



USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

USE OF GROWTH REGULATORS FOR SEED PRODUCTION OF *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

Carlos Ernesto Aguilar-Jiménez¹, Isidro Zapata-Hernández^{1*}, Juan Francisco Zamora-Natera², José Galdámez-Galdámez¹ y Franklin B. Martínez-Aguilar¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Villaflores, Chiapas, México. ²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zapopan, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia (chilo0602@hotmail.com)

RESUMEN

El uso de reguladores de crecimiento en la agricultura es de gran interés en la producción de cultivos; sin embargo, son pocos o nulos los estudios relacionados con su aplicación para la producción de semillas de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. En la región de la Frailesca, Chiapas, México esta especie se está implementando como abono verde, debido a su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de la región; por lo tanto, la producción de semilla es fundamental para su posterior uso y manejo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres reguladores de crecimiento en diferentes variables de producción del cultivo de canavalia. El experimento se realizó en Villaflores, Chiapas, México durante el ciclo agrícola primavera/verano 2023. La siembra de canavalia se llevó a cabo de forma manual a una distancia de 1 m entre filas y 0.5 m entre plantas. Los reguladores de crecimiento utilizados fueron Biozyme TF[®], Biocrop[®] y Mezgrow[®] a dosis recomendadas para leguminosas. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, donde se evaluaron siete tratamientos: tres tratamientos con aplicación de reguladores 60 días después de la siembra (DDS), tres con aplicaciones a los 60 y 90 DDS; además, se incluyó un tratamiento testigo (sin aplicación). El regulador de crecimiento Biozyme TF[®] con dos aplicaciones fue el más eficaz, mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en parámetros productivos tales como peso seco por planta, biomasa seca por ha, número de vainas por planta, peso de vainas por planta, número de semillas por planta, peso seco de semilla por planta y rendimiento de semilla seca.

Palabras clave: Biomasa, fitohormonas, leguminosa, rendimiento, semillas.

SUMMARY

The use of growth regulators in agriculture is of great interest in crop production; however, there are few or no studies related to their application for seed production of *Canavalia ensiformis* (L.) DC. In the Frailesca region of Chiapas, Mexico this species is being implemented as green manure, due to its adaptability to the soil and climatic conditions of the region; therefore, seed production is essential for its subsequent use and management. The objective of this study was to evaluate the effect of three growth regulators on different production traits of the canavalia crop. The experiment was conducted in Villaflores, Chiapas, Mexico during the Spring-Summer 2023 agricultural season. Canavalia was planted manually at a distance of 1 m between rows and 0.5 m between plants. The growth regulators used were Biozyme TF[®], Biocrop[®] and Mezgrow[®] at the recommended doses for legumes. The experimental design used was completely randomized, in which seven

treatments were evaluated: three treatments with application of regulators 60 days after planting (DAP), three with applications at 60 and 90 DAP; in addition, a control treatment (no application) was included. The growth regulator Biozyme TF[®] with two applications was the most effective, showing significant differences ($P \leq 0.05$) in production traits, such as dry weight per plant, dry biomass per ha, number of pods per plant, weight of pods per plant, number of seeds per plant, dry weight of seeds per plant and dry seed yield.

Index words: Biomass, legumes, phytohormones, seeds, yield.

INTRODUCCIÓN

La región socioeconómica denominada La Frailesca, localizada en el Centro del Estado de Chiapas, México ha sido escenario desde la década de los setenta del Siglo XX del uso sistemático de la agricultura convencional, lo que originó que se convirtiera en el Granero del Sureste de México (González y Fletes, 2023). Los beneficios de esta política de desarrollo rural, acarrearón efectos negativos en el mediano plazo, destacándose la degradación de los suelos agrícolas (López *et al.*, 2019). El deterioro del recurso edáfico debido al uso de procesos y tecnologías de actualidad, plantea la necesidad de establecer prácticas que contribuyan a la restauración de su fertilidad, conservación y mejoramiento. El uso de abonos verdes y cultivos de cobertura (AVCC) constituye una práctica pertinente para las regiones tropicales, toda vez que las plantas leguminosas no requieren grandes inversiones económicas, y éstas al crecer en los suelos agrícolas, promueven su mejoramiento gracias a la simbiosis que realizan con bacterias fijadoras de nitrógeno (Zapata *et al.*, 2022). Existen sistemas de uso de AVCC que han demostrado su contribución al manejo ecológico del suelo en los trópicos y subtrópicos y su funcionamiento se fundamenta en la experiencia campesina y proceso de innovación agroecológica (Matías-Ramos *et al.*, 2023).

