

Estrategias de riego y laboreo con aplicación de enmienda orgánica para mejorar las propiedades del suelo y las producciones de arroz (*Oryza sativa L.*)

Damián Fernández Rodríguez,
Ángel Albarrán Liso,
David Peña Abades,
Antonio López Piñeiro,
Soraya Gómez Fernández,
Jaime Sánchez Terrón,
Carmen Martín Franco y
Luis Vicente Gil
Grupo investigación GORIAS, Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura

El arroz (*Oryza sativa L.*) es un cultivo esencial en la seguridad mundial. Sin embargo, su producción se realiza bajo métodos de laboreo convencional y sistemas de riego por inundación, lo que conlleva la realización de numerosas labores con un gran impacto ambiental, como la degradación de los suelos, emisiones de gases de efecto invernadero, acumulación de metales en el arroz, además de un elevado consumo de agua. De hecho, son varios los estudios presentes en la bibliografía que demuestran el peso ambiental negativo producido en condiciones de inundación del cultivo de arroz (Sánchez-Llerena y col., 2016; Nan y col., 2020). La producción de arroz bajo sistemas de aspersión, junto con la aplicación de técnicas de agricultura de conservación, como la siembra directa, podría minimizar los riesgos ambientales asociados a los métodos tradicionales. Además, la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo podría contrarrestar el posible déficit hídrico bajo la condición de riego por aspersión, al incrementar la capacidad de retención de agua pudiendo mejorar la productividad de la misma.

Objetivo general

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos producidos por la implantación de diferentes sistemas de riego (aspersión e inundación) en combinación con diferentes técnicas de laboreo (siembra directa y laboreo convencional) y aplicación de enmienda orgánica (compost de alperujo) en las propiedades del suelo, en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz. Con el objetivo de analizar el efecto directo y residual de la aplicación del compost de alperujo, este fue aplicado solamente el primer año de estudio. Para ello, se realizaron ensayos en condiciones reales de campo durante los años 2015, 2016 y 2017, en una de las zonas de mayor interés a nivel nacional para el cultivo del arroz, las Vegas del Guadiana (Extremadura), estableciéndose seis tratamientos: SD (siembra directa y riego por aspersión); SDC (siembra directa y riego por aspersión con aplicación de compost de alperujo); LC (laboreo convencional y riego por aspersión); LCC (laboreo convencional y riego por aspersión con aplicación de compost de alperujo); LCI (laboreo convencional y riego por inundación) y LCIC (laboreo convencional y riego por inundación con aplicación de compost de alperujo). En cada sistema de manejo implantado se analizaron las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la evolución de las mismas en el tiempo. A su vez, se realizó un seguimiento anual de los principales parámetros agronómicos y productivos del cultivo empleados para determinar la viabilidad económica de cada uno de los manejos.

Resultados

La aplicación de compost de alperujo en combinación con los sistemas de producción de arroz aeróbico produce mejoras significativas en las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas del suelo. El cultivo de arroz por aspersión y SD, una vez transcurrido tres años desde la implantación, mostró un contenido en Carbono Orgánico Total (COT) (15.1 g/kg) significativamente superior en comparación con los manejos LC (13.1 g/kg) y LCI (13.9 g/kg), demostrando que las prácticas de no laboreo pueden incrementar el contenido

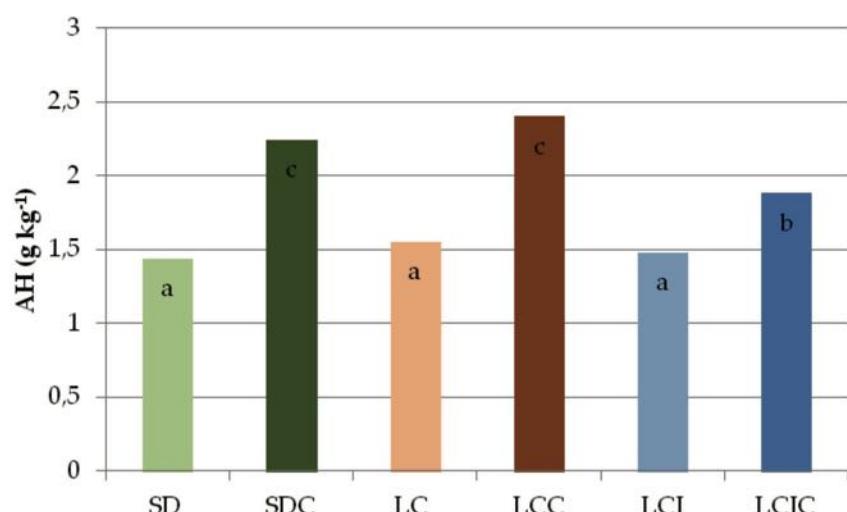


Figura 1. Efecto de los diferentes sistemas de manejo sobre la propiedad Ácidos Húmico en el año 2017 (0-20 cm).

