

Obtención de plántulas a partir de diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de arveja

<https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.11944>

Marilcen Jaime-Guerrero 

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Uptc - Sede Tunja - Colombia

Javier Giovanni Álvarez-Herrera 

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Uptc - Sede Tunja - Colombia

Dilson Sebastián Torres-Piña 

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Uptc - Sede Tunja - Colombia

Resumen

El cultivo de arveja es importante para la economía local en la agricultura campesina. Sin embargo, el proceso de obtención de plántulas presenta baja uniformidad tanto en la germinación como en el tamaño, lo que dificulta la programación de las labores de cultivo en la producción. Se evaluó el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos como la refrigeración, cobertura y diferentes concentraciones de gibberelinas en la germinación y obtención de plántulas de arveja. Se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizados, cuyo criterio de clasificación fue la cobertura de la bandeja de germinación (con o sin cubierta plástica negra calibre 2). Cada bloque contó con cuatro tratamientos, los cuales son la combinación de dos factores, temperatura de almacenamiento de las semillas (con dos niveles 4 o 16 °C previo a la siembra) y gibberelinas (0 o 100 mg.L⁻¹). La utilización de cobertura plástica negra sobre la bandeja de germinación y la inmersión de las semillas previo a la siembra en 100 mg.L⁻¹ mostraron el porcentaje de germinación, potencial de germinación y tiempo medio de germinación (TMG) en semillas de arveja var. Santa Isabel. La refrigeración de las semillas a 4 °C previo a la siembra aumentó el porcentaje de germinación y redujo el TMG. La cubierta plástica, la refrigeración a 4°C y la inmersión en 100 mg.L⁻¹ de gibberelinas aumentó la masa fresca y seca de tallos, y la altura de las plántulas, no obstante, la refrigeración a 4 °C, sin gibberelinas, y sin cubierta, generó los mayores valores de masa seca y fresca de raíces y hojas.

Palabras clave

Cobertura plástica; estratificación de semillas; gibberelinas; leguminosa; germinación.

Registro

Artículo de investigación

Recibido: 30/08/2024

Aceptado: 05/11/2024

Publicado: 25/01/2025

Obtaining seedlings from different pregermination treatments in pea seeds

Abstract

Pea cultivation is important for the local economy in peasant agriculture. However, the process of obtaining seedlings presents low uniformity in germination and size, making it difficult to schedule cultivation tasks in production. The effect of different pregermination treatments such as refrigeration, cover, and different concentrations of gibberellins on germination and the establishment of pea seedlings was evaluated. A completely randomized block design was used, whose classification criterion was the coverage of the germination tray (with or without a black plastic cover caliber 2). Each block had four treatments, which combined two factors, seed storage temperature (with two levels, 4 or 16 °C before sowing) and gibberellins (0 or 100 mg.L⁻¹). The use of black plastic cover on the germination tray and the immersion of the seeds before sowing in 100 mg.L⁻¹ showed the germination percentage, germination potential, and mean germination time (MGT) in pea seeds var. Santa Isabel. Refrigeration of the seeds at 4 °C before sowing increased the germination percentage and reduced the MGT. The plastic cover, refrigeration at 4 °C and immersion in 100 mg.L⁻¹ of gibberellins increased the fresh and dry mass of stems, and the height of the seedlings, however, refrigeration at 4 °C, without gibberellins, and cover, generated the highest values of dry and fresh mass of roots and leaves.

Keywords

Plastic cover; seed stratification; gibberellins; legume; germination.

License



Cómo citar este artículo

JAIME-GUERRERO, Marilcen; ÁLVAREZ-HERRERA, Javier Giovanni; TORRES-PIÑA, Dilson Sebastián. Obtención de plántulas a partir de diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de arveja. En: Entramado. Enero - junio, 2025. vol. 21, no. 1 e-11944 p. 1-12. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.11944>

1. Introducción

El cultivo de arveja contribuye significativamente a la estabilidad económica de pequeños y medianos productores ([Pathania, Sharma, Thakur y Bhanwal, 2024](#)), y es valorado principalmente por sus propiedades nutricionales, ya que contiene entre 21% y 25% de proteínas, con altas concentraciones de lisina y triptófano ([Pratap, Sharma, Kumar, Shukla y Kumar, 2024](#)). La arveja se siembra en zonas tropicales y se adapta bien a climas fríos, con temperaturas promedio de 10 a 18°C, lo que permite su crecimiento y desarrollo óptimo. A nivel mundial, la arveja es considerada la cuarta leguminosa más cultivada, con una producción de 14.2 millones de toneladas de arvejas secas y 21.7 millones de toneladas de arvejas frescas ([Devi et al., 2023](#)).

