Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

ACTIVADORES FISIOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)

Eduardo E. Camargo González[1]; Gustavo F. Ibarra Calero[1]; Paulino Vega Rodríguez [2§]; Rodrigo Ramírez Rodríguez [2]; Juan C González Morales[2]; Luis P. Guevara Acevedo[2]

[1]Estudiante de Ingeniería en Agronomía TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato.[2]TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [§] Paulino Vega Rodríguez. [£]Autor de correspondencia: paulino.vr@roque,tecnm,mx.

RESUMEN

El garbanzo (Cicer arietinum L.) es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial debido a su alto valor nutricional y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. Existen dos principales tipos de garbanzo: el tipo Desi, caracterizado por semillas pequeñas, de diversos colores y con alto contenido de fibra, y el tipo Kabuli, que presenta semillas de mayor tamaño, color blanco a beige y menor contenido de fibra. Sin embargo, el rendimiento y desarrollo del cultivo pueden verse afectados por diversos factores ambientales que limitan el crecimiento vegetativo y reducen procesos importantes como la floración, fructificación y el prendimiento de flores. Ante esta problemática, el uso de inductores fisiológicos y bioestimulantes representa una alternativa para mejorar la respuesta fisiológica y productiva del cultivo. El experimento se realizó en el Tecnológico Nacional de México campus Roque, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos con ácido salicílico con una dosis de 6.7Mm, extracto de algas 5 mL L^{-1}, la combinación de ambos 6.7Mm + 5 mL L^{-1}y un testigo comercial PRO 90® (Los pros del campo) de 3 mL L^{-1}. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, donde el extracto de algas marinas a dosis de 5 mL L^{-1} presentó los mejores resultados con 73.12 de floración, 69.20 frutos y 94.67% de prendimiento. La combinación de ácido salicílico y extracto de algas también mostró efectos positivos, mientras que el testigo presentó los valores más bajos. La aplicación foliar de extracto de algas marinas es una alternativa viable para mejorar la floración, fructificación y prendimiento en el cultivo de garbanzo, incrementando en más del 26 % las variables evaluadas en comparación con el testigo comercial.

Palabras clave: *ácido salicílico, algas marinas, garbanzo, floración, fructificación, prendimiento.*

ABSTRACT

The chickpea (Cicer arietinum) is one of the most important legumes worldwide due to its high nutritional value and its ability to adapt to different environmental conditions. There are two main types of chickpeas: the Desi type, characterized by small, colorful seeds with a high fiber content, and the Kabuli type, which has larger, white to beige seeds with a lower fiber content. However, crop yield and development can be affected by various environmental factors that limit vegetative growth

and reduce important processes such as flowering, fruiting, and flower set. Given this problem, the use of physiological inducers and biostimulants represents an alternative to improve the crop's physiological and productive response. The experiment was conducted at the National Technological Institute of Mexico, Roque campus, using a completely randomized block design with four treatments: salicylic acid at a dose of 6.7 Mm, seaweed extract at 5 mL L^{-1}, a combination of both (6.7 Mm + 5 mL L^{-1}), and a commercial control, PRO 90® (Los pros del campo), at 3 mL L^{-1}. The results showed highly significant differences between treatments, with the seaweed extract at a dose of 5 mL L^{-1} exhibiting the best results: 73.12% flowering, 69.20% fruit set, and 94.67% fruit set. The combination of salicylic acid and seaweed extract also showed positive effects, while the control showed the lowest values. Foliar application of seaweed extract is a viable alternative to improve flowering, fruiting and rooting in chickpea cultivation, increasing the evaluated variables by more than 26% compared to the commercial control.

Keywords: *salicylic acid, seaweed, chickpea, flowering, fruit set, fruit set, abiotic factors*

INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es de los principales cultivos en el mundo por su gran aporte nutricional y su capacidad en distintas condiciones ambientales. El garbanzo tiene varios tipos de características como lo es el Desi las cuales son pequeñas, de distintos colores, con cubierta rugosa y alto contenido de fibra, mientras que las de tipo Kabuli son rugosas y de un tamaño más grandes con una tonalidad un poco blanca a beige y bajo porcentaje de fibra (Singh et al, 2020). A pesar de su importancia, el cultivo puede verse afectado por diversos factores ambientales lo que reducen el crecimiento vegetativo lo cual afecta el proceso de floración y fructificación. Debido a estos factores se destaca el uso de activadores fisiológicos y bioestimulantes (Hussain et al, 2020).