en materia orgánica del suelo (González-Rosado y col., 2020; Fiorini y col., 2020a), debido fundamentalmente a la cantidad de restos vegetales procedentes de la cosecha aportados año a año al suelo, mediante este sistema de manejo. Mientras, la aplicación de compost de alperujo provocó incrementos significativos en los niveles de COT en todos los tratamientos estudiados a lo largo de los años de estudio. En particular, el tercer año de estudio (2017), los niveles de COT fueron aún significativamente superiores en los tratamientos enmendados en comparación con los tratamientos originales, a pesar de que habían transcurrido tres años desde la aplicación del compost. Las concentraciones de Ácidos Húmicos (AH) en el año inicial (2015) incrementaron significativamente en aquellos tratamientos que recibieron el compost de alperujo, aunque en diferente proporción en función del sistema de manejo empleado. Mientras que para 2017 los valores de los suelos enmendados siguen mostrando valores significativamente superiores a sus homólogos originales con incrementos de 1.55 veces el manejo SDC frente a SD, LCC resultó tener 1.54 veces más concentración de AH que LC, y LCIC obtuvo 1.27 veces mayor concentración que LCI (Figura 1). Se observa una correlación positiva y significativa, ($p<0.01$) entre el pH del suelo y el contenido en AH ($r=0.607$), debido probablemente a la precipitación de las complejas

agrupaciones macromoleculares que componen los AH a bajos valores de pH.

En cuanto a la resistencia a la penetración y transcurridos tres años desde la implantación de los manejos se observan diferencias destacables entre ellos. Así, en el caso de los tratamientos originales, se demuestra como el uso de la siembra directa como manejo produce un incremento del 62% en la compactación del suelo en superficie (hasta 20 cm de profundidad) en comparación con los tratamientos labrados de forma convencional, independientemente del tipo de riego empleado (Figura 2).

Durante el primer año de estudio, los valores de rendimiento agronómico en los tratamientos originales no mostraron diferencias significativas entre ellas, situándose en el rango entre los 8.785 kg/ha y los 11.006 kg/ha en SD y LCI, respectivamente, superando los valores medios de rendimiento para Extremadura en ese año, cifrados en 7.550 kg/ha (MAPA, 2020). A pesar de no encontrar diferencias significativas, el tipo de riego de inundación presentó mayores valores de rendimiento agronómico que los sistemas de riego por aspersión, con un incremento del 13% con respecto a LC y del 25% con respecto a SD. Diversos trabajos han demostrado que, a corto plazo, la implantación de técnicas de laboreo de conservación ha provocado descensos en los rendimientos (Linden y col., 2000). En 2017, los rendimientos agronómicos

transferencia tecnológica

| arroz |

de los tratamientos originales oscilaron entre los 7.308 kg/ha para el tratamiento SD y los 8.471 kg/ha para el tratamiento LCI, sin existir diferencias significativas entre ellos, como muestra la Tabla 1. Sin embargo, la evolución del rendimiento en dicho tratamiento (LCI) fue negativa, con una caída en el rendimiento de un 23% con respecto a los valores de 2015. Esta situación podría ser explicada por el elevado grado de infestación de malas hierbas presentes en el cultivo del arroz, y especialmente bajo el sistema de riego de inundación y laboreo convencional, hallando una correlación significativa ($p<0.05$) y de carácter negativo entre la densidad de malas hierbas y los rendimientos agronómicos a lo largo del estudio en dicho tratamiento ($r=-0.884$), comprometiendo gravemente la sostenibilidad económica del cultivo. Transcurridos tres años desde la aplicación del compost, el tratamiento LCC presentó los rendimientos significativamente más altos (8.581 kg/ha) con un incremento significativo del 26% con respecto a SDC (6.782 kg/ha), pudiendo atribuir dicho resultado a la mayor compactación del suelo observada en el tratamiento bajo técnicas de no laboreo. De hecho, se observó una correlación significativa ($p<0.05$) y negativa ($r=-0.291$) entre los valores de rendimiento agronómico registrados a lo largo del estudio y la resistencia a la penetración del suelo.

Uno de los principales retos a los que se enfrentan en el cultivo del arroz desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental es maximizar la productividad del agua (PH_2O) empleada. Desde el primer año de implantación, se observó como los sistemas de riego de aspersión, independientemente del tipo de laboreo seleccionado, presentaron valores de PH_2O significativamente superiores al sistema de riego de inundación. Así, en el primer año de estudio, los tratamientos SD y LC presentaron de media un incremento del 25% en la PH_2O con respecto al tratamiento LCI. Transcurridos tres años desde la implantación de los diferentes sistemas de producción, los tratamientos SD y LC, no presentan diferencias significativas entre ellos, con un valor medio de 0.729 g/l, alcanzando un incremento del 38% con respecto al LCI. Estos resultados demuestran que