Canavalia ensiformis (L.) D.C. es una especie

arborescente de 1-2 m de altura, endémica de la región Mesoamericana y distribuida en los diferentes continentes, con hábito de crecimiento anual, con semillas oblongas, moderadamente comprimidas, color marfil o blanco (Beyra *et al.*, 2004). La siembra de canavalia en forma asociada o en relevo a cultivos básicos constituye una tecnología agroecológica que ha demostrado beneficios ecológicos y socioeconómicos en los sistemas tradicionales de producción de maíz de la Frailesca, Chiapas, México. La innovación con el uso de esta leguminosa se fundamenta en su rápido crecimiento en suelos pobres y su abundante producción de biomasa aérea, lo que contribuye con beneficios ecológicos, destacándose la protección del suelo contra la erosión hídrica en terrenos agrícolas con pendiente, la conservación de humedad y regulación de la temperatura (Martín y Borges, 2014).

Específicamente, en la región Frailesca de Chiapas, la producción de semilla de canavalia se ve afectada por su entorno ecológico, cuyo estrés abiótico origina la caída de flores, y por consiguiente, la producción de vainas y semillas. Este proceso tiene su fundamento agronómico en el alto contenido de humedad y temperatura del ambiente tropical, lo que lleva a la respuesta fisiológica de la planta de tirar sus flores (Kiran *et al.*, 2019). Los reguladores de crecimiento a base de auxinas, giberelinas y citocininas, principalmente, han demostrado que promueven la producción y retención floral de las plantas cultivadas, favoreciendo el desarrollo y la producción de semillas (Alcántara *et al.*, 2019). Estos compuestos químicos, controlan diferentes procesos, incluyendo su crecimiento y desarrollo ante el contexto biótico y abiótico (Jiang y Asami, 2018). El uso de fitohormonas en el cultivo de canavalia constituye una temática poco estudiada, por lo que su experimentación en la región señalada, constituye un aspecto potencial para incrementar la producción de semilla. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en variables productivas del cultivo de canavalia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental

El ensayo se desarrolló bajo temporal durante el ciclo agrícola Primavera/Verano 2023 en el municipio de Villaflores de la Región Frailesca, Chiapas, México, ubicado en las coordenadas geográficas 16° 15' latitud N y 93° 14' longitud W, altitud de 610 msnm. En el sitio experimental el clima es cálido subhúmedo, temperatura media de 22 °C y precipitación de 1200 mm anuales. Durante el periodo que cubrió el experimento (23 de junio al 30 de octubre de 2023) se acumularon 910 mm, y prevaleció una temperatura media de 25.7 °C (Figura 1). La lluvia se distribuyó con 48.6

% de la siembra hasta el inicio de la floración, y 51.4 % en la etapa de llenado de grano y madurez fisiológica. Los datos indican un ciclo de temporal típico para el área de estudio.

Caracterización edáfica del sitio experimental

El Cuadro 1 muestra las determinaciones de interés agronómico del suelo del sitio experimental, que corresponde a un Luvisol con pendiente media de 8 %, típico para el monocultivo de maíz en la región Frailesca; la muestra compuesta (0-20 cm), indica un sustrato con parámetros de degradación.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar con siete tratamientos (Cuadro 2). Cada tratamiento estuvo representado en una superficie de 400 m², el área experimental fue de 2800 m². En cada parcela se definieron cuatro puntos de muestreo (repeticiones), representados por cinco plantas de canavalia en cada uno. Los muestreos fueron destructivos para caracterizar las variables de biomasa, y se realizaron a los 120 DDS, mientras que las variables productivas se evaluaron a los 200 DDS.

