

INVESTIGACIÓN

Bio-estimulación húmica en la tecnología de producción de arroz

Juan Izquierdo Fernández
Profesor Libre Facultad de
Agronomía UDELAR

Gustavo García Pintos
Marcelo García Pintos
Martín García Pintos
Mauricio Fernández
Guillermo Batto
Equipo Técnico BIOCIS

LA SUPERFICIE CULTIVADA DE ARROZ EN EL URUGUAY HA SUFRIDO CAMBIOS IMPORTANTES DESDE LAS 83.000 HECTÁREAS SEMBRADAS EN 1990 A LAS 153.000 EN EL AÑO 2003, PASANDO POR UN MÁXIMO DE 208.000 HECTÁREAS EN 1999. DICHS CAMBIOS RESPONDEN A DESARROLLOS REGIONALES VARIABLES, ESPECIALMENTE EL GRAN CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LAS REGIONES NORTE Y CENTRO^{1,2} Y A LOS ESTÍMULOS O DESINCENTIVOS DEL COMERCIO MUNDIAL.

La zona Este (71 % de la producción nacional) alcanzó en 2018/2019 el máximo rendimiento de las tres zonas de producción del país, con 8.390 kg/ha (+ 6 % que en 2017/18)³. Respondiendo a la situación internacional de precios y a los altos costos de producción, la zafra 2020 con 135.000 hectáreas, fue la menor superficie de arroz registrada en Uruguay en 27 años.

El sector es uno de los más integrados del país, lo cual ha contribuido a que la producción de arroz se haya incrementado a una de las tasas más altas a nivel mundial (176 kg/ha/año del 2000 al 2010). Sin embargo, esta tendencia ha mostrado una marcada desaceleración durante los últimos años (33 kg/ha/año del 2011 al 2016).⁴

Aumentar la productividad del cultivo ha implicado mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos y minimizar los impactos ambientales, tales como las pérdidas de nutrientes (especialmente N), las emisiones de gases de efecto inver-

nadero y las contaminaciones de suelos y agua con agroquímicos, así como establecer un mejor calendario de operaciones en lugar de usar mayores insumos.⁵

Considerando que el potencial de rendimiento promedio de arroz es de 14 t/ha (14% humedad), disminuir la actual brecha estimada (3,1 t/ha) mejoraría la viabilidad y sustentabilidad del cultivo al poderse producir 500.000 t adicionales en la misma área arrocera, mejorando la participación del país en el comercio internacional⁶. Considerar dentro de los planes de manejo la utilización de sustancias bioestimulantes húmicas, protectoras o inductoras de tolerancia al estrés hídrico o por altas temperaturas que afectan el normal crecimiento del cultivo, es una innovación que merece ser puesta en práctica como parte del manejo general del cultivo.

EFFECTOS DE LOS BIOESTIMULANTES HÚMICOS

La bibliografía sobre los efectos de los bioestimulantes como las sustancias húmicas (SH) sobre las plantas de cultivo abarca aspectos fisiológicos, bioquímicos y moleculares. En general, se considera que las SH pueden dar protección o estimular la tolerancia contra el estrés hídrico. Entre otros estímulos comprobados, la inducción exógena por SH de producir mayor crecimiento de raíces adventicias previo o durante un estrés de déficit o exceso hídrico, es considerado deseado.

1. H.Tommasino. 2003. El cultivo de arroz en Uruguay: contribución a su conocimiento. MGAP y DIEA

2. Regionalización de acuerdo a su relación con las cuencas hidrográficas: Norte: cuenca del Río Uruguay; Centro: cuenca del Río Negro. MGAP y DIEA

3. Couto, P. 2019. Encuesta de arroz. Zafra 2018/19. Serie Encuestas N° 359 MGAP-DIEA

4. Asociación Cultivadores de Arroz (ACA) del Uruguay. 05/03/2020

5. Pittelkow, C. M. et al. (2016). Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9, 10–18. doi:10.1016/j.gfs.2016.05.003

6. Carracelas, G. et al. 2016. Determinación del potencial y de la brecha de rendimiento en los sistemas de arroz en Uruguay. INIA - Estación Experimental del Este, ARROZ - Resultados Experimentales 2015-16. Serie Actividades de Difusión 765 | Capítulo 2 - Manejo del Cultivo de Arroz

ble siempre y cuando no compita por asimilados destinados a la fase reproductiva de los cultivos. Mayor desarrollo de raíces es uno de los principales efectos mediados de las SH. Los mecanismos involucrados en el crecimiento, la morfología y la arquitectura de las raíces se debe a la capacidad de las SH de modificar el equilibrio hormonal dentro la planta, ya sea directa o indirectamente al afectar la absorción de algunos nutrientes por las raíces⁷. Van Oosten et al. (2017) sostienen que la estimulación del crecimiento de raíces y la síntesis de solutos como prolina causada por SH pueden restablecer gradientes de potencial hídrico favorables y absorción de agua frente a un estrés hídrico⁸.

