

La aplicación de bioestimulantes incrementa los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora

Ortiz Enríquez J. Eliseo¹
Peñuelas-Rubio Ofelda²
Argentel-Martínez Leandris^{2§}
Félix Valencia Pedro¹
Padilla Valenzuela Isidoro¹
Marroquín Morales José Á.¹

¹Campo Experimental “Norman Borlaug”-INIFAP. Carretera Norman E. Bouleaug km 12, Col. Valle del Yaqui Cajeme, Ciudad Obregón, Sonora. CP. 85000. (oe.eliseo@gmail.com; felix.pedro@inifap.gob.mx; padilla.isidoro@inifap.gob.mx; marroquin.jose@inifap.fo.mx). ²Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Avenida Tecnológico s/n, Bácum, Sonora. CP. 67170. (openuelas.rubio@itvy.edu.mx).

§Autor para correspondencia: oleinismora@gmail.com.

Resumen

Teniendo en cuenta la importancia del cultivo del frijol para la nutrición humana, y el aporte de las producciones locales a la seguridad alimentaria regional en el Sur del estado de Sonora, se estableció un ensayo durante el ciclo primavera-verano, 2020, en el Block 2110 del Valle del Yaqui. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes comerciales en los componentes del rendimiento de frijol, variedad Pinto Bill Z. Se establecieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones: T1 (FloraStart[®]); T2 (Austar[®]); T3 (mezcla de Tricel-20[®] + Aminocel 500[®], proporción 1:1) y T4 (testigo, sin aplicación de bioestimulante) en un diseño experimental completamente aleatorizado. Los tratamientos se aplicaron por única vez en la fenofase de floración R6. Se evaluaron las variables cantidad de vainas por planta, longitud de las vainas, número de granos por vaina, masa de los granos por vaina y por planta, y rendimiento de grano. El uso de bioestimulantes incrementó la cantidad de vainas por planta en la variedad evaluada. La longitud de la vaina y el número de granos por vaina no presentaron variación significativa respecto al testigo. El T1 fue el que más contribuyó al incremento del número de vainas por planta, la masa individual de los granos y, en consecuencia, del rendimiento de grano (5.4 t ha⁻¹), con un incremento de 2.3 t ha⁻¹ respecto al testigo, lo que demuestra la factibilidad de su aplicación para incrementar la producción del frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., nutrición foliar, vainas por planta.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: febrero de 2022

La temperatura es uno de los factores abióticos que limitan la producción de frijol en México, fundamentalmente durante la floración y cuajado del fruto (López-Salinas *et al.*, 2015). El 70% del frijol que se cultiva en México se desarrolla bajo temporal, por lo cual la productividad es altamente vulnerable a las altas temperaturas, otro factor como la sequía que se presenta en las regiones donde existen posibilidades reales para su desarrollo y producción (Montesillo-Cedillo, 2017). A nivel nacional, el consumo de frijol aumenta cada año y se tienen que importar más de 140 000 t de Estados Unidos y de Argentina (CEDRSSA, 2020), se necesitan 1.3 millones de toneladas para cubrir la demanda nacional y se producen menos de la mitad (Romero-Félix *et al.*, 2019).

En Sonora, el cultivo de frijol se produce en condiciones de riego, pero teniendo en cuenta que es una región semidesértica y la condición limitante es el agua, es urgente contar con sistemas de riego eficientes y variedades tolerantes y productivas que generen una producción rentable (López-Salinas *et al.*, 2015). En el estado se siembran aproximadamente 10 000 ha de frijol y de éstas más de 90% corresponden al sur de Sonora particularmente en los Valles del Yaqui y Mayo (SIAP, 2021). En el Valle del Yaqui, el frijol se siembra en dos ciclos: el de primavera verano (P-V) y el de otoño-invierno (O-I), con mayor superficie en el ciclo O-I (Padilla *et al.*, 2009). Las condiciones climáticas y las demandas hídricas en ambos ciclos son totalmente diferentes por lo que controlar al menos una de ellas mediante un sistema de riego eficiente y mitigar el posible impacto de las condiciones ambientales con el uso de bioestimulantes foliares tendría una gran trascendencia económica.