Uno de estos activadores fisiológicos para mejorar estos resultados es ácido salicílico ya que es una hormona vegetal natural y una molécula señalizadora que aumenta la tolerancia de las plantas al contrarrestar los efectos tóxicos de la salinidad sobre el crecimiento y el rendimiento (Khan et al, 2015). Otra alternativa para mitigar los factores son los biofertilizantes de extractos de algas marinas que contienen compuestos bioactivos y fitohormonas que promueven la germinación, el crecimiento vegetativo, floración y fructificación (Singh et al, 2022). Por lo tanto, el objetivo es evaluar la aplicación foliar de inductores de resistentencia en el porcentaje de floración, fructificación y prendimiento en el cultivo de garbanzo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una parcela didáctica del Tecnológico Nacional de México, campus Roque, ubicada en el estado de Guanajuato, México, en una superficie total de 162 m². La preparación del terreno

consistió en un pase de rastra para la adecuación del suelo, seguido del trazado de surcos con una separación de 0.75 m entre ellos.

Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro bloques y cuatro tratamientos. Los tratamientos se aplicaron a los 30 días después de siembra y cada 15 días se aplicó, ácido salicílico a una concentración de 6.7Mm, extracto de algas a 5 mL L^{-1}, la combinación de ambos productos en las mismas concentraciones y un testigo comercial correspondiente a PRO 90® (Los pros del campo) aplicado a 3 mL L^{-1}. A todos los tratamientos se les adicionó 1 mL de adherente Agrega Super® a 1 mL L^{-1}, que correspondieron desde la etapa inicial del cultivo hasta el inicio de la floración.

Se realizó el conteo del número de flores y del número de frutos por planta con la finalidad de evaluar el efecto de los diferentes tratamientos. Para ello, las evaluaciones se llevaron a cabo de manera periódica durante la etapa de floración y fructificación del cultivo, seleccionando plantas representativas dentro de cada unidad experimental. El número de flores se registró mediante conteo directo de las estructuras florales presentes en cada planta al momento de máxima floración, mientras que el número de frutos se determinó contabilizando las vainas desarrolladas posteriormente al proceso de fecundación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (Pr<0.01) entre tratamientos en las variables número de flores (Pr>F, 0.0002), número de frutos (Pr>F, <0.0001) y porcentaje de prendimiento (Pr>F, 0.0033), lo cual indica que las aplicaciones evaluadas obtuvieron efectos positivos en el desarrollo reproductivo.

Por otro lado, el efecto de los bloques no presentó diferencias significativas en las variables evaluadas, lo que indica que las condiciones del experimento fueron uniformes, lo cual atribuye que la variabilidad es principalmente al efecto de los tratamientos.

Cuadro 1. Cuadrado medio de las variables número de flores, numero de frutos y prendimiento de flores por efecto de la aplicación foliar de inductores de resistentencia en el cultivo de garbanzo.

FV	Gl	Número de Flores	Número de Frutos	Prendimiento (%)
Trat (T)	3	211.2975**	536.6966**	326.1263**
Bloq (B)	1	18.2405 ^{ns}	3.6125^{ns}	81.7696^{ns}
T x M	3	1.9608^{ns}	9.0138^{ns}	26.7314^{ns}
EE	8	7.9777	2.8657	29.6829
Total	15	-	-	-
CV		4.3748	3.0433	6.3611
R^2		0.9115	0.9862	0.8276

FV = Fuente de variación, gl = grados de libertad, ** = Diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01), ** = Diferencia estadística significativa (P ≤ 0.05), ns = No existe diferencia significativa estadística (P ≥ 0.05).

