

Protección contra heladas mediante anticongelante, aminoácidos y lombricomposta en etapas fenológicas de frijol

Celene Calderón-Tomás¹

Ramón Díaz-Ruiz^{1,5}

Juan Contreras-Ramos¹

Efraín Pérez-Ramírez¹

1 Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Boulevard Forjadores de Puebla núm. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. CP. 72760. Tel. 222 2851445, ext. 2068.(c-lene@hotmail.com; jcontrerasr@colpos.mx; eperezr@colpos.mx).

Autor para correspondencia: dramon@colpos.mx.

Resumen

El cultivo del frijol es una de las principales actividades de la economía campesina en México; sin embargo, se encuentra sometido a diferentes tipos de estrés, donde las heladas afectan significativamente su cultivo, por esta razón, es necesario buscar alternativas que brinden mayor tolerancia a las plantas. Así, el objetivo fue evaluar el efecto de diferentes productos contra las heladas en el vástago, en las etapas fenológicas vegetativas (V) del frijol. La investigación se realizó en el invernadero del *Campus* Puebla del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas durante 2018. Se utilizó la variedad Negrito CP, la cual fue sembrada en vasos de unicel. Los tratamientos utilizados fueron anticongelante (10 ml L^{-1} de agua), aminoácidos (1.5 g L^{-1} de agua) y la mezcla de ambos en la misma dosis empleada de manera individual; estos fueron aplicados con intervalo de 48 h y 96 h y expuestos a una helada simulada en un congelador de magnitud igual a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1.5 h. Las heladas presentaron efectos distintos en las etapas vegetativas del frijol, las más tolerantes fueron V1 y V2. Las hojas fueron las más dañadas, seguidas de los peciolos y el tallo. Los tratamientos que proporcionaron mayor protección a las plántulas de frijol fueron An (anticongelante) y la combinación Lom+An (lombricomposta+anticongelante).

Palabras clave:

Phaseolus vulgaris L., estrés, fenología.



El frijol es considerado alimento básico importante por su significativo aporte de proteínas, carbohidratos y fibra a los consumidores, quienes, además reciben numerosos nutrientes y fitoquímicos que protegen contra múltiples enfermedades (Cámara *et al.*, 2013). Sin embargo, la especie no escapa a los cambios climáticos que se viven en el presente, fenómeno considerado causante principal del declive de la producción de cultivos a nivel mundial (Bhat *et al.*, 2022). Particularmente en el país, el frijol está expuesto a factores adversos, entre ellos, las heladas.

Este factor climático ha estado siendo un fenómeno recurrente presentándose en lugares donde no ocurrían, atribuible a los cambios climáticos, registrándose casos catastróficos que producen pérdidas irreversibles de los cultivos agrícolas, de acuerdo con Pearce (2001) las heladas afectan negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, limitan su distribución geográfica y disminuyen el rendimiento en todo el mundo. Además, están siendo cada vez más intensas y frecuentes, provocando daños directos sobre la producción no únicamente del frijol sino de diferentes cultivos (García *et al.*, 2017).

Los daños por heladas parciales o pérdidas totales tienen importancia económica sobre todo en plantas susceptibles como el frijol que tiene una temperatura óptima de crecimiento de 16-21 °C dándose el máximo a los 27 °C y el mínimo a los 10 °C (Nadal *et al.*, 2004). Su fisiología normal se mantiene bajo condiciones ambientales ideales; sin embargo, cuando la temperatura desciende por debajo de los grados mínimos que soporta es afectado considerablemente.

De igual manera, el frijol tiene diferentes grados de tolerancia al estrés por frío, de acuerdo con la fase fenológica, donde la reproductiva es más sensible que la vegetativa, este hecho se ha detectado de manera evidente en el cultivo de haba donde se ha reportado suficiente tolerancia en la fase vegetativa pero no en la reproductiva (Alharbi y Adhikari, 2020). De manera particular, en la fase vegetativa las bajas temperatura afectan el crecimiento de las plantas y en la reproductiva principalmente a los órganos reproductivos. De tal manera que las heladas causan daño en todas las etapas de crecimiento y la magnitud depende de la severidad de las heladas, el tiempo de exposición, la frecuencia de heladas, la sensibilidad del cultivo y la etapa de crecimiento de la planta (Hawthorne, 2007).