Ante estas situaciones limitantes de la producción del frijol en el sur de Sonora, se impone la necesidad de aplicar alternativas de producción económicamente viables para mitigar los volúmenes de producción importados e incrementar la soberanía alimentaria regional mediante el establecimiento de cosechas promisorias. El objetivo del presente ensayo fue evaluar el efecto de tres bioestimulantes aplicados foliarmente, en los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el ciclo P-V) en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Ubicación del sitio experimental

El experimento se desarrolló en el ciclo P-V de marzo-junio del 2020 en condición experimental a campo abierto en el Valle del Yaqui, Sonora, en una parcela localizada en el Block 2110, con una superficie de 28 ha. Características del suelo empleado. El tipo de suelo fue arcilloso, el cultivo anterior fue maíz y la preparación del terreno fue doble paso de rastra, trazo de camas a 1.6 m de separación y al mismo tiempo se instaló la cinta de riego a 10 cm de profundidad; posteriormente se aplicó el riego de presiembra del 07 al 15 de marzo de 2020. Variedad comercial empleada y labores de cultivo. Se utilizó la variedad Bill Z y se sembró de manera mecanizada en suelo húmedo del 19 al 25 de marzo de 2020, considerada como fecha tardía de acuerdo con el INIFAP. Se depositaron 18 semillas por metro lineal a 6 cm de profundidad para tener una población promedio de 17 plantas por metro lineal.

La separación entre hileras fue de 60 cm (Padilla *et al.*, 2009) y la densidad de semilla establecida fue de 80 kg ha⁻¹, con un porcentaje de germinación de 98%. La fertilización, en todos los tratamientos, se aplicó a base de urea (46 kg ha⁻¹) en el primer riego de auxilio más 30 L ha⁻¹ de ácido fosfórico (Arellano *et al.*, 2015). Se aplicaron 10 riegos de auxilio con un volumen de agua de 150 m³ ha⁻¹ empleando un sistema de riego por goteo.

Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron cuatro tratamientos con una superficie de 7 ha cada uno. Los tratamientos fueron: T1, 250 g ha⁻¹ de FloraStart[®] (p/p: 12.6% K₂O, 10% Mo, 9.5% P₂O₅, 8% Bo, 5% aminoácidos libres); T2, 250 ml ha⁻¹ de Austar[®] (250 g L⁻¹ paclobutrazol); T3, mezcla de 2 kg ha⁻¹ de Tricel-20[®] (20-20-20, 3% aminoácidos libres, 2% extractos orgánicos y 1% microelementos quelatados) y 200 g ha⁻¹ Aminocel 500[®] (50% aminoácidos libres, 10% N, 10% K, 8% P₂O₅) a una proporción 1:1; T4, testigo, donde no se aplicó ningún estimulante del desarrollo. Los tratamientos se aplicaron por única vez en la fenofase de floración, a los 35 días después de la emergencia. Estos fueron distribuidos mediante un arreglo experimental completamente aleatorizado con cuatro repeticiones.

Variables evaluadas

Número de vainas por planta (V P⁻¹): se contó la cantidad de vainas por planta en un total de 100 plantas por tratamiento. Longitud de la vaina (LV): se midió con una cinta milimétrica de 3 m marca Truper, con un error de medición de 0.00001 en un total de 100 plantas por tratamiento. Número de granos por vaina (#G V⁻¹). Se contaron los granos en un total de 1000 vainas tomadas al azar en cada tratamiento. Masa de los granos por vaina (MG V⁻¹): se pesaron los granos de las vainas tomadas para evaluar el número de granos por vaina y se pesaron en una balanza analítica (Sumilab) con un error de medición de 0.000001 g. Masa de los granos por planta (MG P⁻¹): se determinó con el uso de la balanza analítica usada para la variable MG V⁻¹ y se empleó un tamaño de muestra de 100 plantas por tratamiento.