Manejo agronómico

La preparación del suelo consistió en dos pasos de rastra mecanizada al inicio del ciclo y del temporal de lluvias; posteriormente, la siembra se efectuó de forma manual el 23 de junio de 2023. La distancia entre hileras fue de 1 m y 50 cm entre plantas, depositando en cada punto de siembra dos semillas.

Las fitohormonas se aplicaron con aspersora de mochila con capacidad de 20 L en los tiempos y dosis comerciales sugeridas para leguminosas (Biozyme TF® 500 mL ha⁻¹, Biocrop® 500 mL ha⁻¹ y Mezgrow® 500 mL ha⁻¹). El control de arvenses se realizó de forma química y manual, para manejar a *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Digitaria horizontalis* Will, *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC. e *Ipomoea* sp., que fueron las especies que predominaron. Se asperjó glufosinato de amonio a una dosis de 1.5 L ha⁻¹, dos días después de la siembra (DDS) con aspersora de mochila con capacidad de 20 L. A los 30 DDS se realizó un control manual utilizando herramientas manuales (coa y azadón).

Variables evaluadas

Las variables vegetativas evaluadas fueron biomasa verde y seca acumulada por ha, las variables productivas estuvieron representadas por el número de vainas por planta, largo y ancho de vainas (cm), número de semillas por vaina, peso de vainas por

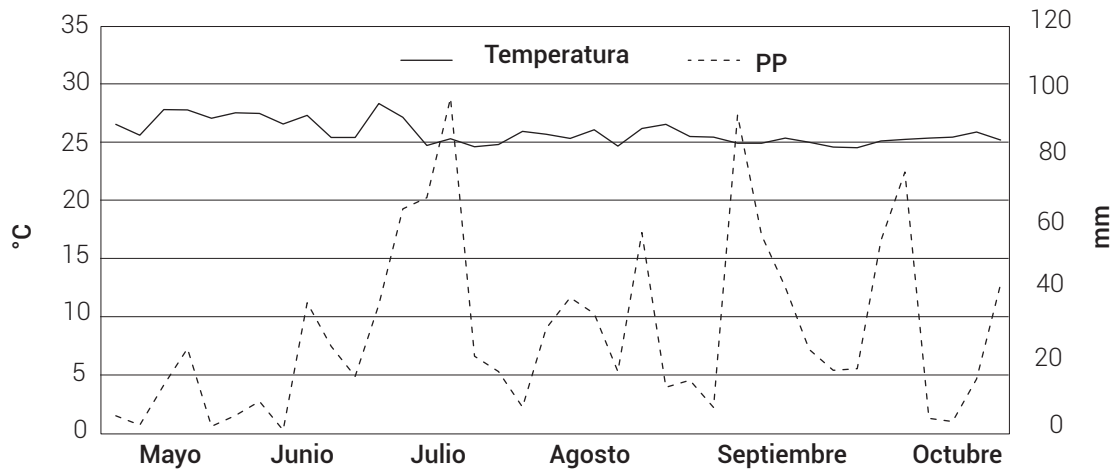


Figura 1. Distribución de la temperatura media y precipitación pluvial en el sitio de estudio.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo del sitio experimental.

| Característica | Método | Valor |
|---|------------------------------------|----------------|
| pH | Potenciométrico (H ₂ O) | 4.9 |
| Materia orgánica (%) | Walkley y Black | 1.6 |
| N total (%) | Kjeldahl | 0.04 |
| P (mg kg ⁻¹) | Olsen | 4.62 |
| K (cmol kg ⁻¹) | Emisión atómica | 0.07 |
| Ca (cmol kg ⁻¹) | Absorción atómica | 0.29 |
| Mg (cmol kg ⁻¹) | Absorción atómica | 0.75 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | Absorción atómica | 8.55 |
| Densidad aparente (g cm ⁻³) | De la Probeta | 1.26 |
| Arena (%) | Bouyoucos | 63 |
| Limo (%) | Bouyoucos | 17 |
| Arcilla (%) | Bouyoucos | 20 |
| Clasificación textural | | Franco arenoso |

planta, número de semillas por planta, peso de semilla por planta (g), peso de 100 semillas (g) y rendimiento de semilla (kg ha⁻¹).

de correlación simple de Pearson.