En relación con los mecanismos que evitan daños irreversibles en las plantas se tiene la evitación y tolerancia a la congelación. El primero retrasa la formación de hielo intercelular y evita la propagación que ya se ha formado, mientras que el segundo permite tolerar la formación de hielo en el apoplasto (Wisniewski *et al.*, 2014). El mecanismo de tolerancia a la congelación permite a las plantas la supervivencia a la temperatura de congelación, en este caso, la planta puede soportar la formación de hielo en sus espacios extracelulares, mientras que el agua intracelular migra al hielo extracelular para deshidratar las células sin causar daño celular irreversible (Hoermiller *et al.*, 2018).

Entre las alternativas de protección de cultivos susceptibles al estrés por frío se encuentran la búsqueda de resistencia genética, manejo agronómico y la utilización de productos con potencial anticongelante. Este último es el más práctico y fácil de adoptar, de acuerdo con su mecanismo de acción, se tienen productos para evitar la congelación, productos que brindan tolerancia a la congelación y productos que actúan con ambos mecanismos (Román-Figueroa *et al.*, 2021)

Los productos que actualmente se tienen en el mercado contienen diferentes formulaciones, mostrando la búsqueda de mayor efectividad por esta vía. De acuerdo con Román-Figueroa *et al.* (2021) hace falta mayor soporte científico en su elaboración y en los estudios de sus efectos directamente en los cultivos. Con la finalidad de encontrar productos con potencial anticongelante en frijol se realizó la investigación sobre el efecto de las heladas en las distintas etapas vegetativas de desarrollo del frijol, en el vástago, así mismo identificar el producto o la combinación de los productos con mayor protección contra las heladas.

El trabajo se llevó a cabo en el invernadero del *Campus* Puebla del Colegio de Postgraduados durante 2018, utilizando la variedad Negrito CP. La siembra se realizó en vasos de unicelel con capacidad de un litro, colocando la semilla de frijol a 2.5 cm de profundidad. La fertilización se realizó el mismo día de la siembra con la dosis 40-40-00, utilizando como fuentes nitrato de

amonio y súper fosfato de calcio triple para nitrógeno y fósforo respectivamente. La identificación de cada una de las etapas fenológicas vegetativas (V) estudiadas se basó en las características mencionadas por Escalante y Kohashi (1993), las cuales fueron de la V1 a la V4.

En la V4, se obtuvo un muestreo al inicio y al final. Las soluciones utilizadas fueron Anticongelante (protector térmico) del grupo Ibarquím[®] aplicado en dosis de 10 ml L⁻¹ de agua, aminoácidos aminocel 500 de Cosmocel[®] en cantidad de 1.5 g L⁻¹ de agua y la mezcla de ambos en la misma dosis empleada de manera individual. Se generaron los siguientes tratamientos: lombricomposta 50% (Lom), aminoácidos (Am), lombricomposta 50%+aminoácidos (L+Am), aminoácidos + anticongelantes (Am+An), lombricomposta 50% + aminoácidos + anticongelantes (L+Am+An), anticongelante (An), lombricomposta 50% + anticongelante (L+An) y suelo agrícola (Sa).

Las aplicaciones de los productos se realizaron en el momento que las plantas alcanzaron la etapa vegetativa deseada (V1, V2, V3 y V4), fueron dos aplicaciones a intervalo de 48 h, con excepción de la etapa V1 que solo tuvo una aplicación. Las heladas fueron simuladas en un congelador marca Torrey modelo CV16B 1276. De cada tratamiento se expusieron tres plantas por etapa a 0 °C durante 1.5 h, antes de meterlas al congelador fueron rociadas con agua potable utilizando un atomizador manual. Las plantas se distribuyeron al azar dentro del congelador.

Las plantas en las etapas V2, V3 y V4 se introdujeron al congelador 96 h después de la aplicación de los productos y las plantas en la etapa V1 después de 48 h. Pasado 24 h de la helada simulada, se evaluó el daño producido en el vástago de las plantas mediante una escala del 0 (ningún daño) al 100 (totalmente dañada o muerta), pudiendo tomar cualquier porcentaje dentro de la escala dependiendo del daño producido por la helada.