Rendimiento de grano

Se calculó en kg ha⁻¹, al 14% de humedad en un total de cuatro repeticiones por tratamiento (cada repetición constó de 11 plantas por metro lineal). Con la finalidad de evitar el efecto de borde y de las variantes vecinas, se tomaron aleatoriamente en la parte central de cada tratamiento.

Procesamiento estadístico

Una vez tomados los datos se comprobó el cumplimiento de los supuestos teóricos de homogeneidad de varianza (Kolmogorov, 1933). Posteriormente se realizaron los respectivos análisis de varianza de clasificación simple basados en un modelo lineal de efectos fijos (Fisher, 1937). Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos se empleó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (Tukey, 1960) para niveles de significación del 1%. Se determinaron los indicadores estadísticos coeficiente de variación (CV) y coeficiente de determinación (R²) sin ajustar para dilucidar en que porcentaje explicaban los tratamientos establecidos la variabilidad total existente en las variables evaluadas. Se empleó para todos los análisis el paquete estadístico profesional Statistica versión 12.

Número de vainas por planta

Esta variable (Cuadro 1) presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p=0.0002$). El tratamiento donde se aplicó el T1 presentó la mayor cantidad de vainas por planta. En orden decreciente se obtuvieron promedios de los tratamientos T2, T3 y T4, con reducciones de 8.4%, 13.8 % y 34% respecto al T1, respectivamente. Los resultados confirman que al emplear

cualquiera de estos estimulantes del desarrollo se obtendría al menos un incremento promedio del número de vainas del 18% respecto al testigo. La variabilidad de respuesta de VP fue explicada en 96% por efecto de los estimulantes aplicados ($R^2= 0.96$); sin embargo, el (%) de variabilidad fue alto debido a la dispersión que existió en el tratamiento T4 con respecto a la media.

Cuadro 1. Promedio de los componentes del rendimiento en el cultivo de frijol variedad Pinto Bill Z en el Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo P-V 2020.

Tratamientos	V P ⁻¹	LV	# G V ⁻¹	MG V ⁻¹	MG P ⁻¹
T1	25.22 ±1.1 a	11.13 ±1	4.8 ±0.3	1.53 ±0.02	38.1 ±2.1 a
T2	23.1 ±1.3 b	10.88 ±1.2	4.6 ±0.2	1.22 ±0.01	27.8 ±1.8 b
T3	21.72 ±1.3 c	11.74 ±1.8	4.5 ±0.1	1.28 ±0.04	27.3 ±2.5 b
T4	16.42 ±4.2 d	11.29 ±2.4	4.6 ±0.3	1.23 ±0.02	21 ±6.2 c
ES _x	0.53	0.01	0.01	0.04	0.34
CV	26.44	1.57	1.16	1.73	25.32
R ²	0.96	0.54	0.49	0.52	0.95

V P⁻¹= cantidad de vainas por planta; LV= longitud de la vaina; #G V⁻¹= número de granos por vaina; MG V⁻¹= masa de los granos por vaina; MG P⁻¹= masa de los granos por planta. Letras diferentes en las medias de los tratamientos muestran diferencias significativas por Tukey para $p= 0.001$. ES_x= error estándar de la media de los tratamientos; CV= coeficiente de variación; R²= coeficiente de determinación sin ajustar.

Número de vainas por planta, longitud de la vaina y número de granos por vaina

El número de vainas por plantas presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos. En esta variable, aunque presentó un alto porcentaje de variabilidad (CV= 26.44), el efecto de los tratamientos contribuyó en 96% a la variabilidad total encontrada ($R^2= 0.96$). La longitud de las vainas (con una media general de 11.2 cm) y el número de granos por vaina (con un promedio de 4.6) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0.0532$ y $p= 0.0632$, respectivamente) (Cuadro 1). El número de granos por vaina tampoco presentó diferencias significativas entre los tratamientos, aunque la tendencia fue a incrementarse en el T1. Los resultados obtenidos indican que los bioestimulantes aplicados no causan variación en la longitud de la vaina ni en la cantidad del grano. Estas dos características presentan considerable estabilidad genética (López-Salinas *et al.*, 2015) para la variedad de frijol comercial Pinto Bill Z.