Sin embargo, el cultivo enfrenta grandes desafíos, como el aumento en los costos de producción y un rendimiento irregular que aunado al aumento de la variabilidad climática, afectan procesos fisiológicos, como la fotosíntesis, la transpiración, la respiración y la acumulación de biomasa, lo que conduce a la reducción del rendimiento del grano y la germinación ([Devi et al., 2023](#)). Esto a su vez requiere de un proceso de germinación eficiente con el fin de obtener plantas sanas, uniformes y vigorosas para el trasplante ([García, Arif, Zhao, Zhao, Ming, Li y Huang, 2021](#)).

Al respecto, es sabido, que la preparación de semillas previo a la siembra es una técnica ampliamente utilizada para mejorar el rendimiento, especialmente la tasa y uniformidad de germinación, lo que permite un mejor establecimiento del cultivo ([Singh, Lal, Bala y Mishra, 2017](#)). Las semillas sometidas a diferentes temperaturas durante un período predeterminado, activan mecanismos fisiológicos, que se encargan de mejorar la germinación y el crecimiento de las plantas al reducir la termoinhibición, y puede contribuir a inducir la tolerancia de las plantas en regiones con cambios bruscos de temperatura ([García et al., 2021](#)). Estas técnicas también afectan el estado hídrico de la planta, la regulación de fitohormonas, la reprogramación de la expresión genética e inducen el metabolismo enzimático ([Marthandan, Geetha, Kumutha, Renganathan, Karthikeyan y Ramalingam, 2020](#)), que protege a las membranas celulares contra los efectos nocivos de las especies reactivas de oxígeno (ROS) y mitiga los factores estresantes, lo cual favorece la germinación de las semillas y la obtención de plántulas vigorosas para la producción ([Li, Niu, Zheng y Wang, 2022](#)).

Las giberelinas (GA) desempeñan un papel importante en la germinación a través de la síntesis de enzimas necesarias que ayudan a romper la latencia de las semillas, así mismo, estimulan el alargamiento de las raíces, las hojas y los tallos ([Carrera-Castaño, Calleja-Cabrera, Pernas, Gómez y Oñate-Sánchez, 2020](#)). Al respecto, [Tsegay y Andargie \(2018\)](#) encontraron que la inmersión de semillas de arveja en GA₃ durante 12 h mejoró significativamente el porcentaje de germinación, redujo el tiempo medio de germinación, aumentó la longitud de brotes y raíces, y la masa del cultivo, similar a lo encontrado por [Attia \(2022\)](#), quienes evaluaron semillas de arveja con GA₃ en ambientes estresados por salinidad.

Las tecnologías de preparación de semillas están surgiendo como un método potencial y prometedor para aumentar eficientemente la producción de cultivos por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue establecer el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos como la refrigeración, cobertura y diferentes concentraciones de giberelinas sobre los parámetros germinativos de semillas de arveja variedad Santa Isabel.

2. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en un ambiente protegido por una cubierta plástica, el cual tuvo una temperatura interior promedio durante la investigación de 22°C y tiene una altitud de 2700 m con coordenadas 5,55° Norte y 73,36 Oeste.

Se utilizaron semillas de arveja variedad 'Santa Isabel' (Distribuciones Semillas LERL Ltda., Colombia), las cuales fueron sembradas en bandejas de germinación A-BA72 (A y P de Colombia, Colombia) de 72 alvéolos. Se usó como sustrato turba rubia (80%) y turba parda (20%) de referencia NPK PS 8020 XL (Projar Group, Spain), la cual tiene pH 5,5. Con el fin de mantener el contenido de humedad y favorecer la germinación, se aplicó riego diariamente. Se utilizó la giberelina del producto ProGibb® 10 SP (Valen BioSciences, IL, USA), para los tratamientos.

Se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizados, con estructura de tratamientos factoriales. Se manejaron dos bloques cuyo criterio de clasificación fue la cobertura de la bandeja de germinación (con o sin cubierta plástica negra calibre 2). Cada bloque contó con cuatro tratamientos, los cuales son la combinación de dos factores, temperatura de almacenamiento de las semillas (con dos niveles 4 o 16 °C previo a la siembra) y giberelinas (0 o 100 mg.L⁻¹) los cuales se aprecian en la [Tabla 1](#). En total cada bloque tuvo tres repeticiones, que conformaron 24 unidades experimentales (UE), y cada UE tuvo 36 semillas, para un total de 864 semillas sembradas.

Tabla 1.

Tratamientos pregerminativos en semillas de arveja

Bloque	Temperatura de almacenamiento de la semilla previo a la siembra (°C)	Giberelinas (mg.L ⁻¹)
1 Con cubierta plástica negra	4	0
	4	100
	16	0
	16	100
2 Sin cubierta plástica negra	4	0
	4	100
	16	0
	16	100

Fuente: Elaboración propia

Antes de la siembra se refrigeraron las semillas a 4°C en una nevera para luego ser embebidas en concentración de 100 mg.L⁻¹, a partir de los cinco días después de la siembra (dds), las semillas emergieron y se comenzaron a evaluar las siguientes variables cada dos días: porcentaje de germinación (PG), potencial de germinación, tiempo medio de germinación (TMG), velocidad media de germinación (VMG) ([Tabla 2](#)) y altura de las plántulas por medio de un flexómetro.