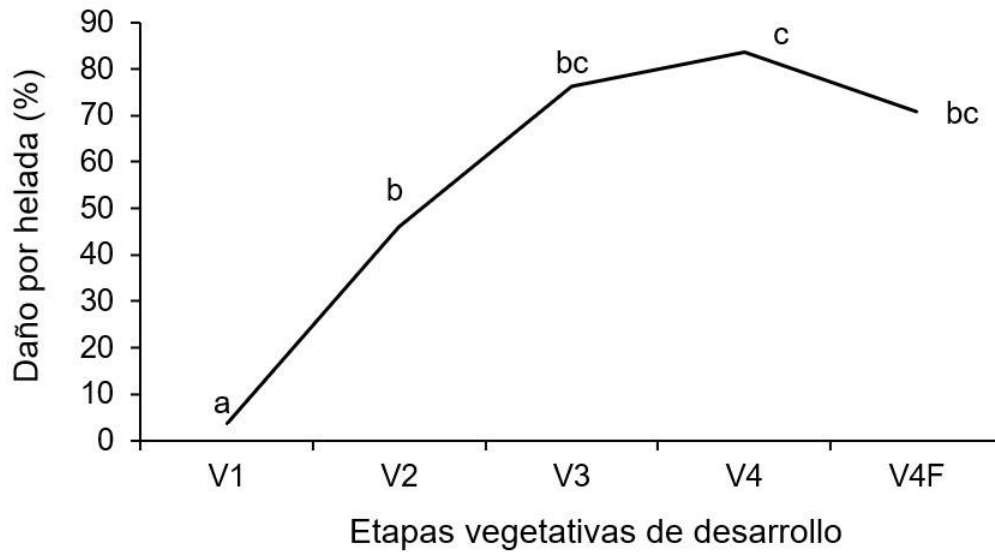
Se realizó un análisis de varianza para detectar diferencias estadísticas entre tratamientos y la prueba de separación de medias Tukey ($\# = 0.05$) con el objeto de detectar los mejores tratamientos para el daño contra heladas. En ambos análisis se utilizó el paquete estadístico SAS ver. 9 para Windows.

El análisis de varianza presentó diferencia altamente significativa para el daño por helada ocasionado en las plántulas de frijol entre etapas, tratamientos y la interacción entre ambos. La etapa de desarrollo de la plántula influyó en la susceptibilidad al daño por helada y al menos un tratamiento protegió con mayor grado a las plántulas, lo cual propició un efecto positivo al interaccionar ambos factores. En las hojas de cada planta, las láminas foliares recibieron el impacto directo de la helada, mientras que los peciolo presentaron menor daño, debido a que las láminas foliares le brindaron protección ante la helada, lo cual coincide con lo mencionado por Restrepo *et al.* (2013) señalaron que en plantas de maíz las membranas celulares de las hojas son el principal componente estructural afectado durante las épocas de heladas.

Se observó que el daño durante el desarrollo vegetativo de las plantas aumentó de magnitud conforme avanzó a la fase reproductiva (Figura 1), el menor porcentaje en daño fue en las plantas de la etapa V1 y el mayor daño en la etapa V4. Elías *et al.* (2001) y Augspurger (2013) también han reportado que el daño por heladas depende de factores como el estado fenológico, madurez de los tejidos y la fertilización.



