



XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro

San Fernando del Valle de Catamarca,
Prov. de Catamarca, Argentina
21 al 24 de mayo de 2024



AACCS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

EFICACIA AGRONÓMICA DE LOS BIOESTIMULANTES EN CULTIVOS EXTENSIVOS

Pautasso, J. M.^{1,2,*}, Díaz, M. D.¹, Zapata, L. D.¹, Giacinti, S. A.³

¹ INTA; ² FCA - UNER; ³ Asesor Privado. * Ruta Provincial 11, km 12, Prov. de Entre Ríos, pautasso.juan@inta.gob.ar

RESUMEN:

En los sistemas productivos los cultivos están sometidos a situaciones desfavorables. Los bioestimulantes de las plantas (BP) son productos que buscan adaptar el cultivo al ambiente, mejorando su crecimiento, la respuesta al estrés y/o la calidad de los cultivos. Gran parte de la bibliografía informa incrementos entre el 15% y el 20% del rendimiento. El objetivo de este trabajo fue dimensionar la respuesta de los BP en la región de Entre Ríos a partir de ensayos en los cultivos de trigo (41 ensayos), soja (37 ensayos) y maíz (16 ensayos) en diferentes campañas. Para el conjunto de los datos, se determinó que en los cultivos de soja y trigo los rendimientos se incrementaron significativamente con el agregado de BP: 5% y 3,4%, respectivamente, el incremento de la eficacia agronómica fue mayor en ambientes más desfavorables donde un solo momento de aplicación durante el ciclo fue más eficiente que aplicaciones múltiples. Para el maíz no hubo ventajas con el uso de estos insumos.

PALABRAS CLAVE: estrés abiótico, bioestimulante, agricultura sostenible.

INTRODUCCION

La agricultura actual enfrenta el desafío de acrecentar el rendimiento de los cultivos adaptándose a la variabilidad climática con prácticas sostenibles (Li et al; 2022).

Frecuentemente los cultivos están sometidos a situaciones desfavorables, lo que limita su rendimiento potencial. A escala global, el estrés abiótico es el principal motivo en la reducción de los rendimientos (más de un 50%), donde los factores son temperaturas extremas, menor radiación, anegamiento, sequías temporarias, deficiencia de nutrientes, salinidad del suelo, entre otros (Koyro et al; 2012).

Estos estreses pueden atenuarse con manejo y/o agregado de diferentes insumos, tanto de síntesis química como orgánica; modificando el ambiente donde se desarrollan los cultivos o adaptando el cultivo a las condiciones desfavorables (Amador y col; 2018).

Entre los productos que buscan adaptar el cultivo al ambiente se encuentran los bioestimulantes, constituyéndose en potenciales herramientas de ajuste frente el cambio climático y haciendo más eficiente el uso de los insumos de síntesis química (Li et al; 2022).

Estos productos estimulan el crecimiento de las plantas y mejoran una o varias funciones como la eficiencia de uso de los nutrientes, tolerancia a estrés abióticos, calidad de granos, provisión de nutrientes desde la rizosfera, entre otras (Calvo et al.; 2014; Li et al; 2022).

Existen dos categorías principales de bioestimulantes de plantas (BP): microbianas (BPM) y no microbianas. Las primeras se refieren mayormente a hongos micorrízicos arbusculares y a rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal; por otro lado, para los BP no microbianos se distinguen diferentes subcategorías: ácidos húmicos y fúlvicos (AHF), proteínas hidrolizadas (PH), fosfitos (F) y extractos de algas (EA), entre otras (du Jardín 2015; Calvo et al.; 2014; Li et al; 2022).

Una de las definiciones de los BP más usada fue realizada por du Jardín (2015) señalando a los mismos como cualquier compuesto o microorganismo utilizado para mejorar el crecimiento de las plantas, la respuesta al estrés y/o la calidad de los cultivos. El mismo autor amplía la definición de los BP señalando que son inductores de procesos en las plantas, mejorando el

Organizado por:



AACCS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO



UNCA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CATAMARCA



FCA



INTA Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

crecimiento y la eficiencia en el uso de recursos, en condiciones de estrés o no (du Jardin et al., 2020).

En algunos casos, la inducción provocada por los BP requiere un “costo” fisiológico, y al activarse en condiciones en la cual su expresión no es necesaria puede generar un resultado negativo en el rendimiento (Gómez y Reis; 2011).

Existen revisiones donde se sintetiza el efecto positivo del uso de estos insumos con incrementos importantes entre el 15% y el 20% del rendimiento, siendo esperable diferencias en las respuestas a los BP en diferentes cultivos y es probable que las condiciones ambientales también influyan en los efectos (Rose et al, 2014; Schütz et al, 2018; Li et al, 2022). Por otro lado, se plantea un sesgo sobre estos resultados ya que, de ser así, la práctica debería estar ampliamente difundida y adoptada (Li et al, 2022). Pocos trabajos (Prieto et al. 2017) informan ausencia de respuesta significativa en el uso de BP.