El tratamiento de extracto de algas a dosis de 5 mL L^{-1} fue el que mayor índice de floración presentó con 73.12, así como, mayor número de fructificación con 69.20 frutos y porcentaje de prendimiento del 94.67%, seguida de la combinación de ácido salicílico y extracto de algas marinas a dosis de 6.7Mm + 5 mL L^{-1} el cual presento una floración de 64.35, mientras que en fructificación con el 58.75 frutos y con un prendimiento del 91.40% como tercero tuvimos al acido salicílico con una dosis de 6.7Mm el cual se obtuvo 65.40 en floración, mientras que en fructificación un 53.15 y en prendimiento con el 81.49% a la vez que el testigo PRO 90® (Los pros del campo) fue el de menor valor con un 55.37 en floración, mientras que en fructificación 41.40 y en prendimiento 75.02. Los resultados obtenidos son similares a los descritos por García et al. (2023), quienes obtuvieron un 92 % en la aplicación foliar de extractos de algas marinas en lima. De igual manera, Hernández et al. (2018) señalaron que los extractos de algas marinas favorecen el crecimiento y rendimiento de las plantas en un 20% a 30%. Por otra parte, Prisa (2023) reportaron que la aplicación microalgas promovió aumentos de entre 15 y 25 % en la floración y producción de frutos en cultivos hortícolas. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación fueron menores a los reportados por algunos autores, posiblemente debido a variaciones en las condiciones climáticas, dosis aplicadas y respuesta genética del cultivo evaluado.

Cuadro 2. Porcentaje de floración, fructificación y prendimiento en el cultivo de garbanzo por efecto de aplicaciones foliares.

No.	Tratamientos	Dosis (mL L^{-1})	Floración	Fructificación	Prendimiento
1	Ácido Salicílico	6.7	65.40 b	53.15 c	81.49 bc
2	Extracto de algas	5	73.12 a	69.20 a	94.67 a
3	Ácido Salicílico + Extracto de algas	6.7 + 5	64.35 b	58.75 b	91.40 ab
4	PRO90®	3	55.37 c	41.40 d	75.02 c

Los valores en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales.

CONCLUSIÓN

El tratamiento con extracto de algas marinas en 5 mL L^{-1} presentó los resultados más significativos, por lo que es una alternativa viable para mejorar el rendimiento del cultivo de garbanzo al aumentar en más del 26% el número de flores, frutos y porcentaje de prendimiento en comparación con aplicación del testigo comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García Olarte MA; Hernández Fuentes AD; Rodríguez Mendoza MN; Vargas Canales JM (2023). Las aplicaciones de extractos de algas en lima persa aumentan rendimiento y calidad de fruto de exportación. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar 7(4): 1123-1135.

Hernández-Herrera RM; Santacruz-Ruvalcaba F; Ruiz-López MA; Norrie J; Hernández-Carmona G (2018). Seaweed as potential plant growth stimulants for agriculture in Mexico. Hidrobiológica 28(1): 129-140.

Hussain I; Rasheed R; Ashraf MA; Mohsin M; Shah SMA; Rashid A; Akram M; Nisar J; Riaz M (2020). Foliar applied acetylsalicylic acid induced growth and key-biochemical changes in chickpea (Cicer arietinum L.) under drought stress. Dose-Response 18(4).

Khan MIR; Fatma M; Per TS; Anjum NA; Khan NA (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in Plant Science 6: 462.

Prisa D; Spagnuolo M (2023). Biostimulant effect of microalgae on plant growth, flowering, and fruit production. Horticulturae 9(7): 829.

Singh D; Sharma NL; Singh CK; Sarkar SK; Singh I; Dotaniya ML (2020). Effect of chromium (VI) toxicity on morpho-physiological characteristics, yield, and yield components of two chickpea (Cicer arietinum L.) varieties. PLOS ONE 15(12).

Singh D; Singh CK; Sarkar SK; Prasad SK; Sharma NL; Singh I (2022). Glycine betaine modulates chromium (VI)-induced morpho-physiological and biochemical responses in chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. Scientific Reports 12: 8005.