Análisis de datos

A los parámetros cuantificados se les realizó análisis de varianza de una vía mediante el programa estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) Versión 24. Se aplicó la prueba de rango múltiple de medias Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias y se efectuó análisis

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa aérea

Las variables biomasa por planta y la acumulada por unidad de superficie registraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). La biomasa seca por planta y la acumulada por unidad de superficie (795.93 g/planta y 31.83 Mg ha⁻¹, respectivamente) fueron superiores

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.

| Trat. | Aplicación de tratamiento | | Ficha técnica |
|-------|---------------------------|--|---|
| 1 | Biozyme TF® 2 | Dos aspersiones (60 y 90 DDS) | Extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas: 78.8 % (giberelinas 32.2 ppm, ácido indolacético 32.2 ppm y zeatina 83.2 ppm); microelementos: 1.86 % (Mg: 0.14 %, S: 0.44 %, B: 0.30 %, Fe: 0.49 %, Mn: 0.12 % y Zn: 0.37 %); diluyentes y acondicionadores: 19.27 % |
| 2 | Biozyme TF® 1 | Una aspersión (60 DDS) | |
| 3 | Biocrop® 2 | Dos aspersiones (60 y 90 DDS) | Sífatec. Extractos de origen vegetal y productos de la fermentación: 79.20 % (ácido indolacético: 52 ppm, ácido indolbutírico: 74.6 ppm, ácido giberélico: 23.5 ppm, citocininas: 86 ppm, tiamina: 122 ppm, niacina: 42.4 ppm, ácido p-aminobenzoico: 380 ppm, ácido pantoténico: 570 ppm); diluyentes y acondicionadores: 20.80 % |
| 4 | Biocrop® 1 | Una aspersión (60 DDS) | |
| 5 | Mezgrow® 2 | Dos aspersiones (60 y 90 DDS) | Mezfer-Crown. Extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas: 77.8 % (citocininas: 81.90 ppm; auxinas: 30.50 ppm; ácido pantoténico: 12.53 ppb; nicotinamida: 0.16 ppb; niacina: 84.56 ppm; giberelina: 31 ppm; ácido fólico: 0.92 ppb; rivo flavina: 0.86 ppb; colina: 748.81 ppb y tiamina: 100.11 ppb. Diluyentes y acondicionadores: 22.20 % |
| 6 | Mezgrow® 1 | Una aspersión (60 DDS) | |
| 7 | Testigo | Sin aplicación de reguladores de crecimiento | |

DDS: días después de la siembra. Etapa fenológica 60 y 90 DDS: inicio de floración y floración respectivamente.

estadísticamente en el tratamiento de Biozyme TF® con dos aplicaciones (T1), mientras que los otros tratamientos mostraron volúmenes de productividad primaria irregular, el testigo destacó en su producción de parte aérea (Cuadro 3), lo que indica que la productividad de biomasa aérea total (verde y seca) no siempre ni de forma sistemática se beneficia por la aplicación de los reguladores de crecimiento vegetal; por lo tanto, se considera que existen otros factores que son importantes para su producción; por ejemplo, Vanek (2009) mencionó que las variaciones del contenido de la materia seca se deben a diferentes condiciones ambientales, factores edáficos, manejos del cultivo y los genotipos de la planta. La producción de biomasa es fundamental cuando se siembran abonos verdes y cultivos de cobertura para el mejoramiento de suelos agrícolas (Teodoro *et al.*, 2014); sin embargo, esto no garantiza la producción de semillas de leguminosas necesarias para la alimentación humana, animal o para asegurar la continuidad de su reproducción como tecnología agroecológica (Álvarez-Solís *et al.*, 2016).

