento de la extracción de algunos microelementos que también resultan importantes para el cultivo, donde se destaca que las extracciones de Fe y Zn resultaron mayores en ambos órganos en el LC. Para el Mn resultó mayor en la extracción realizada por el grano y mayor bajo laboreo de conservación. Por otra parte, las extracciones de B y Cu fueron mínimas en ambos órganos. Al comparar los dos sistemas de laboreo, en sentido general, los elementos extraídos por el grano y la parte aérea evidenciaron una mayor extracción en el LC.

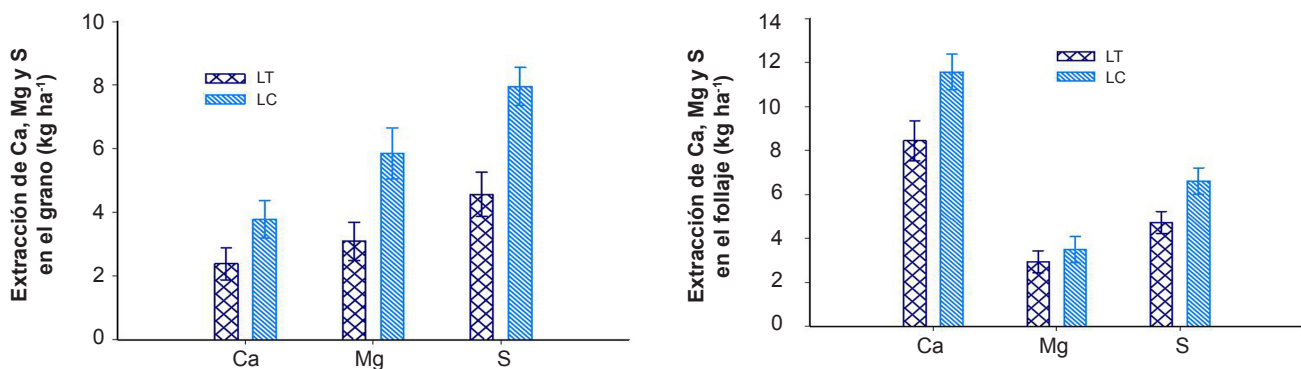
No obstante, estos microelementos no dejan de ser importantes para el crecimiento de las plantas, pero son requeridos en menores cantidades que los macronutrientes ya analizados. De acuerdo con diversos autores (21, 22), la labranza de conservación aumenta la disponibilidad de la mayoría de estos nutrientes en la capa superior del suelo.

Además, si se tiene en cuenta que el N y el S han demostrado ser los nutrientes que con mayor frecuencia condicionan la obtención de altos contenidos de gluten y proteínas en los granos de trigo^A, situación que se presentó en el sistema de labranza de conservación, los granos obtenidos en este sistema presentan una mayor calidad de acuerdo con los resultados.