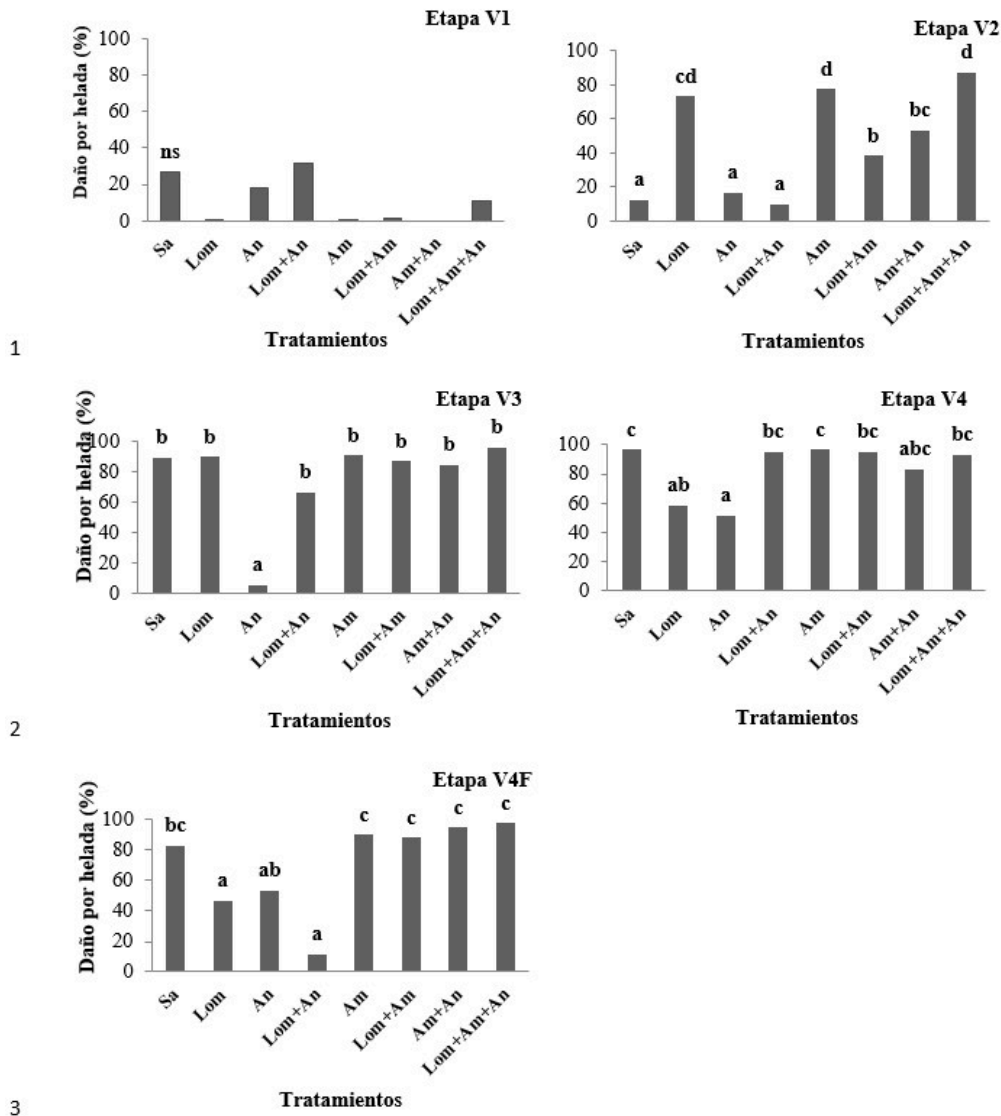
Figura 1. Porcentaje de daño en plantas 48 h después de la helada en las diferentes etapas vegetativas ($p \leq 0.05$). Letras iguales no son significativamente diferentes. V1=emergencia; V2= hojas primarias; V3= primera hoja trifoliada; V4= tercera hoja trifoliada; V4F= final de etapa V4.



El daño que presentaron las plantas después de la helada fue en magnitud diferente, directamente proporcional al avance del desarrollo vegetativo en las etapas V1, V2, V3 y V4. Dentro de cada etapa, los tratamientos probados, tuvieron un grado de protección distinto ante el daño causado por la helada. En la etapa V1 no se encontraron diferencias significativas en el efecto protector de los tratamientos (Figura 2). En la etapa V2 se detectaron diferencias estadísticas significativas, los tratamientos sobresalientes fueron Lom+An, Sa y An con menos de 20% de daño en las plantas.



Figura 2. Daño causado por la helada en las plantas de frijol después de la aplicación de los tratamientos ($p \leq 0.05$). Letras iguales no son significativamente diferentes. Sa= suelo agrícola; Lom= lombricomposta; Na= anticongelante; Lom+Na= lombricomposta+anticongelante; Am= aminoácido; Lom+Am= lombricomposta+aminoácidos; Am+Na= aminoácidos+anticongelantes; Lom+Am+Na= lombricomposta+aminoácidos+anticongelantes.



Los tratamientos con menor protección fueron Am y Lom+Am+An con alrededor del 80% de daño. En la etapa V3 el daño menor en las plantas se registró con la aplicación de An (5%), con los demás productos se cuantificaron daños mayores al 60%. En la etapa V4 el mejor tratamiento fue el An (51.6%) seguido de la Lom (58.3%). El resto de los tratamientos presentaron daños superiores al 80%. En la etapa V4F destacaron los tratamientos Lom+An (11.6%), Lom (46.6%) y An (53.3%). Los demás tratamientos permitieron daños arriba del 80%.

El daño ligero detectado en la etapa V1 se atribuye a que los productos como el An no se aplicaron en toda la plántula, debido a que solo se apreció el gancho plumular, por lo que, al meterlas al congelador a las 48 h, las primeras hojas estaban abriendo y quedaron expuestas

con poca protección de los productos. En la etapa V2 se detectó variación en el efecto de los tratamientos, en el caso del Sa los daños fueron similares al An y Lom+An, probablemente porque en esta etapa las plántulas tienen mayor resistencia a la helada como se observa en la (Figura 1), hecho que no ocurrió en las demás etapas.