A los 19 dds cuando las plántulas estaban listas para ser trasplantadas, se midió la masa fresca y seca total y por órganos (semilla germinada, raíz, tallos, hojas y estípula), en una Balanza digital Acculab VIC 612 (Sartorius Group, Alemania). Las masas secas se midieron después de colocar las diferentes partes de las plántulas en una estufa de secado Memmert UN110 a 70 °C durante 48 h (Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Alemania). También se determinó el coeficiente de variación de la altura de la plántula (CVAP) expresado en porcentaje ([Tabla 2](#)) y el índice de vigor (VI).

Se realizó un análisis de varianza entre bloques, tratamientos y entre las interacciones de los factores que conforman los tratamientos, así mismo, para cada comparación se realizó una prueba de Tukey ($P<0.05$) con el fin de clasificar los niveles de los diferentes factores mediante el programa SAS OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Tabla 2.

Ecuaciones empleadas para las variables de germinación

Parámetro	Ecuación	Unidad
Porcentaje de germinación	$PG = \left(\frac{N_s}{N} \right) * 100$	%
Potencial de germinación	$PotG = \left(\frac{N_{max}}{N} \right) * 100$	%
Tiempo medio de germinación	$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum n_i}$	Días a germinación
Velocidad media de germinación	$VMG = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$	Semillas germinadas por día
Índice de vigor	$IV = \frac{PG(\%) * A(cm)}{100}$	---
Coeficiente de variación de la altura de la plántula	$CVAP = \left(1 - \frac{Sd}{\mu} \right) * 100$	%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: N_s : número de semillas germinadas; N : número total de semillas sembradas; N_{max} : número máximo de semillas germinadas en un día; n_i : número de semillas germinadas en el i -ésimo día; t_i : tiempo en días, para la germinación en el i -ésimo día; A : altura final de la plántula; Sd : desviación estándar de los datos de altura de las plántulas por UE. μ : promedio de los datos de altura de cada UE.

3. Resultados y Discusión

Porcentaje de germinación (PG)

El PG mostró diferencias significativas entre bloques (cubiertas) a partir de los ocho días después de siembra (dds), en donde los niveles de cada factor, con cubierta, dosis de 100 mg.L^{-1} y temperatura de 16°C presentaron los mejores PG superando en un 89%, 36% y 29,2%, a los demás niveles de los factores, respectivamente (Figura 1). Similar a lo reportado por [Niño-Hernández, Moreno, Ruiz-Berrío, Balaguera-López, y Magnitskiy \(2020\)](#) quienes obtuvieron mayor PG en tratamientos bajo oscuridad (56,75%), y dosis de giberelinas de 800 y 400 mg.L^{-1} en las semillas de *Amaranthus hybridus*. Asimismo, [Li y Yang \(2020\)](#) encontraron que, en semillas de arroz bajo la aplicación de GA, se aumentó significativamente la germinación. Esto se da porque las GA son necesarias para el rompimiento de la latencia, además de producir mananasa, enzima fundamental para la germinación de las semillas ([Miransari y Smith, 2014](#)).

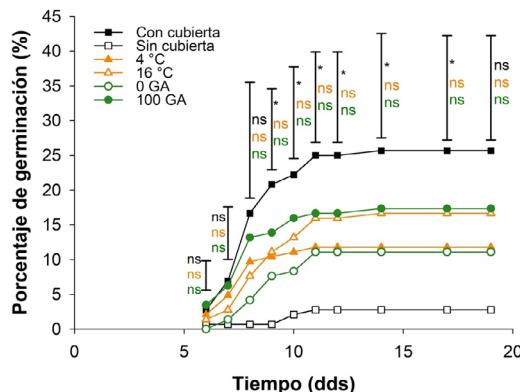


Figura 1. Porcentaje de germinación de plántulas de arveja obtenidas a partir de semillas sometidas a diferentes tratamientos de giberelinas (mg.L^{-1}), temperatura y coberturas. dds: días después de la siembra; ns: no significativo; * indica diferencias significativas entre niveles del factor de acuerdo al color, según el Anava ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican la diferencia mínima significativa entre niveles de cada factor, según Tukey ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

Potencial de germinación (PotG)