Masa de los granos por vaina y por planta

La masa de los granos por planta presentó diferencias significativas en el presente estudio ($p= 0.0424$), encontrándose el mayor valor del indicador cuando se aplicó el T1 (1.53 g por cada vaina). Los tratamientos T2, T3 y T4 resultaron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 1). La masa de los granos es una variable que demuestra la tasa de movilización de los carbohidratos y las proteínas desde las hojas hasta el grano en frijol, por lo cual un buen estado nutricional y un adecuado estado hídrico propicia que las sustancias elaboradas lleguen desde la fuente (las hojas) hasta el sumidero (los frutos). La desigual distribución de las sustancias elaboradas hacia las vainas demuestra la existencia de condiciones de estrés (Prieto-Cornejo *et al.*, 2019).

La masa de los granos por planta presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p= 0.0016$). En esta variable la variabilidad encontrada fue explicada en 95.4% por efecto de los tratamientos establecidos. El efecto del uso de bioestimulantes de desarrollo evidencia la disminución de la variabilidad de la masa de los granos, como se observa en la desviación típica encontrada en el T4 (± 6.2 g) donde no se aplicó estimulante del desarrollo.

Rendimiento de grano

Existió diferencias significativas entre las medias de todos los tratamientos ($p= 0.0002$). El mayor rendimiento de grano se obtuvo en T1 con un promedio de 5.41 t ha^{-1} (Figura 1), superior en 1.7 t ha^{-1} respecto al T2 y T3, estos dos con diferencias solo significativas entre sí ($p= 0.0472$). El incremento del rendimiento en los tratamientos donde se aplicaron bioestimulantes demuestra la factibilidad de su uso en el cultivo del frijol como alternativa para mitigar el efecto adverso de altas temperaturas durante las fenofases reproductivas (Boote *et al.*, 2018).

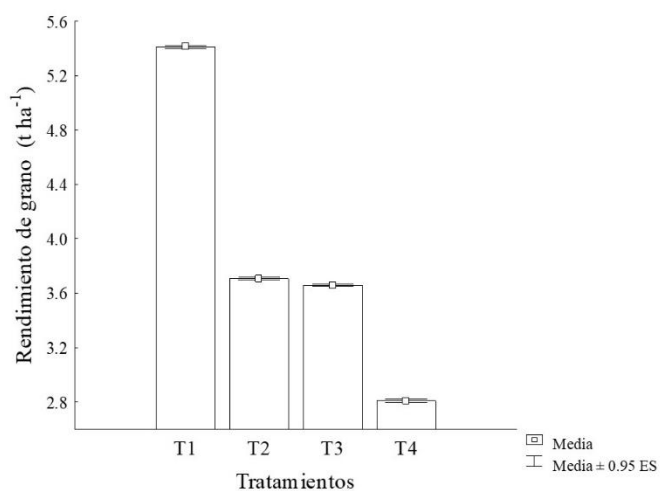


Figura 1. Rendimiento de grano de frijol variedad Pinto Bill Z en el Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo P-V 2020. Barras rectangulares indican diferencias error estándar de las medias de cada tratamiento (ES).

Estos rendimientos se consideran altos para un ciclo de PV en esta región y en otras de México sobre todo manejado con el riego tradicional o riego por gravedad, esto debido la considerable variación de las temperaturas para el cultivo de frijol (Acosta *et al.*, 2018).