CONCLUSIONES

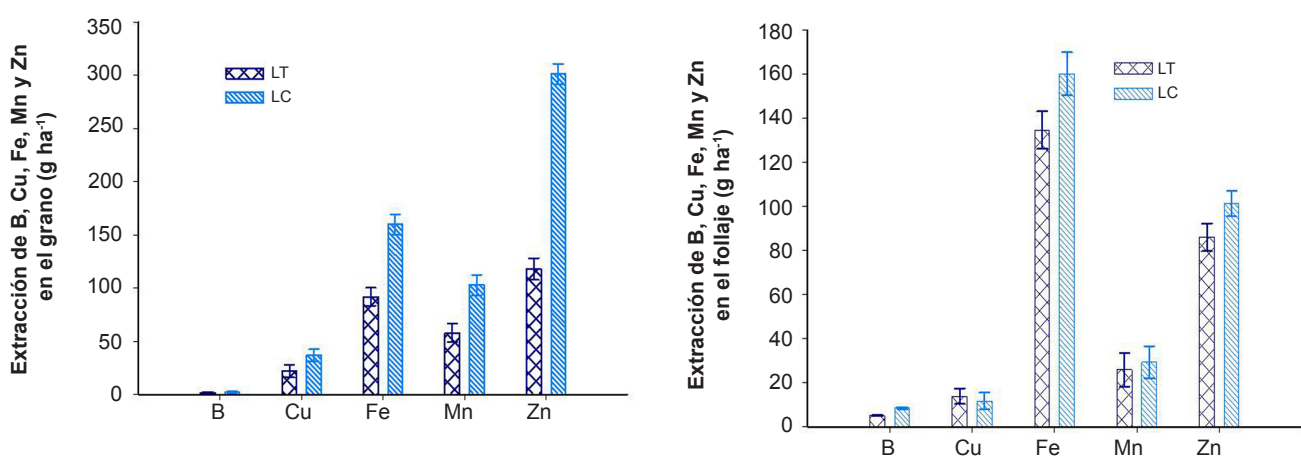
Los resultados demuestran que el LC potenció no solo el desarrollo (mayor obtención de biomasa aérea) sino también la absorción de nutrientes por parte de la planta. Se trata de una técnica de laboreo aconsejable por su influencia sobre la calidad del suelo, especialmente durante los años de acusada sequía.

^A Aloé, J. M. y Toribio, M. *Fertilización del cultivo del trigo* [en línea]. 2007, Disponible en: <<http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/25.pdf>>.



Las barras significan el intervalo de confianza para las medias a $p < 0,05$
Laboreo Tradicional (LT) y Laboreo de Conservación (LC)

Figura 4. Extracción de Ca, Mg y S por el grano (A) y en la parte aérea (B), expresados en kg ha^{-1}



Las barras significan el intervalo de confianza para las medias a $p < 0,05$
Laboreo Tradicional (LT) y Laboreo de Conservación (LC)

Figura 5. Extracción de B, Cu, Fe, Mn y Zn por el grano (A) y en la parte aérea (B), expresados en g ha^{-1}