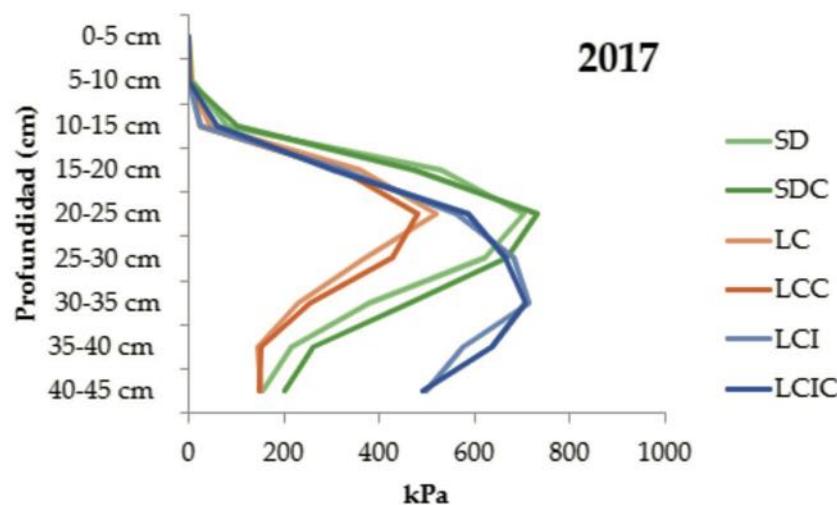


Figura 2. Efecto de los diferentes sistemas de manejo sobre la resistencia a la penetración.

SD	SDC	LC	LCC	LCI	LCIC
2015					
8 785aB	8 855aC	9 699abC	8 776aB	11 006abC	11 268bC
2016					
6 047aA	4 938aA	5 428aA	5 506aA	6 259aA	5 180aA
2017					
7 308abAB	6 782aB	7 698abB	8 581cB	8 470bcB	7 800abcB

Letras mayúsculas y minúsculas indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre años dentro de un mismo tratamiento y entre tratamientos dentro de un mismo año, respectivamente.

Tabla 1. Efecto de los diferentes sistemas de manejo sobre el rendimiento agronómico obtenido (kg/ha).

el sistema de riego de inundación no es un sistema de riego eficaz, debido probablemente a las elevadas pérdidas de agua por percolación y evaporación (Farooq y col., 2011).

Conclusión

Los sistemas aeróbicos, junto con la aplicación de compost de alperujo, mejoraron la calidad de los suelos, además de ser una alternativa viable para la producción de arroz bajo ambiente mediterráneo, incrementando significativamente la eficacia del agua aportada. A corto y medio plazo, los valores de rendimiento agronómico entre los sistemas de aspersión e inundación del cultivo del arroz fueron similares entre sí, pero con un ahorro del agua aplicada bajo riego de aspersión del 40% con respecto al riego de inundación, de media a lo largo de todo el estudio. Mientras que a corto plazo la

aplicación de compost de alperujo como enmienda orgánica no causó cambios destacables en los niveles de rendimiento agronómico, a medio plazo el rendimiento agronómico aumentó bajo condiciones de aspersión en combinación con técnicas de laboreo convencional, siendo la calidad de la materia orgánica, junto con la compactación del suelo y el control de las malas hierbas, factores determinantes en el rendimiento del cultivo. Además, la aplicación de compost de alperujo como enmienda orgánica en los suelos de arroz, aparte de ser una alternativa eficaz para la valorización de este residuo agroindustrial, también podría ser una práctica de gestión útil para combatir el calentamiento global, al potenciar el secuestro del carbono en el suelo tanto en su efecto directo como residual.

Bibliografía

- FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farooq, M., M., Siddique, K.H.M., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D., Wahid, A. 2011. Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. *Soil & Tillage Research*. 111, 87-98
- Fiorini, A., Boselli, R., Maris, S.C., Santelli, S., Perego, A., Acutis, M., Brenna, S., Tabaglio, V. 2020a. Soil type and cropping system as drivers of soil quality indicators response to no-till: A 7-year field study. *Applied Soil Ecology*. 155, 103646
- González-Rosado, M., Lozano-García, B., Aguilera-Huertas, J., Parras-Alcántara, L. 2020. Short-term effects of land management change linked to cover crop on soil organic carbon in Mediterranean olive grove hillsides. *Science of the Total Environment*. 744, 140683
- Linden, D.R., Clapp, C.E., Dowdy, R.H. 2000. Long-term corn grain and stover yields as a function of tillage and residue removal in east central Minnesota. *Soil and Tillage Research*. 56, 167-174
- MAPA. 2020. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo. Resultados nacionales y autonómicos. ESYRCE.2019. Subsecretaría de agricultura, pesca y alimentación.
- Nan, Q., wang, C., Yi, Q., Zhang, L., Ping, F., Thies, J.E., Wu, W. 2020. Biochar amendment pyrolysed with rice straw increases rice production and mitigates methane emission over successive three years. *Waste Management*. 118, 1-8
- Sánchez-Llerena, J., López-Piñeiro, A., Albarrán, A., Peña, D., Becerra, D., Rato-Nunes, JM. 2016. Short and long-term effects of different irrigation and tillage systems on soil properties and rice productivity under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 77, 101-110

**Terramin®
pro**

*Alimentamos
la microbiota edáfica
para potenciar
la salud del suelo
y la fertilización
del cultivo.*

Potenciador de la salud del suelo

APÓD PARA SU USO EN
agricultura ecológica Prebiótico

e enzyneer®

Bioiberica
www.planhealth.es