El PotG solo presentó diferencias significativas entre bloques, en donde los tratamientos con cubierta mostraron mayores valores (11,8%) que los tratamientos sin cubierta plástica (2,08%), lo anterior significa que con cobertura plástica 12 semillas de las 100 sembradas germinan el día de mayor germinación, mientras que solo 2 germinan en los tratamientos sin cobertura plástica ([Figura 2A](#)). Estos valores son inferiores a los 8,85% y 15,8% obtenidos por [Querghi, Abdi, Maazaoui, Hmissi, Bouraoui y Sifi \(2016\)](#) y [Jaime-Guerrero, Álvarez-Herrera y Camacho-Tamayo \(2023\)](#), respectivamente. Es de anotar que conforme menor es el PotG, mayor es la distribución de la germinación en el tiempo, mientras que, si el PotG es muy alto, implica que todas las semillas germinarán en un lapso de tiempo muy corto, lo que facilitará una germinación homogénea, labores de trasplante y la obtención de material uniforme. Al respecto, es sabido que la cobertura plástica desempeña un papel importante en la conservación de la humedad en el sustrato ([Balaguera, Álvarez y Cárdenas, 2010](#)), lo que favorece la germinación de la semilla frente a altas temperaturas exteriores.

Tiempo medio de germinación (TMG)

No hubo diferencias significativas en el TMG para los bloques, tratamientos, ni interacciones, sin embargo, el factor que mejor respuesta obtuvo fue la aplicación de GA en dosis de 100 mg.L⁻¹, con un valor de 5,9 días frente a los demás factores ([Figura 2B](#)). En trabajos similares [Darrudi, Hassandokht y Nazeri \(2015\)](#) investigaron con semillas de *Rheum khorasanicum*, donde la aplicación de GA y temperatura de refrigeración aumentó la germinación y redujo el TMG (9,6 días), ya que la estratificación juega un papel importante para estimular la latencia de la semilla ([Miransari y Smith, 2014](#)).

Velocidad media de germinación (VMG)

No hubo diferencias significativas para la VMG entre, bloques, tratamientos e interacción de factores, sin embargo, los niveles de los factores con cubierta, temperatura de 14°C y 100 mg.L⁻¹ registraron mayor VMG superando en un 90%, 44,1% y 19,2% con respecto a los demás factores ([Figura 2C](#)). En este sentido, [Fraile-Robayo, Álvarez-Herrera y Deaquiz-Oyola \(2012\)](#) con la aplicación de 400 mg.L⁻¹ de GA obtuvieron una VMG de 0,74 semillas/día. Esto se da porque las giberelinas estimulan la síntesis y producción de hidrolasas, especialmente α-amilasa, lo que resulta en la aceleración de la germinación de las semillas ([Miransari y Smith, 2014](#)) ([Figura 2C](#)).

Índice de vigor (IV)

Los bloques, tratamientos e interacción entre factores no alteraron significativamente el IV, aun así, los niveles de los factores que menor IV mostraron fueron, sin cubierta, temperatura 16°C y sin aplicación de GA con valores de 0,12, 0,84 y 0,54 con respecto a los 1,62, 1,19 y 0,90 mostrados con cubierta, a 4°C y con 100 mg.L⁻¹ de GA, respectivamente, datos que son inferiores a lo reportado por [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) de 3,46 y 10,71 para el tratamiento control y la aplicación de 200 mg.L⁻¹ de GA, así mismo, [Chauhan et al. \(2019\)](#) en semillas de avena encontraron un mayor IV ([Figura 2D](#)) con la aplicación de 150 mg.L⁻¹ de GA.

Altura de la plántula (AP)

La altura de las plántulas al inicio del crecimiento no presentó diferencias estadísticas, mientras que, a partir de los 9 dds se observan diferencias significativas entre los distintos factores, en donde la cobertura plástica de las semillas previo a la germinación generó mayor AP, frente al control, del mismo modo, a los 19 dds, la dosis de 100 mg.L⁻¹ de GA fue superior en un 34,7% en la AP, respecto al testigo ([Figura 3A](#)). Este comportamiento coincide con lo encontrado por [Mahadi, Nulit, Mohtar, Ibrahim y Ghani \(2020\)](#), en el que la aplicación de GA en semillas de arroz mejoró el alargamiento de los brotes y provocó que la hoja fuera más larga. De igual forma [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) mostró que el efecto de GA en dosis de 100 a 1000 mg.L⁻¹ indujo plantas más largas con alturas de 17,1 y 12 cm en promedio.