APLICACIÓN DE SH EN ARROZ

García et al. 2012 informa que los extractos de vermicompost aplicados al arroz activan la función enzimática antioxidante y el aumento de las enzimas captadoras de ROS en plantas bajo sequía a través de la regulación de genes *OstIP*⁹, siendo probable que estos efectos sean inducidos por interacciones físicas y químicas entre las SH y el sistema de raíces de la planta de arroz¹⁰. Calderín-García (2013)¹¹ demuestra que la interacción de ácidos húmicos (AH) con el sistema radicular activa la función enzimática antioxidante, controlando así el contenido de ROS y modificando la expresión de *OstIP*. Esto ha dado lugar a la hipótesis de que los ácidos húmicos actúan facilitando la detección del estrés por los sistemas de defensa antiestrés en las plantas. En particular, Mulyatni et al (2017) reportaron que un bioestimulante húmico aumentó las panículas/planta en un 12,7% y el rendimiento/planta en un 13,17% sobre el control no tratado.

Se ha encontrado que tratamientos con (SH) tienen efectos significativos sobre el largo de las raíces en arroz con aumentos que varían entre 11 a 22%¹² mo sobre el peso seco de las raíces¹³.

Recientemente, Talha et al (2020)¹⁴ mostraron interacciones significativas entre tres bioestimulantes asperjados en estado de máximo macollaje y nueve variedades e híbridos de arroz para rendimiento y sus componentes (panículas/planta, longitud de panícula, peso de panícula y granos llenos/panícula). Las sustancias húmicas (SH) a partir del vermicompostaje son materiales conocidos y amigables con el ambiente con capacidad de restaurar propiedades químicas y físicas de los suelos, mejorar el crecimiento de las plantas siendo beneficiosas para los cultivos de monocotiledóneas¹⁵ ¹⁶. Diferentes empresas que comercializan agroinsumos han conducido pruebas para medir los efectos de biofertilizantes conteniendo SH, aminoácidos, extractos de alga y microelementos, sin que existan datos publicados sobre efectos en el comportamiento del cultivo de arroz. Un esfuerzo continuo de siete años de pruebas en 56 localizaciones ha sido realizado desde 2014 por BIOCIS con una SH¹⁷ en las zonas arroceras del Este y Norte del país (Tabla 1) con resultados significativos sobre el rendimiento (+ 761 kg/ha).

7. Mora, V. et al. 2012. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. *Environmental and Experimental Botany* 76 (2012) 24–32 doi:10.1016/j.envexpbot.2011.10.001

8. Van Oosten, M.J. et al. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4, 5 <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

9. García AC, et al. 2012. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecol Eng.* 2012; 47:203–8.

10. García, A.C., et al. 2012. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. *Afr. J. Biotechnol.* 11, 3125–3134.

11. Calderín García, A. et al. 2013. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecological Engineering* Volume 47, October 2012, Pag. 203-208 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.011>

12. A. Sri Mulyatni, R H Praptana and D Santoso. 2017. The effect of biostimulant in root and population of phosphate solubilizing bacteria: a study case in upland rice. *Int. Biotech. Conf. on Estate Crops. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 183 (2018) 012016 doi:10.1088/1755-1315/183/1/012016

13. Suwardi and H Wijaya 2013 *J. Ilmu Pertanian Indonesia* 8 79

14. Talha, I.A. et al, 2020. Enhancement the Productivity of some Rice Varieties by Using Some Growth Promoter Supplement. *Alexandria Science Exchange journal*, VOL. 41, N°.4. october- december doi:10.21608/ASEJAIQJSAE.2020.139370

15. García AC, et al. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecol Eng.* 2012; 47:203–8.

16. Canellas, L. P et al. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.013

17. SH derivado de la lixiviación de componentes del vermicompost por *Einsenias foetida*. Composición: Extractos húmicos total 5.72% P/V, ácidos húmicos 4.05% P/V ácidos fúlvicos 1.22% P/V; Boro 0.1% P/V; Auxinas (AIA, AIP) 0.1-0.05 mg/l; Giberelinas (GA3) 0.5- 2 mg/l; Citoquinina (Adenina) 0.01-0.05 mg/l; Aminoácidos 7-9.5 mg/l; Actividad Enzimática: Oxidasa y Transpeptidasa. Densidad: +/- 0.003 g/ml; pH: 6,8