Variables de producción

El análisis de varianza para el número de vainas por planta y peso de vainas por planta indicó diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$), mientras que para el resto de las variables evaluadas las diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$). El Cuadro 4 muestra los promedios de los componentes productivos de las

vainas de canavalia. En éste se puede observar que el tratamiento 1 (Biozyme TF® con dos aplicaciones) registró los mayores valores en relación al número y peso de vainas por planta (11.60 y 342.0 g respectivamente). En los demás tratamientos los valores promedio fueron similares entre ellos, con excepción del tratamiento control. Efectos favorables de la aplicación de fitohormonas sobre el número de vainas y rendimiento de semilla también han sido documentados en otras leguminosas como chícharo gandul [*Cajanus cajan* (L.) Hunt.] y soya [*Glycine max* (L.) Merr.] (Basuchaudhuri 2016; Sumathi *et al.*, 2018). Lo anterior indica un efecto positivo del uso de los reguladores de crecimiento en la productividad y peso de vainas por planta, lo cual es atribuible al efecto benéfico que éstos tienen en la inducción y retención floral, beneficiando la fructificación de la leguminosa (Ortiz *et al.*, 2022). Mahmood *et al.* (2022) señalaron que las citocininas como reguladoras de crecimiento provocan la translocación de nutrientes, lo que conlleva a la formación de flores y producción de granos. Los parámetros de largo de vaina, ancho de vaina y número de semillas por vaina no se vieron afectados por los tratamientos experimentales.

Los componentes del rendimiento en canavalia, como número de semillas por planta, peso de semillas por planta y rendimiento de semilla seca por hectárea también mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). Los valores promedio de estas variables se muestran en el Cuadro 5, donde se puede observar que

Cuadro 3. Variables de productividad primaria de *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

| Tratamiento | Peso verde por planta (g/planta) | Peso seco por planta (g/planta) | Biomasa total verde (Mg ha ⁻¹) | Biomasa total seca (Mg ha ⁻¹) |
|----------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|
| 1 | 1960.05 ± 608.47 a | 795.93 ± 157.03 a | 78.39 ± 24.34 a | 31.83 ± 6.28 a |
| 2 | 1444.76 ± 286.95 a | 425.56 ± 139.50 b | 57.79 ± 11.47 a | 17.02 ± 5.58 b |
| 3 | 1595.87 ± 128.40 a | 433.26 ± 160.64 b | 63.83 ± 5.13 a | 17.33 ± 6.42 b |
| 4 | 1876.00 ± 748.98 a | 436.60 ± 20.60 b | 67.57 ± 19.09 a | 17.46 ± 0.82 b |
| 5 | 1581.36 ± 103.01 a | 421.80 ± 100.69 b | 63.17 ± 13.22 a | 16.87 ± 4.02 b |
| 6 | 1991.05 ± 330.54 a | 478.56 ± 76.62 ab | 79.64 ± 13.22 a | 19.14 ± 3.06 ab |
| 7 | 1934.31 ± 268.02 a | 524.73 ± 101.87 ab | 76.56 ± 10.80 a | 21.01 ± 4.03 ab |
| <i>P-Valor</i> | 0.55 ns | 0.016** | 0.413ns | 0.016** |
| C.V. (%) | 23.03 | 32.08 | 20.78 | 32.07 |

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). **: $P \leq 0.01$, ns: no significativo.

el tratamiento de Biozyme TF® con dos aplicaciones (T1) fue el que registró los mayores valores (125.90, 193.84 g y 5815.20 kg ha⁻¹ respectivamente). Los beneficios de Biozyme TF® sobre el incremento de los componentes del rendimiento de grano de canavalia, podrían atribuirse a la doble aplicación del tratamiento, también presentó mayor cantidad de giberelinas, las cuales son las encargadas en el desarrollo del polen, flores, semillas y frutos (Takehara *et al.*, 2018); además, contiene zeatina, la cual forma parte de las citocininas en raíces, hojas jóvenes, flores y posteriormente en la semilla, donde se acumulan para su posterior desarrollo al germinar y se encuentran relacionadas con el aumento del rendimiento (Borjas-Ventura *et al.*, 2020; Hirose *et al.*, 2008). Mahmood *et al.* (2022), mencionaron que obtuvieron resultados positivos en la germinación y crecimiento de plántulas de *Albizia*

lebeck (L.) Bent. con Biozyme TF® y biofertilizantes, debido a que la mayor proporción de Biozyme TF® está constituida por citocininas. Basra y Lovatt (2016) evaluaron en *Solanum lycopersicum* L. la fitohormona trans-zeatina a una dosis de 25 ppm y encontraron resultados positivos en número de flores por planta y cantidad total de frutos. Por otro lado, Biozyme TF®, contiene micronutrientes, los cuales benefician la producción de semilla de leguminosas (Guillén-Molina *et al.*, 2021).