Conclusiones

El uso de bioestimulantes en el presente ensayo incrementó la cantidad de vainas por planta y el peso de los granos en la variedad de frijol Pinto Bill Z. El mayor rendimiento de grano se obtuvo por efecto de la aplicación de FloraStart[®], con un incremento promedio de 2.3 t ha^{-1} respecto al testigo. La aplicación de este bioestimulante contribuye a elevar la productividad de frijol en el Sur de Sonora, y a mitigar el efecto de condiciones adversas como altas temperaturas.

Literatura citada

- Acosta-Gallegos, J. A.; Jiménez-Hernández, Y.; Anaya-López, J. L. y Padilla-Valenzuela, I. 2018. Producción de frijol de tipo Azufrado-Peruano bajo riego en Guanajuato. Celaya, Guanajuato, México. Folleto Técnico Núm. 8. ISBN: 978-607-37-0980-4. 28 p. <https://www.vun.inifap.gob.mx>.
- Arellano, A. S.; Osuna, E. S.; Martínez, C. M. A. y Reyes, M. 2015. Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol bovino en condiciones de secano. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(3):313-318. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S01877380201500030010&lng=es&nrm=iso>.
- Boote, K. J.; Prasad, V.; Allen Jr, L. H.; Singh, P. and Jones, J. W. 2018. Modeling sensitivity of grain yield to elevated temperature in the DSSAT crop models for peanut, soybean, dry bean, chickpea, sorghum, and millet. *Eur. J. Agron.* 100(10):99-109.. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.002>.
- CEDRSSA. 2020. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Mercado de frijol, situación y perspectiva. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>.
- Dapaah, H. K.; Mckenzie, B. A. and Hill, G. D. 2010. Effects of irrigation and sowing date on phenology and yield of pinto beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) in Canterbury, New Zealand. *J. Crop Hortic. Sci.* 27(4): 297-305. Doi: <https://doi.org/10.1080/01140671.1999.9514109>.
- Fisher, R. A. 1937. The design of experiments. Edinburgh, London. 260 p.
- Kolmogorov, A. T. 1933. Basic Concepts of Probability Theory. Berlín, Julius Springer. 62 p.
- López-Salinas, E.; Tosquy-Valle, O. H.; Villar-Sánchez, B.; Acosta-Gallegos, J. A.; Rodríguez-Rodríguez, J. R. y Andrés-Meza, P. 2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):173-181.
- Montecillo-Cedillo, J. L. 2017. Rendimiento por hectárea de sorgo grano y de frijol en México: riego vs temporal. *Economía Informa.* 403:91-101. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.05.006>.
- Padilla, V. I.; Castillo, T. N.; Ramírez, A. J. A.; Armenta, C. I.; Cabrera, C. F.; Madrid, C. M. y Ortiz, E. J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el Sur de Sonora. Campo Experimental Valle del Yaqui-CIRNO-INIFAP. Folleto técnico núm. 69.
- Prieto-Cornejo, M. R.; Matus-Gardea, J. A.; Gavi-Reyes, F.; Omaña-Silvestre, J. M.; Brambila-Paz, J. J.; Sánchez-Escudero, J. y Martínez-Damián, M. Á. 2019. Evolución de la superficie cultivada de frijol e impacto económico de la sequía sobre su rendimiento bajo condiciones de temporal en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 42(2):173-182. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S018773802019000200173&lng=es&nrm=iso>.
- Romero-Félix, C. S.; López-Castañeda, C.; Kohashi-Shibata, J.; Miranda-Colín, S.; Aguilar-Rincón, V. H. y Martínez-Rueda, C. G. 2019. Cambios en el rendimiento y sus componentes en frijol bajo riego y sequía. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(2):351-364. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1607>.
- SIAP. 2021. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas, resumen por estado. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/ResumenProducto.do>.
- Tukey, J. W. 1960. A survey of sampling from contaminated distributions. *In: Olkin, I. (Ed.). Contribution to probability and statistics: essays in honor to harold hotelling.* Redwood City. Stanford University Press. 448-485 pp.