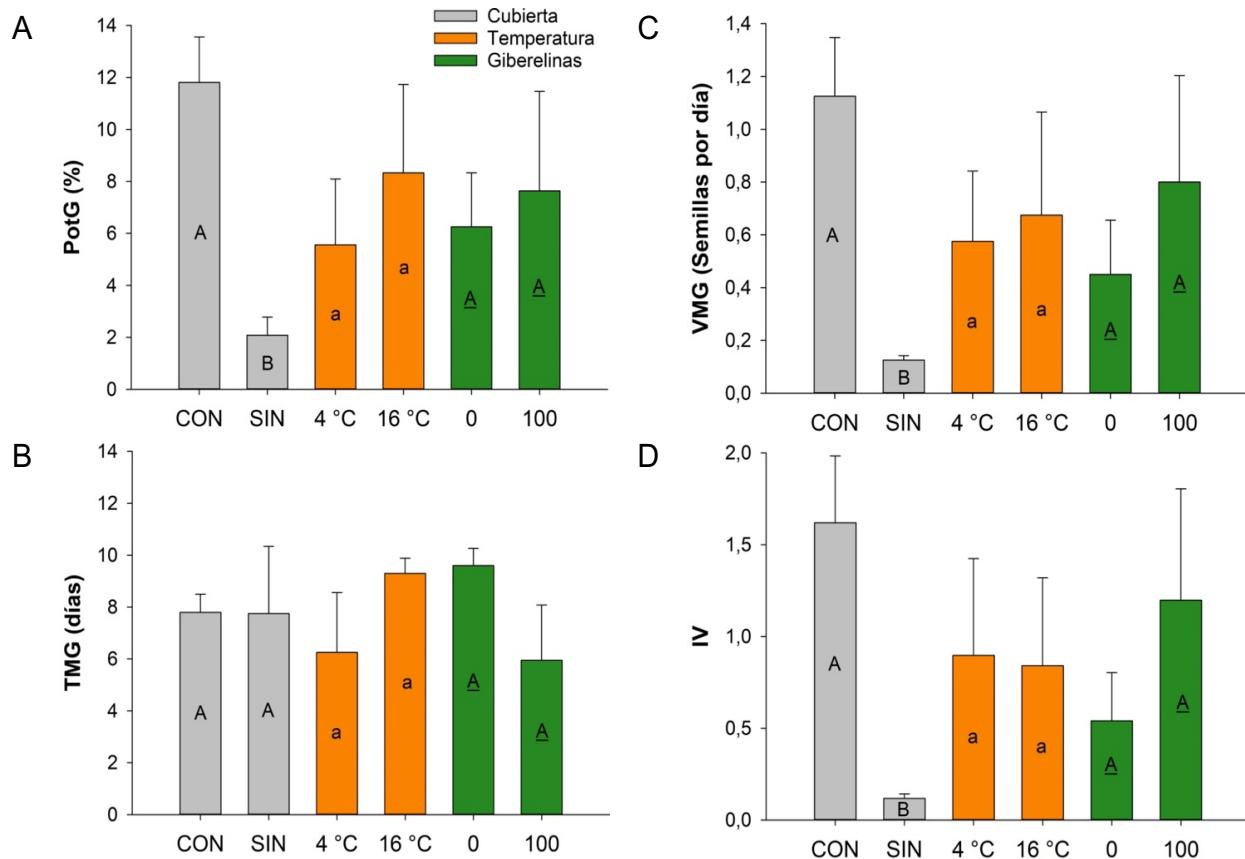


Figura 2. A) Potencial de germinación (PotG), B) tiempo medio de germinación (TMG), C) velocidad media de germinación (VMG), y D) índice de vigor (VI) de semillas de arveja sometidas a diferentes tratamientos de giberelinas (mg.L^{-1}), temperatura y coberturas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($P \leq 0,05$).

Las barras verticales indican el error estándar ($n= 108$).

Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente de variación de la altura de plántula (CVAP)

Solo se presentaron diferencias significativas entre bloques para las mediciones realizadas entre los 8 y los 19 dds, mientras que para las primeras tres mediciones no hubo diferencias estadísticas en ninguno de los factores ni interacciones evaluadas. En la [Figura 3B](#), se puede apreciar que la aplicación de 100 mg.L^{-1} de GA aumenta el CVAP, lo que implica que las GA tienen un efecto diferencial dentro del mismo tratamiento en la elongación de los entrenudos de las plántulas. Del mismo modo, cuando las semillas fueron cubiertas, se presentó mayor CVAP, que cuando no se cubrieron, no obstante, esta diferencia es atribuida a que el porcentaje de germinación fue menor en este tratamiento debido a que las condiciones de temperatura deshidrataron en gran medida el sustrato. Por otro lado, la temperatura de almacenamiento de la semilla previo a la siembra no tuvo efecto en la variación de la altura de las plántulas. Al respecto, [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) mencionan que conforme avanza el tiempo de germinación, la uniformidad en la AP de arveja se va homogenizando, lo cual es similar a lo observado en el presente estudio.