El análisis de correlación entre las variables vegetativas y productivas de canavalia se muestran en el Cuadro 6. Se destaca que el rendimiento de semilla no correlacionó con la producción de biomasa verde, lo que indica que a mayor productividad primaria de la leguminosa el volumen cosechado de semilla es menor en condiciones de secano.

Cuadro 4. Variables de las vainas secas de *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

| Tratamiento | No. de vainas por planta | Peso de vaina por planta (g) | Largo de vaina (cm) | Ancho de vaina (cm) | No. de semillas por vaina |
|----------------|--------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | 11.60 ± 2.61 a | 342.00 ± 105.69 a | 27.68 ± 6.25 a | 2.82 ± 0.19 a | 10.94 ± 1.47 a |
| 2 | 8.80 ± 0.84 ab | 240.00 ± 41.83 ab | 28.92 ± 0.97 a | 3.53 ± 1.33 a | 11.68 ± 4.24 a |
| 3 | 8.80 ± 2.95 ab | 240.00 ± 98.49 ab | 30.36 ± 1.53 a | 2.90 ± 0.26 a | 8.62 ± 1.65 a |
| 4 | 9.00 ± 3.00 ab | 272.00 ± 113.67 ab | 31.95 ± 0.80 a | 3.54 ± 0.34 a | 9.40 ± 0.64 a |
| 5 | 8.20 ± 2.17 ab | 194.00 ± 36.47 ab | 30.02 ± 2.20 a | 2.82 ± 0.24 a | 9.36 ± 1.90 a |
| 6 | 7.80 ± 1.30 ab | 178.00 ± 64.96 b | 28.12 ± 2.70 a | 2.74 ± 0.21 a | 8.46 ± 1.99 a |
| 7 | 6.40 ± 2.07 b | 180.00 ± 73.82 ab | 28.10 ± 3.28 a | 2.88 ± 0.11 a | 9.78 ± 1.78 a |
| <i>P-Valor</i> | 0.052* | .039* | 0.305 ns | 0.098 ns | 0.237 ns |
| C.V.% | 29.24 | 39.29 | 10.68 | 19.57 | 23.40 |

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). *: $P \leq 0.05$, ns: no significativo.

Cuadro 5. Variables productivas de *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

| Tratamiento | Semillas por planta | Peso seco semillas por planta (g) | Peso seco de 100 semillas (g) | Rendimiento seco de semilla (kg ha ⁻¹) |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | 125.90 ± 30.69 a | 193.84 ± 66.58 a | 153.71 ± 33.98 a | 5815.20 ± 1997.51 a |
| 2 | 101.40 ± 30.80 ab | 144.50 ± 23.28 ab | 150.97 ± 38.60 a | 4115.60 ± 1099.78 ab |
| 3 | 86.82 ± 31.89 ab | 120.52 ± 58.62 ab | 155.10 ± 9.81 a | 3615.60 ± 1758.53 ab |
| 4 | 85.38 ± 30.52 ab | 141.20 ± 55.88 ab | 165.54 ± 13.46 a | 4236.00 ± 1676.27 ab |
| 5 | 76.34 ± 21.86 ab | 115.80 ± 26.90 ab | 153.84 ± 11.34 a | 3474.00 ± 806.98 ab |
| 6 | 67.26 ± 23.83 b | 102.10 ± 40.38 ab | 150.68 ± 21.93 a | 3063.00 ± 1211.45 ab |
| 7 | 63.48 ± 26.37 b | 97.90 ± 34.00 b | 156.88 ± 9.55 a | 2937.00 ± 1020.13 b |
| <i>P-Valor</i> | 0.025* | 0.044* | 0.957ns | 0.051* |
| C.V.% | 37.65 | 39.90 | 13.63 | 40.75 |

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). * $P \leq 0.05$.