Las combinaciones de aminoácidos con anticongelante no tuvieron efecto positivo, es probable que resulte antagónica la mezcla de estos dos productos; al respecto Arjona *et al.* (2004) detectó efectos adversos en el crecimiento de cebolla al aplicar al follaje y al suelo combinaciones de urea con aminoácidos y melaza con aminoácidos, lo cual provoca relaciones complejas entre los productos que afectan la respuesta fisiológica de las plantas. En tratamientos combinados, la acumulación de nutrientes es mayor por lo que el exceso de nitrógeno produce una deficiencia, no obstante, las plantas adquieren gran desarrollo, hojas color verde oscuro y retraso en su maduración, Fuentes (2002) menciona que estas características reflejan menor resistencia a la helada, la sequía y a las enfermedades.

La mejor protección de las plantas contra heladas provocada por el An se debe a que el producto está hecho para amortiguar los efectos dañinos del fenómeno, el cual impide la salida de agua debido a que está formulado para formar una fina capa cerosa biodegradable que actúa como barrera física entre la superficie vegetal y los cambios bruscos de temperatura (Grupo Ibarquim, 2023). En general, las plantas con An y Lom se vieron favorecidas en la tolerancia a las heladas porque el vástago fue protegido por el An y la raíz por la Lom al guardar mayor humedad, esto mantuvo los tejidos con agua y evitó la congelación total de la planta.

El contenido de agua en los tejidos ha sido reportado como un carácter de tolerancia a las heladas en trigo (Limin y Fowler, 1994), de manera general, las plantas sufren deshidratación, después de un tiempo se marchitan (Sánchez-Díaz y Aguirre-Olea, 2000), razón importante para mantener hidratadas las plantas ante la exposición a una helada.

El daño ocasionado en las hojas es evidente lo cual se relaciona con el trabajo llevado a cabo por Barrales *et al.* (2002) en el que, durante el fenómeno de enfriamiento o helada, los genotipos de maíz utilizados no presentaron diferencia en la tolerancia al frío, puesto que el follaje murió con heladas ligeras, mientras que la muerte del tallo ocurrió por heladas más intensas. En frijol se ve afectado por temperaturas bajas (sin que lleguen al nivel de helada, 0 °C).

Sin embargo, la sensibilidad a los daños está en función de la intensidad del fenómeno y la etapa de desarrollo de las plantas, debido a que las plantas mantienen diversas funciones fisiológicas en cada etapa de desarrollo que van de acuerdo a los cambios de temperatura, tal como menciona Rodríguez *et al.* (2018) quienes reportan que durante el invierno las hojas de árboles utilizan una alta proporción de hidratos de carbono para resistir bajas temperaturas, mientras que en primavera esta relación disminuye debido a que se destinan a los procesos relacionados con el crecimiento.

Conclusiones

Las heladas tuvieron un efecto diferente en las distintas etapas vegetativas de desarrollo del frijol, las más tolerantes fueron la V1 y V2. El efecto se observó directamente en las estructuras del vástago, donde las láminas de las hojas fueron las más dañadas, seguido de los peciolo y el tallo.

Con la aplicación de los productos las plantas tuvieron diferente grado de protección en cada una de las etapas, así, la aplicación de An vía foliar proporcionó mayor grado de amortiguamiento contra la helada a partir de la etapa V2, de igual forma ocurrió con la combinación Lom-An. En investigaciones futuras se debe trabajar con las etapas reproductivas, probar otros productos con diferentes dosis. Llevar la experimentación a las regiones con problemas de heladas con la participación de productores de frijol e instalar los trabajos en sus propios terrenos.