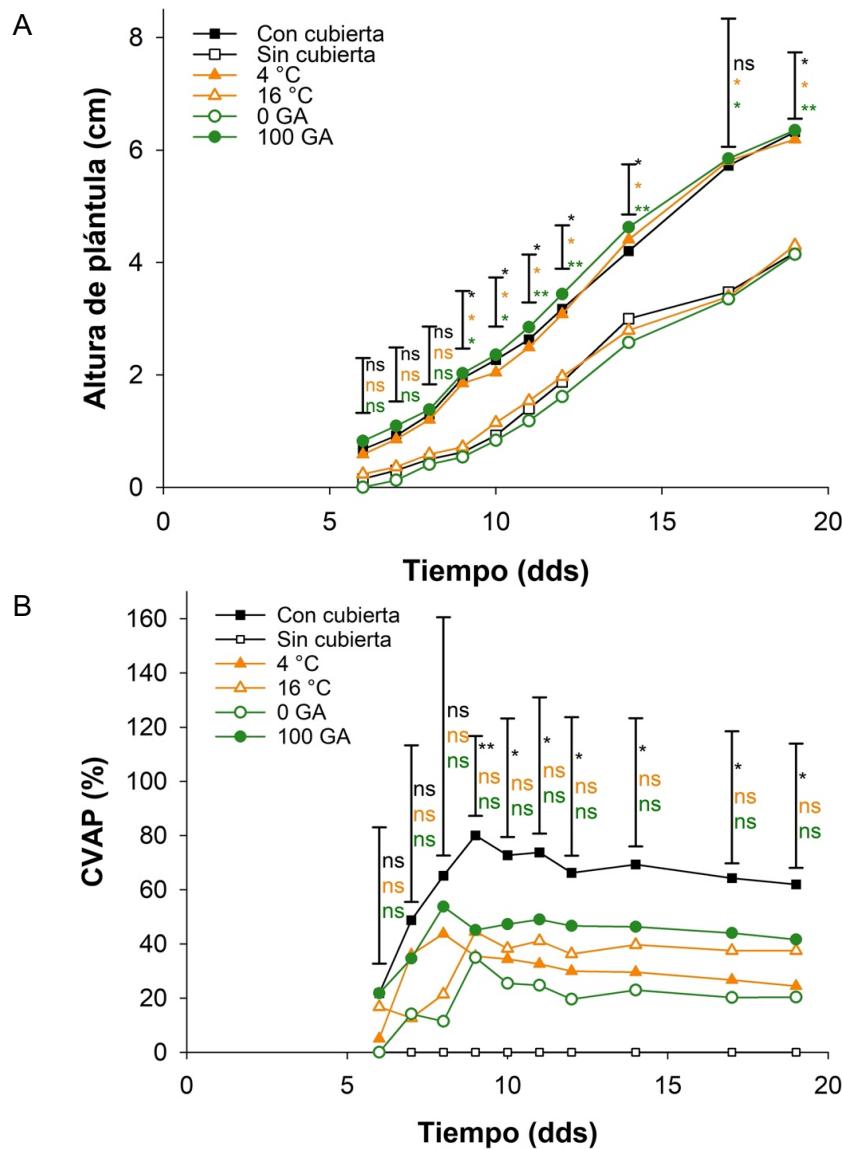


Figura 3. A) Altura de plántula y B) coeficiente de variación de altura de plántulas (CVAP) de arveja obtenidas a partir de semillas sometidas a diferentes tratamientos de giberelinas (mg.L^{-1}), temperatura y coberturas. dds: días después de la siembra; ns: no significativo; * indica diferencias significativas entre niveles del factor de acuerdo al color, según el Anava ($P \leq 0,05$).

Las barras verticales indican la diferencia mínima significativa entre niveles de cada factor, según Tukey ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

Masa fresca de raíz (MFR) y masa seca de raíz (MSR)

La MFR y la MSR de las plántulas de arveja no presentaron diferencias significativas entre bloques, tratamientos, ni interacciones de los factores, sin embargo, para MFR, los niveles de los factores sin cobertura, temperatura 4°C y giberelinas 100 mg.L^{-1} , con respecto a los demás tratamientos mostraron los valores más altos ([Tabla 3](#)). Los valores obtenidos fueron inferiores a los reportados en arveja por [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#), quienes obtuvieron valores de 0,63 y 0,75 g, con y sin GA, respectivamente.

Para la MSR, el factor cobertura tuvo un mayor efecto que el factor giberelinas, debido a que sin cobertura plástica se generó mayor MSR, mientras que con la aplicación de GA (100 mg.L⁻¹), la MSR disminuyó ([Tabla 3](#)), lo que indica que el efecto de la cobertura tiene mayor incidencia que el de la aplicación de GA en la obtención de MSR en las plántulas de arveja. No obstante, [Fraile-Robayo et al. \(2012\)](#) reportan para plántulas de tomate valores de MSR para el control y la aplicación de GA, de 0,010 y 0,044 g, respectivamente, lo cual resalta el efecto de la aplicación de GA, ya que favorecen la promoción del crecimiento en las raíces, debido a que acortan el ciclo de división celular, induciendo la síntesis de diferentes ácidos ([Kalra y Bhatla, 2018](#)).