Romero-Félix *et al.* (2021), en un estudio con frijol común, reportaron una correlación positiva entre producción de grano y biomasa aérea total bajo condiciones de riego y sequía. Por el contrario, a mayor número de vainas por planta, peso de vaina por planta, número de semillas y peso seco de semillas por planta el rendimiento de grano se incrementa. Por lo anterior, es importante favorecer estos caracteres productivos para incrementar la productividad por unidad de superficie, lo cual se logró en la presente investigación con los tratamientos estudiados de reguladores de crecimiento, obteniendo valores del coeficiente de correlación que oscilan entre $r = 0.83$ y $r = 0.99$. El efecto benéfico de los reguladores de crecimiento sobre los caracteres productivos de las plantas cultivadas tiene su fundamento en que éstas actúan regulando procesos de crecimiento, diferenciación o especialización de los tejidos (Moreno y Oropeza, 2017). Por su parte, Borjas-Ventura *et al.* (2020) mencionaron que su uso es restringido a ciertos cultivos, por lo que sugieren hacer más investigación en otros con diferentes potenciales importantes en la agricultura.

CONCLUSIONES

La mayor producción de biomasa verde no se relacionó con el rendimiento de semilla por unidad de superficie. Las variables productivas presentaron una correlación positiva entre ellas, demostrando la gran influencia que tienen hacia el rendimiento de semilla por unidad de superficie; así mismo, los parámetros productivos de la leguminosa se vieron favorecidos por la aplicación de los reguladores de crecimiento, fundamentalmente por Biozyme TF® aplicado en dos aspersiones foliares.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara C. J. S., J. Acero G., J. D. Alcántara C. y R. M. Sánchez M. (2019) Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova* 17:109-129, <https://doi.org/10.25058/24629448.3639>
- Álvarez-Solís J. D., R. Muñoz-Arroyo, E. Huerta-Lwanga y J. Nahed-Toral (2016) Balance parcial de nitrógeno en el sistema de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con cobertura de leguminosas en Chiapas, México. *Agronomía Costarricense* 40:29-39, <https://doi.org/10.15517/rac.v40i1.25322>
- Basra S. M. A. and C. J. Lovatt (2016) Exogenous applications of moringa leaf extract and cytokinins improve plant growth, yield and fruit quality of cherry tomato. *HortTechnology* 26:327-337, <https://doi.org/10.1016/j.horttech.2016.05.001>

Cuadro 6. Análisis de correlación simple de parámetros de *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

| Variables | Peso de vainas por planta | Número de semillas por planta | Peso de semillas por planta | Rendimiento de semilla |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Número de vainas por planta | 0.830** | 0.838** | 0.840** | 0.834** |
| Peso de vainas por planta | | 0.777** | 0.950** | 0.945** |
| Número de semillas por planta | | | 0.841** | 0.841** |
| Peso de semillas por planta | | | | 0.993** |