Bibliografía

- 1 Alharbi, N. H. and Adhikari, K. N. 2020. Factors of yield determination in faba bean (*Vicia faba*). *Crop Pasture Sci.* 71(4):305-321.
- 2 Arjona D. H.; Herrera, B. J. E.; Gómez, G. J. A. y Ospina, J. A. 2004. Evaluación de la aplicación de urea, melaza y aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. Grupo cepa) híbrido yellow granex, en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Agron. Colomb.* 22(2):177-184.
- 3 Augspurger, C. K. 2013. Reconstructing patterns of temperature, phenology, and frost damage over 124 years: spring damage risk is increasing. *Ecology.* 94(1):41-50.
- 4 Barrales, D. J. S.; Livera, M. M.; González, H. V. A.; Peña, V. C.; Kohashi, S. J. y Castillo, G. F. 2002. Relaciones térmicas en el sistema suelo-planta-atmósfera durante la incidencia del fenómeno de enfriamiento o helada. *Rev. Fitotec.* 25(3):289-297.
- 5 Bhat, K. A.; Mahajan, R.; Pakhtoon, M. M.; Urwat, U.; Bashir, Z.; Shah, A. A.; Agrawal, A.; Bhat, B.; Sofi, P. A.; Masi, A. and Zargar, S. M. 2022. Low temperatura stress tolerance: An insight into the omics approaches for legume crops. *Frontiers Plant Sci.* 13:1-18.
- 6 Cámara, C. R. S.; Urrea, C. A. and Schlegel, V. 2013. Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a functional food: Implications on human health. *Agriculture.* 3(1):90-111.
- 7 Elías, C. F. y Castellvín, F. S. 2001. Heladas y protección contra heladas. *Agrometeorología.* 221-238 pp.
- 8 Escalante, E. J. A. y Kohashi, S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 15-20 pp.
- 9 Fuentes, Y. J. L. 2002. La materia orgánica del suelo. Manual práctico sobre utilización de suelo u fertilizantes. 2ª Ed. Mundi-Prensa. 51-53 pp.
- 10 García, F. W.; Delfín, S. M. and Azero, A. M. 2017. Escenarios de cambio climático y sistematización de tecnologías campesinas e innovaciones tecnológicas contra las heladas. *Acta Nova.* 8(2):186-204.
- 11 Grupo Ibarquim S. A. de C. V. 2023. Hoja Técnica y de Seguridad Anticongelante Protector Térmico. Licencia Sanitaria 94-056. <https://Ibarquim.com.mx/wp-content/uploads/2021/08/Anticongelante.pdf>.
- 12 Hawthorne, W. 2007. Managing pulses to minimize frost damage. *Australian pulse Bulletin.* *Pulse Australian.* (1):1-4. www.pulseaus.com.au.
- 13 Hoermiller, I. I.; Ruschhaupt, M. and Heyer, A. G. 2018. Mechanisms of frost resistance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta.* 248(4):827-835.
- 14 Limin, A. E. and Fowler, D. B. 1994. Relationship between guard cell length and cold hardiness en wheat. *Can. J. Plant Sci.* 74(1):59-62.
- 15 Nadal, S. M.; Moreno, Y. M. T. y Cubero, S. J. I. 2004. Las leguminosas grano en la agricultura moderna. Madrid: Ed. Mundi-Prensa. 151-170 pp.
- 16 Pearce, R. S. 2001. Plant freezing and damage. *Ann. Bot.* 87(4):417-424.
- 17 Restrepo, H.; Gómez M. I.; Garzón, A.; Manrique, L.; Alzate, F.; López, J. and Rodríguez, A. 2013. Respuesta bioquímica de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes condiciones de temperaturas nocturnas. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 7(2):252-262.
- 18 Rodríguez, A.; Benítez, P. E. and Muñoz, A. 2018. Tolerancia a las heladas por superenfriamiento en cultivares de nogal (*Juglans regia*) y almendro (*Prunus amygdalus*). *RIA. Rev. Investigaciones Agropecuarias.* 44(1):101-110.

- 19 Román#Figuroa, C.; Bravo, L.; Paneque, M.; Navia, R. and Cea, M. 2021. Chemical products for crop protection against freezing stress: a review. *J. Agron. Crop Sci.* 207(3):391-403.
- 20 Sánchez-Díaz, M. y Aguirreolea, J. 2000. Transporte de agua y balance hídrico en la planta. *In: fundamentos de fisiología vegetal.* J. Azcon, B. y Talón, M. Ed. Mc Graw-Hill. Barcelona, España. 45-64 pp.
- 21 Wisniewski, M.; Gusta, L. and Neuner, G. 2014. Adaptive mechanisms of freeze avoidance in plants: a brief update. *Environ. Exp. Bot.* 99:133-140.



Protección contra heladas mediante anticongelante, aminoácidos y lombricomposta en etapas fenológicas de frijol

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 June 2023
Date accepted: 01 August 2023
Publication date: 03 October 2023
Publication date: August 2023
Volume: 14
Issue: 29 Suppl Especial
Electronic Location Identifier: e3543
DOI: 10.29312/remexca.v14i29.3543

Categories

Subject: Nota de investigación

Palabras clave:

Palabras clave:

Phaseolus vulgaris L.

estrés

fenología.

Counts

Figures: 2

Tables: 0

Equations: 0

References: 21

Pages: 0