BIBLIOGRAFÍA

1. Zecevic, V.; Boskovic, J.; Knezevic, D. y Micanovic, D. "Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat". *Chilean journal of agricultural research*, vol. 74, no. 1, marzo de 2014, pp. 23-28, ISSN 0718-5839, DOI 10.4067/S0718-58392014000100004.
2. Zhang, X.; Huang, G. y Zhao, Q. "Differences in maize physiological characteristics, nitrogen accumulation, and yield under different cropping patterns and nitrogen levels". *Chilean journal of agricultural research*, vol. 74, no. 3, septiembre de 2014, pp. 326-332, ISSN 0718-5839, DOI 10.4067/S0718-58392014000300011.
3. Silgram, M. y Shepherd, M. A. "The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization". En: *Advances in Agronomy*, edit. Academic Press, 18 de enero de 1999, pp. 267-311, ISBN 978-0-08-056378-7.
4. Wuest, S. B.; Albrecht, S. L. y Skirvin, K. W. "Crop residue position and interference with wheat seedling development". *Soil and Tillage Research*, vol. 55, no. 3-4, junio de 2000, pp. 175-182, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/S0167-1987(00)00116-1.
5. Šíp, V.; Vavera, R.; Chrpová, J.; Kusá, H. y Růžek, P. "Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions". *Soil and Tillage Research*, vol. 132, agosto de 2013, pp. 77-85, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2013.05.002.
6. Kong, X.; Lal, R.; Li, B. y Li, K. "Crop Yield Response to Soil Organic Carbon Stock over Long-Term Fertilizer Management in Huang-Huai-Hai Plains of China". *Agricultural Research*, vol. 3, no. 3, 13 de agosto de 2014, pp. 246-256, ISSN 2249-720X, 2249-7218, DOI 10.1007/s40003-014-0118-6.
7. Thompson, J. P. "Soil biotic and biochemical factors in a long-term tillage and stubble management experiment on a Vertisol. 2. Nitrogen deficiency with zero tillage and stubble retention". *Soil and Tillage Research*, vol. 22, no. 3-4, 31 de enero de 1992, pp. 339-361, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/0167-1987(92)90048-G.
8. Soil Survey Staff. *Keys to Soil Taxonomy*. 7ª ed., edit. For sale by the U.S. G.P.O., Washington, D.C., 1996, 664 p., ISBN 0-16-048848-6.
9. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
10. Statistical Graphics Crop. *STATGRAPHICS® Plus* [en línea]. (ser Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
11. Rawson, H. M. y Macpherson, H. G. *Trigo Regado: Manejo del Cultivo*. edit. Food & Agriculture Org., Roma: FAO, 2001, 114 p., ISBN 978-92-5-304488-7.
12. Chintala, R.; Djira, G. D.; Devkota, M. L.; Prasad, R. y Kumar, S. "Modeling the Effect of Temperature and Precipitation on Crop Residue Potential for the North Central Region of the United States". *Agricultural Research*, vol. 3, no. 2, 1 de marzo de 2014, pp. 148-154, ISSN 2249-720X, 2249-7218, DOI 10.1007/s40003-014-0099-5.
13. Vivas, H. S.; Candioti, N.; Albrecht, R.; Martins, L.; Quaino, O. y Hotián, J. L. "Efecto aditivo de la fertilización con fósforo y azufre sobre trigo en una rotación". *Publicación Miscelánea*, no. 116, 2010, pp. 61-67, ISSN 0374-7425.
14. Maltas, A.; Charles, R.; Jeangros, B. y Sinaj, S. "Effect of organic fertilizers and reduced-tillage on soil properties, crop nitrogen response and crop yield: Results of a 12-year experiment in Changins, Switzerland". *Soil and Tillage Research*, vol. 126, enero de 2013, pp. 11-18, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2012.07.012.
15. Campillo, R.; Jobet, C. y Undurraga, P. "Effects of nitrogen on productivity, grain quality and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-INIA in Andisols of southern Chile". *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 70, no. 1, 2010, pp. 122-131, ISSN 0718-5839.
16. Hirzel, J.; Matus, I. y Madariaga, R. "Effect of split nitrogen applications on durum wheat cultivars in volcanic soil". *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 70, no. 4, 2010, pp. 590-595, ISSN 0718-5839.
17. Nikolic, O.; Zivanovic, T.; Jelic, M. y Djalic, I. "Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants". *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 72, no. 1, 2012, pp. 111-116, ISSN 0718-5839.
18. Bordoli, J. M. *Dinámica de Nutrientes y Fertilización en Siembra Directa*. edit. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del cono Sur IICA, Montevideo, Uruguay, 2001, 450 p., ISBN 92-9039-515.
19. López, G. R.; Madejón, E.; León, C. M.; Girón, I.; Moreno, F. y Murillo, J. M. "Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: A case study". *Soil and Tillage Research*, vol. 140, julio de 2014, pp. 40-47, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2014.02.008.
20. Joaquín, A. B. y Manuel, T. C. *Fundamentos de fisiología vegetal* [en línea]. 2ª ed., edit. McGraw-Hill Interamericana de España, España, 2008, 523 p., ISBN 978-84-481-5168-3, [Consultado: 2 de diciembre de 2015], Disponible en: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=556962>>.
21. Gómez, R. M. X.; Couto, V. A. y González, P. S. J. "Nitrogen transformation rates and nutrient availability under conventional plough and conservation tillage". *Soil and Tillage Research*, vol. 124, agosto de 2012, pp. 144-152, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2012.05.010.
22. Malecka, I.; Bleharczyk, A.; Sawinska, Z. y Dobrzeński, T. "The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield". *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, vol. 36, no. 2, 2012, pp. 217-226, ISSN 1300-011X, 1303-6173.

Recibido: 5 de diciembre de 2014

Aceptado: 23 de marzo de 2015