** $P \leq 0.001$.

- doi.org/10.21273/HORTTECH.26.3.327
- Basuchaudhuri P. (2016)** Influences of plant growth regulators on yield of soybean. *Indian Journal of Plant Sciences* 5:25-38, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27224.80641>
- Beyra M. A., G. Reyes A., L. Hernández V. y P. Herrera O. (2004)** Revisión taxonómica del género *Canavalia* DC. (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28:157-175, [https://doi.org/10.18257/raccefyn.28\(107\).2004.1964](https://doi.org/10.18257/raccefyn.28(107).2004.1964)
- Borjas-Ventura R., A. Julca-Otiniano y L. Alvarado-Huamán (2020)** Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere* 8:150-164, <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>
- González C. A. A. y H. B. Fletes O. (2023)** La Frailesca, "El Granero de Chiapas": Destrozos y Alternativas. Centro de Investigaciones Multidisciplinarias sobre Chiapas y la Frontera Sur, Universidad Nacional Autónoma de México. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 413 p, <https://doi.org/10.22201/cimsur.9786073073332p.2023>
- Guillén-Molina M., E. de la Cruz-Lázaro, E. Sánchez-Chávez, J. R. Velázquez-Martínez, R. Osorio-Osorio y C. Márquez-Quiroz (2021)** Rendimiento, contenido mineral y actividad antioxidante de frijol caupí biofortificado con combinaciones de sulfatos de hierro y zinc. *Agrociencia* 55:357-367, <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i4.2483>
- Hirose N., K. Takei, T. Kuroha, T. Kamada-Nobusada, H. Hayashi and H. Sakakibara (2008)** Regulation of cytokinin biosynthesis, compartmentalization and translocation. *Journal of Experimental Botany* 59:75-83, <https://doi.org/10.1093/jxb/erm157>
- Jiang K. and T. Asami (2018)** Chemical regulators of plant hormones and their applications in basic research and agriculture. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 82:1265-1300, <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1462693>
- Kiran A., S. Kumar, H. Nayyar and K. D. Sharma (2019)** Low temperature induced aberrations in male and female reproductive organ development cause flower abortion in chickpea. *Plant, Cell & Environment* 42:2075-2089, <https://doi.org/10.1111/pce.13536>
- López B. W., R. Reynoso S., J. López M., B. Villar S., R. Camas G. y J. O. García S. (2019)** Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10:897-910, <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1764>
- Mahmood K. A., A. I. Jumma and D. B. Mahmood (2022)** Effect of biofertilizer and biostimulators on seeds germination and seedlings growth of *Albizia lebbbeck* L. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences* 22:119-133, <https://doi.org/10.25130/tjas.22.1.12>
- Martín A. N. J. y M. Borges F. (2014)** Mejoramiento de las propiedades de un suelo Ferralítico rojo con el uso de la *Canavalia ensiformis* (L). *Revista Ingeniería Agrícola* 4:42-47.
- Matías-Ramos M., C. I. Hidalgo-Moreno, M. Fuentes-Ponce, J. Delgadillo-Martínez y J. D. Etchevers (2023)** Potencial de especies de leguminosas mejoradoras de la fertilidad del suelo en regiones tropicales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14:531-541, <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3152>
- Moreno M. y M. Oropeza (2017)** Efecto de las hormonas vegetales y el fotoperiodo en la producción de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología* 19:29-38, <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.69499>
- Ortiz E. J. E., O. Peñuelas-Rubio, L. Argente-Martínez, P. Félix V. I. Padilla V. y J. A. Marroquín M. (2022)** La aplicación de bioestimulantes incrementa los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13:371-376, <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2846>
- Romero-Félix C. S., C. López-Castañeda, J. Kohashi-Shibata, C. G. Martínez-Rueda, S. Miranda-Colín y V. H. Aguilar-Rincón (2021)** Rendimiento y biomasa acumulada en frijol común bajo riego y secano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12:1363-1376, <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2682>
- Sumathi A., V. B. R. Prasad and M. Vanangamudi (2018)** Influence of plant growth regulators on yield and yield components in pigeonpea. *Legume Research* 41:392-398, <https://doi.org/10.18805/lr.v40i04.9010>
- Takehara S. and M. Ueguchi-Tanaka (2018)** Gibberellin. In: *Plant Structural Biology: Hormonal Regulations*. J. Hejáltko and T. Hakoshima (eds.). Springer. Cham, Switzerland. pp:83-95, https://doi.org/10.1007/978-3-319-91352-0_6
- Teodoro P. E., L. P. Ribeiro, F. A. da Silva, C. C. G. Corrêa, R. A. A. da Luz Júnior and F. E. Torres (2014)** Sample size to estimate biomass and productivity of *Canavalia ensiformis* and *Dolichos lablab*. *Revista de Ciências Agrárias* 37:348-353, <https://doi.org/10.19084/rca.16834>
- Vanek S. (2009)** Adaptación y respuesta a la fertilización fosforada de especies leguminosas en el norte de Potosí, Bolivia. *Revista de Agricultura* 61:15-22.
- Zapata H. I., H. Vázquez S., F. B. Martínez A., C. E. Aguilar J. and J. F. Zamora N. (2022)** Biomass yield, soil cover and minerals accumulation by two green manures species grown in soils of Chiapas Mexico. *Eurasian Journal of Soil Science* 11:329-336, <https://doi.org/10.18393/ejss.1135515>