Masa fresca del tallo (MFTA) y Masa seca del tallo (MSTA)

Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (interacción) y entre dosis de giberelinas, no obstante, no hubo diferencias estadísticas entre bloques (cubierta) y entre temperatura de almacenamiento de la semilla previo a la siembra para la MFTA. Para la MSTA se presentaron diferencias entre las interacciones de los factores, así como también entre los factores por separado, cubierta, temperatura y giberelinas. En la [Tabla 3](#) se observa que, los niveles, con cubierta, a 4°C y con 100 mg.L⁻¹ generaron los mayores valores de MFTA y MSTA. Lo anterior es similar a lo reportado por [Chauhan et al. \(2019\)](#) quienes encontraron los mayores valores de MFTA en arveja con la aplicación de 150 mg.L⁻¹ de GA, no obstante, [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) reportan que las dosis de 400 y 600 mg.L⁻¹ de GA mostraron los mayores valores de MFTA y MSTA, respectivamente. Esto es posible ya que el incremento de osmolitos genera que la planta produzca mayor contenido de fotoasimilados, lo cual es acorde a [Fraile-Robayo et al. \(2012\)](#) quienes encontraron valores más altos de MFTA con aplicaciones de 400 mg.L⁻¹ de GA frente al testigo. Así mismo, [Chauhan et al. \(2019\)](#) informaron que la aplicación de 150 mg.L⁻¹ de GA₃ aumentó significativamente la longitud del brote y raíz, en plantas de avena.

Masa fresca de hojas (MFHO) y Masa seca de hojas (MSHO)

La MFHO no tuvo diferencias estadísticas entre bloques, tratamientos, ni interacciones, no obstante, los niveles de los factores que mejor masa obtuvieron fueron sin cubierta, a 4°C y sin aplicación de GA con porcentajes superiores de 14,4%, 56% y 15% con respecto a los demás niveles de cada factor, respectivamente, ([Tabla 3](#)). Así mismo, [Mahadi, Nulit, Mohtar, Ibrahim, Ghani. \(2020\)](#) reportan que las plantas de arroz tratadas con GA mostraron mejor crecimiento, ya que las GA han presentado resultados significativos en la longitud de la hoja, esto se da porque las giberelinas desempeñan un papel muy importante en la expansión de las hojas, lo que es esencial para un buen desarrollo de las plantas ([Ritonga et al., 2023](#)).

Similarmente, la MSHO no presentó diferencias significativas, no obstante, el nivel sin cubierta tuvo un porcentaje superior del 12,6% con respecto al tratamiento con cubierta. A su vez, el nivel temperatura ambiente tuvo un porcentaje menor del 58,2% frente al tratamiento con semillas refrigeradas, mientras que el nivel sin la aplicación de GA fue superior en un 16,1% en la MSHO frente a la aplicación. Esto es acorde con lo reportado por [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#), ya que el efecto de las GA fue menor en un 53% con respecto al tratamiento control. En ese sentido, [Borjas-Ventura, Julca-Otiniano y Alvarado-Huamán \(2020\)](#) mencionan que las GA se encuentran relacionadas con la expansión de la hoja, lo que favorece la acumulación de fotoasimilados en los tallos y no en las hojas.

Masa fresca de estípula (MFEST) y Masa seca de estípula (MSEST)

La MFEST no mostró diferencias significativas entre bloques, ni entre tratamientos, ni entre los factores por separado, no obstante, la ausencia de cubierta mostró menores valores de MFEST (16,8%) frente a los tratamientos que recibieron cobertura. Para el factor temperatura, la refrigeración de las semillas previo a la siembra logró aumentar significativamente en un 39,6% la MFEST comparado con las semillas almacenadas a temperatura ambiente antes de la siembra, mientras que la aplicación de 100 mg.L⁻¹ redujo en un 9,2% la MFEST. Esto concuerda con [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) quienes aplicaron en semillas de arveja dosis de 400 mg.L⁻¹, de GA y obtuvieron menor MFEST, frente al control.

La MSEST no presentó diferencias significativas entre bloques ni entre la interacción de los factores, y tampoco al analizar los factores por separado, sin embargo, el tratamiento de 100 mg.L⁻¹ fue menor en un 20% comparado con el testigo sin GA ([Tabla 3](#)). Lo que indica que la aplicación de GA disminuye la MFEST y la MSEST, similar a lo reportado por [Chauhan et al. \(2019\)](#) quienes encontraron que con dosis de GA de 100 mg.L⁻¹ el peso de las hojas de avena se redujo en un 47,80%.