El objetivo de este trabajo es dimensionar la eficacia agronómica de los BP en la región de Entre Ríos para los cultivos de trigo, soja y maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante diferentes campañas se realizaron ensayos a campo probando BP de distintas categorías en los cultivos de trigo, soja y maíz. Los ensayos tuvieron un diseño en BCA con al menos 3 repeticiones en lotes comerciales y la zona de estudio abarcó los departamentos de Paraná, Diamante, Nogoyá, Victoria y La Paz en la provincia de Entre Ríos.

Para el cultivo de trigo se analizaron 41 ensayos distribuidos en 8 campañas (2005, 2009, 2014, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023); para maíz, 16 ensayos en 4 campañas (2015/16, 2019/20, 2020/21, 2022/23) y en soja, 37 ensayos en 7 campañas (2015/16, 2016/17, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23).

Se probaron diferentes BP, tanto en semilla o foliares y en diferentes momentos: a la siembra, en estado vegetativo o reproductivo.

Para cada tratamiento y ensayo se calculó la respuesta al uso de BP como la diferencia del rendimiento tratado con BP menos el rendimiento del testigo de su bloque. Las respuestas obtenidas fueron sometidas a una “prueba t”, tomando como parámetro el valor 0 kg ha^{-1} .

El rendimiento relativo (RR) se calculó por ensayo, como el cociente entre el promedio de rendimiento de los testigos y el promedio de rendimiento de los tratados con BP.

Para cada cultivo se realizaron ANOVAS de los rendimientos tomando como fuentes de variación el uso de BP y el ensayo.

También se realizaron regresiones lineales-plato entre RR y “ambiente productivo” (promedio de rendimiento de cada ensayo).

Para los análisis se utilizó el paquete estadístico Infostat 2020 (Di Rienzo et al. 2020).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se presentan los principales resultados de la eficacia agronómica para el uso de BP en cuatro ítems.

Según cultivo:

El agregado de BP en los cultivos de trigo y soja presentaron una respuesta positiva y un efecto en el rendimiento significativo (Tabla 1, Figuras 1).

Tabla 1: Inferencia estadística de la respuesta.

Cultivo	Tratamientos con BP (n)	Respuesta	LI (95)	LS (95)	T	p(Bilateral)
Trigo	553	116	59	174	3.96	0.0001
Maíz	143	2	-176	180	0.03	0.9792
Soja	441	143	107	180	7.72	0.0001

Los incrementos medidos fueron moderados: 3,4% para trigo y de 5% para soja. La mayor respuesta en soja frente a los cereales coincide con la tendencia citada en la bibliografía, aunque los valores son sensiblemente menores a las publicaciones analizadas; es posible asumir que las mismas están sesgadas hacia resultados positivos ya que, en general, sólo se informan aquellos casos donde el uso de BP fue exitoso (Li et al, 2022).

Para maíz no se registró ventaja por el uso de BP, este resultado no coincide con trabajos recientes (Ayoub y col., 2022) donde informan incrementos del 21% en el rendimiento por inocular las semillas con *Bacillus spp.*

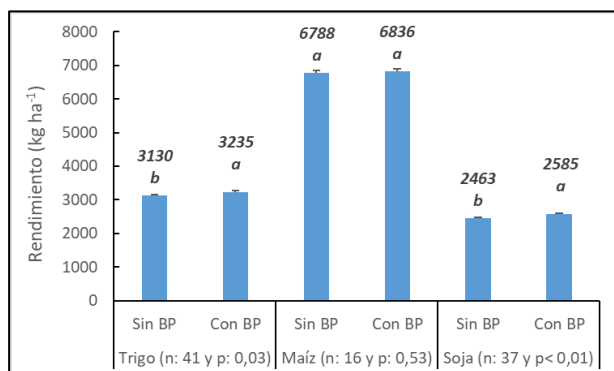


Figura 1: Rendimiento en función del cultivo y del agregado de BP. Para cada cultivo medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En relación al ambiente:

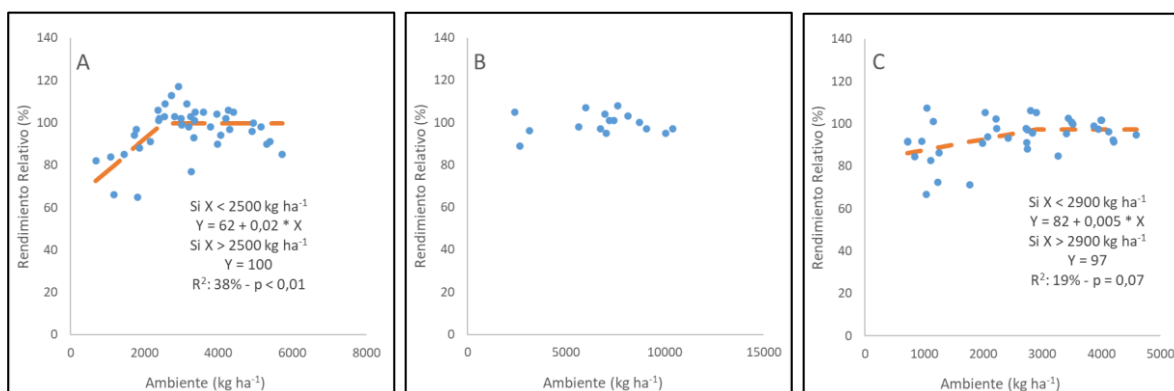


Figura 2: Rendimiento relativo de los cultivos en función del ambiente. A) trigo; B) Maíz y C) Soja.

La bibliografía informa mayores efectos positivos en el uso de BP en ambientes donde el cultivo está expuesto a condiciones desfavorables. Esta afirmación es aplicable a nuestros resultados en trigo y soja.

En ambientes de trigo inferiores a los 2500 kg ha^{-1} se midieron las mayores respuestas (Figura 2 A). Para el cultivo de soja en las campañas NIÑA y NEUTRO, donde habitualmente se registran deficiencias hídricas (Anderson et al., 2018) también las respuestas fueron mayores, con una tendencia a incrementarse la misma con rendimientos inferiores a 2900 kg ha^{-1} (Figura 2 C y Tabla 2).

Tabla 2: Inferencia estadística de la respuesta según cultivo y evento climático.

Cultivo	ENSO	n	Media	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
Maíz	Niña	110	-90	-286	105	-0.91	0.36
	Neutro	15	407	-156	969	1.55	0.14
	Niño	18	232	-416	879	0.75	0.46
Soja	Niña	382	135	96	174	6.84	<0.0001
	Neutro	52	209	121	297	4.77	<0.0001
	Niño	13	32	-340	403	0.19	0.86

Según categoría de BP:

Tabla 3: Inferencia estadística de la respuesta según cultivo y tipo de BP.

Cultivo	Bioestimulante	n	Media	LI (95)	LS (95)	T	p(Bilateral)
Trigo	BPM	86	113	-45	271	1.42	0.159
	AHF	90	197	32	362	2.38	0.020
	EA	138	178	75	281	3.41	0.001
	F	71	-23	-215	168	-0.24	0.810
	PH	156	91	-7	189	1.83	0.069
Maíz*	BPM	27	-81	-499	336	-0.4	0.692
	EA	18	140	-573	852	0.41	0.685
	F	68	-89	-331	153	-0.73	0.466
	PH	30	202	-186	590	1.06	0.296
Soja	BPM	85	104	21	186	2.49	0.015
	AHF	34	16	-65	96	0.39	0.697
	EA	48	154	68	239	3.62	0.001
	F	72	132	29	236	2.55	0.013
	PH	208	177	121	232	6.27	<0.0001

*En el cultivo de maíz no se evaluó la categoría AHF.

El maíz no mostró ventajas en el uso de ninguna de las categorías. En cambio, sí hubo respuestas positivas al agregado de BP en trigo con AHF y EA y en soja en todas las categorías, excepto AHF (Tabla 3).

La respuesta no significativa en alguna de las categorías, en parte, podría deberse a que no poseen una estandarización en los métodos de extracción y formulación. Esta posibilidad está citada por Li et al. (2022) donde además encontraron que la respuesta a los BP derivados de EA es más confiable debido a que su proceso de fabricación está formalizado desde 1952.

Según momento de aplicación:

Tabla 4: Inferencia estadística de la respuesta según cultivo y momento de aplicación.