EL ENSAYO

Con el objetivo de evaluar la respuesta en el desarrollo de raíces, rendimiento y componentes de rendimiento del arroz a dos bioestimulantes húmicos SH¹⁸, en dos dosis y aplicadas en dos momentos del desarrollo del arroz, se realizó un ensayo en Costas de Gutiérrez, departamento de Lavalleja, Uruguay, sobre un predio (33°34'30.7"S 54°31'53.0"W) de uso actual arrocero y ganadero, Grupo CONEAT 3.54, unidad Lascano e índice de productividad 105. La instalación del cultivo fue realizada en siembra directa con semilla cv. "Merín" el 10/10/2020, a razón de 180 Kg/ha de semilla. Cultivo antecesor raigrás de pastoreo. La fertilización fue de 150 Kg/ha 0/46 y 170k Kg/ha de Urea aplicada el 02/11/2020. El control de malezas fue realizado el 03/11/2020 con 1,1 L/ha de Rebelex, 0,4 L/ha Clomazone y 0,5 L/ha Uptake. El inicio del riego por inundación fue el 09/12/2020. Se aplicó una fertilización nitrogenada complementaria con 80 Kg/ha de urea el 28/01/2021. El control fitosanitario fue con 0,4 L/ha Zuperior y 0,5 L/ha Grunoil. Las sustancias bioestimulantes húmicas (SH) aplicadas fueron: húmico nacional registrado (SH1- Promobacter BZ[®]) a 4 l/ha y un húmico nacional en desarrollo y registro (SH2) a 1 y 4 lt/ha. Los tratamientos se realizaron con pulverizadora portátil con motor eléctrico a un volumen de 250 l/ha. Las parcelas testigo recibieron una aplicación de agua pulverizada al mismo volumen de aplicación. Los momentos de aplicación fueron, de acuerdo al modelo fenológico adaptativo de Counce et al, 2000¹⁹ fueron: (I): V12 (término del macollaje y formación del primordio floral en la hoja bandera del tallo principal, fecha: 01/12/2020) y (II): R3 (aparición y elongación de la panoja por encima del cuello de la hoja bandera), fecha: 07/01/2021. Los muestreos de plantas fueron realizados a los veinte días de cada aplicación, extrayéndose muestras por repetición de 20 cm de hilera conteniendo veinte macollos. Se procedió al conteo de plantas y macollos y al lavado cuidadoso de las raíces con agua conteniendo Cl₂Na (50 g/l) para facilitar la separación de las raíces y evitar la mayor parte de rotura de raíces. Se realizó la separación del sistema radicular y la parte aérea, el secado de las muestras y la obtención del peso seco de raíces y la parte aérea. El diseño experimental del ensayo fue de bloques completos al azar con arreglo fac-

18. Sustancias húmicas obtenida a partir de vermicompostaje y de composición descrita anteriormente. La extracción, estabilización del pH y dilución fue realizada mediante métodos agroindustriales bajo licencia y registro nacional de producción.

19. Paul A. Counce, Terry C. Keisling, and Andrew J. Mitchell. 2000. A Uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, Vol. 40, March–April 2000

torial y tres repeticiones de dos sustancias bioestimulantes (una en dos dosis) y un testigo (agua) aplicadas en dos momentos del desarrollo según descrito anteriormente. Las parcelas comprendieron diez hileras a 0,15 m entre hilera x 5 m de largo (superficie de la parcela total: 15 m²), consistiendo la parcela útil las seis hileras centrales con exclusión de bordes de 1m de las cabeceras. Los datos fueron analizados por ANDEVA y test de Fisher al 5%. La cosecha del ensayo se efectuó el 30/03/2021 donde se extrajeron muestras por repetición de 5 hileras x 1 m de largo, tomadas dentro de la parcela útil y en los sectores de igual densidad de plantas. Cada muestra fue evaluada por: número de panojas/m², peso de 1.000 granos (g) y rendimiento (peso por muestra, g). El número de granos por panoja y el número de granos por m² fue calculado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mientras que las aplicaciones en fase vegetativa (V12) de las dos sustancias húmicas no produjeron cambios significativos tanto en el desarrollo foliar como el radicular (Tabla 2), la aplicación en fase reproductiva (R3) de SH2 a 1L/ha causó un cambio significativo (+ 38%) en el peso de la parte aérea mientras que a 4 L/ha produjo un importante aumento del peso seco de la raíz de +55%. Ello concuerda con otros resultados reportados en donde las sustancias húmicas aumentaron el crecimiento de las raíces al mediar en la señalización de auxinas²⁰, siendo el crecimiento radicular lateral en arroz sensible al exceso hídrico y respondiendo a la disponibilidad de O₂, luz y nutrientes en la interfaz suelo-agua²¹. En el ensayo presentado aquí no existieron diferencias entre los momentos de aplicación (V12 vrs. R3) sobre los promedios de los parámetros productivos, salvo para el caso del momento R3 en donde existió un aumento significativo en el número de granos por panoja (tabla 3). En cambio, la aplicación del tratamiento SH1 a 4L/ha y del SH2 a 1L/ha aumentaron significativamente el número de panojas/m², el número de granos/m² y el rendimiento g/m² representando un aumento del +13,5 % sobre el testigo no tratado, asociado al aumento significativo en el número de panojas/m² del 9,7% respectivamente. La SH2 a 1 L/ha produjo un rendimiento significativamente superior (+5,5%) al de la SH1 a 4 L/ha, la cual es usada hasta el momento como el producto húmico registrado. La SH2, a

20. Zandonadi DB, et al. 2016 Plant proton pumps as markers of bio-stimulant action. *Scientia Agricola.*; 73(1):24–8.

21. Karen Moldenhauer, Paul Counce and Jarrod Hardke. Rice Growth and Development. *Arkansas Rice Production Handbook* MP192