Cultivo	Momento	n	Media	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
Trigo	Siembra	60	17	-75	109	0.37	0.714
	Vegetativo	121	232	94	369	3.34	0.001
	Reproductivo	308	119	43	196	3.08	0.002
	Siembra y vegetativo	3	-26	-1919	1867	-0.06	0.959
	Siembra y reproductivo	58	-12	-225	202	-0.11	0.914
	Siembra, vegetativo y reproductivo	3	-264	-844	316	-1.96	0.189
Maíz	Siembra	26	-80	-377	218	-0.55	0.586
	Vegetativo	105	41	-188	271	0.36	0.722
	Siembra y vegetativo	12	-160	-543	222	-0.92	0.377
Soja	Siembra	187	177	121	233	6.25	<0.0001
	Vegetativo	72	122	29	215	2.62	0.011
	Reproductivo	128	107	34	181	2.88	0.005
	Siembra y vegetativo	4	62	-235	359	0.67	0.552
	Siembra y reproductivo	8	157	2	313	2.39	0.048
	Vegetativo y reproductivo	42	142	40	244	2.82	0.007

Tal como se informa en la Tabla 4, para el cultivo de trigo las aplicaciones únicas de BP en estado vegetativo o reproductivo generan respuestas positivas; en maíz se confirma la falta de respuesta al agregado de BP, y para soja la aplicación en diferentes momentos y combinaciones presenta respuesta positiva (excepto para la aplicación siembra y vegetativo). Si bien hay inferencias en la Tabla 4 que deben tomarse con recaudos (por la baja cantidad de n), especialmente para el cultivo de trigo se observa que a medida que incrementa el número de aplicaciones de BP la respuesta es menor. Esta tendencia fue citada por Li et al. (2022) y podría deberse a un "costo fisiológico" que genera la planta con la aplicación de algunos de estos insumos (Gómez y Reis; 2011).

CONCLUSIONES

Para los cultivos de soja y trigo el uso de BP puede incorporarse como una de las prácticas de manejo sostenible, con mayor impacto cuando el ambiente es desfavorable. Las magnitudes medidas en este trabajo son inferiores a las informadas en la bibliografía, siendo esperable en nuestros sistemas productivos un incremento en el rendimiento entre un 3% y 5%. Un mayor número de aplicaciones con BP no genera ventajas productivas.

El agregado de BP en el cultivo de maíz no presentó ventajas en rendimiento.

Frente al desafío de acrecentar el rendimiento de manera sostenible, estimamos necesario para cada categoría de BP estandarizar el proceso de producción y continuar con su estudio en nuestros sistemas productivos.

BIBLIOGRAFIA

- Amador H, Izquierdo F y Vázquez Padrón V. 2018. Revisión bibliográfica las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. Cultivos Tropicales, 2018, vol. 39, no. 4, pp. 102-109. ISSN digital: 1819-4087.
- Anderson W.; R. Seager; W. Baethgen and M. Cane. 2018. Trans-Pacific ENSO teleconnections pose a correlated risk to agricultura. Agricultural and Forest Meteorology. Volume 262, 2018, Pages 298-309. ISSN 0168-1923. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.023>.
- Ayoub, Ibrahim; Bigatton, Ezequiel Darío; Ballatore, A.; Gastaldi, Nicolas; Berdini, Agustín; et al. 2022. Evaluación del efecto bioestimulante de Bacillus spp como rizobacteria promotora

- del crecimiento vegetal sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.); Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias; *Nexo Agropecuario*; 10; 1; 8-2022; 1-6
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- du Jardin, P. 2012. *The Science of Plants Biostimulants: A Bibliographic Analysis*. (Contract 30–CE0455515/00–96, Ad hoc study on Biostimulants Products. Brussels: European Commission.
- du Jardin, P., Xu, L., and Geelen, D. 2020. "Agricultural functions and action mechanisms of plant biostimulants (PBs)," in *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*, eds D. Geelen and L. Xu (Hoboken, NJ: Wiley Online Books), 1–30. doi: 10.1002/9781119357254.ch1
- Gómez, Diana E. , Reis Erlei M. . Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Química Viva* [en línea]. 2011, 10(1), 6-17[fecha de Consulta 26 de Abril de 2024]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86317320003>.
- Li J, Van Gerrewey T and Geelen D. 2022. A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. *Front. Plant Sci.* 13:836702. doi: 10.3389/fpls.2022.836702
- Koyro, HW, Ahmad, P. y Geissler, N. 2012. Respuestas al estrés abiótico en las plantas: una descripción general. *Adaptaciones ambientales y tolerancia al estrés de las plantas en la era del cambio climático*, 1-28.
- Prieto, C. A.; Alvarez, J. W. R.; Figueredo, J. C. K.; Trinidad, S. A. Bioestimulante, biofertilizante e inoculação de sementes no crescimento e produtividade da soja. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, v. 4, n. 2, p. 1-8, abr./jun. 2017
- Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Jackson, W.R., and Cavagnaro, T.R. 2014. A meta-analysis and review of plant growth response to humic substances: practical implications for agriculture. *Adv. Agron.* 124, 37–89. doi: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4
- Schütz, L., Gattinger, A., Meier, M., Müller, A., Boller, T., Mäder, P., et al. 2018. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization. A global meta-analysis. *Front. Plant Sci.* 8, 2204. doi: 10.3389/fpls.2017.02204