Masa fresca de semillas germinadas (MFSG) y Masa seca de semillas germinadas (MSSG)

Las interacciones de los factores, así como los bloques no afectaron significativamente la MFSG y la MSSG ([Tabla 3](#)), no obstante, el factor que menor valor presentó para la MFSG fue el de 100 mg.L⁻¹ de GA con 0,045 g frente al testigo sin GA (0,047 g). Así mismo, el factor de refrigeración previo a la siembra mostró mayores valores con 0,060 g frente a las semillas que no fueron previamente tratadas con refrigeración (0,032 g) ([Tabla 3](#)). Al respecto, [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) mencionan que el efecto de las GA en la semilla, es el debilitamiento del endospermo, lo que facilita la movilidad de reservas al embrión.

La MSSG con la aplicación de 100 mg.L⁻¹ de GA fue inferior en un 35% frente al testigo sin GA, a su vez, en el factor cubierta la diferencia fue mínima con un porcentaje del 4,5% frente al tratamiento sin cubierta y el factor con refrigeración a 4°C de las semillas previa a la siembra, la MSSG fue inferior en un 20% al tratamiento sin refrigeración. Esto es similar a lo reportado por [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#), donde el tratamiento con GA fue inferior en un 35% al testigo, esto se debe a que la aplicación exógena de GA, hace que se transfiera homogéneamente los fotoasimilados en los órganos de la planta especialmente en tallos ([Borjas-Ventura et al., 2020](#)). Cabe resaltar, que la obtención de una mayor MSSG implica que la semilla, no duró mucho tiempo siendo fuente de asimilados de la nueva plántula, o no pudo proveer suficientes carbohidratos.

Masa fresca y total (MFT) y Masa seca total (MST)

Para la MFT y MST no hubo diferencias significativas entre bloques, interacción ni entre factores por separado, no obstante, para la MFT y MST el tratamiento con refrigeración previo a la siembra fue mayor en un 43,1% y 45,2%, la aplicación de 100 mg.L⁻¹ fue inferior en un 8,4% y 16,1% y la cobertura fue menor en un 12,1% y 11,5%, frente a los testigos de cada factor, respectivamente ([Tabla 3](#)). En cuanto a la MFT por plantas estas no presentaron diferencias estadísticas con un promedio por planta de 1,23 g, inferior a lo reportado por [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#), quienes con aplicaciones de GA obtuvieron un promedio de 2,53 g, lo que implica que la aplicación exógena de GA redistribuye los fotoasimilados en la planta ([Borjas-Ventura et al., 2020](#)). A pesar de que la aplicación con GA obtuvo el mayor porcentaje de semillas germinadas, la dosis de 100 mg.L⁻¹ de GA disminuyó la MST en plantas de arveja, acorde a lo reportado por [Jaime-Guerrero et al. \(2023\)](#) con dosis que oscilaron entre 200 y 1000 mg.L⁻¹.

Tabla 3.

Masa fresca y seca de plántulas de arveja var. 'Santa Isabel' obtenidas a partir de semillas sometidas a diferentes dosis de giberelina, temperatura y cubierta

Masa	Factor	Nivel	Hoja	Raíz	Estípula	Semilla	Tallo	Total
Fresca	Cubierta	Con	0,1050A	0,5700A	0,0500A	0,5700A	0,2025A	1,3125A
		Sin	0,1225A	0,5400A	0,0425A	0,5400A	0,1225A	1,1525A
	Temperatura (°C)	4	0,1575 ^a	0,6025 ^a	0,0600 ^a	0,6025 ^a	0,1900 ^a	1,5725 ^a
		14	0,0700 ^a	0,5075 ^a	0,0325 ^a	0,5075 ^a	0,1350 ^a	0,8925 ^a
	Giberelinas (mg.L ⁻¹)	0	0,1225A	0,3425A	0,0475A	0,6592A	0,1150A	1,2875A
		100	0,1050A	0,3700A	0,0450A	0,4489A	0,2100B	1,1775A

Continúa en la página siguiente

Masa	Factor	Nivel	Hoja	Raíz	Estipula	Semilla	Tallo	Total
Seca	Cubierta	Con	0,0200A	0,0450A	0,0100A	0,1150A	0,0400A	0,2350A
		Sin	0,0250A	0,0975A	0,0050A	0,1100A	0,0250A	0,2625A
	Temperatura (°C)	4	0,0300 ^a	0,1125 ^a	0,0100 ^a	0,1250 ^a	0,0375 ^a	0,3200 ^a
		14	0,0150 ^a	0,0300 ^a	0,0050 ^a	0,1000 ^a	0,0275b	0,1775 ^a
	Giberelinas (mg.L ⁻¹)	0	0,0250A	0,0750A	0,0075A	0,1375A	0,0250B	0,2700A
		100	0,0210A	0,0675A	0,0075A	0,0875A	0,0400A	0,2275A

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

La cubierta y la aplicación de 100 mg.L⁻¹ favorecen el porcentaje de germinación, potencial de germinación y el tiempo medio de germinación en semillas de arveja var. Santa Isabel, lo que permite la obtención de un mejor material vegetal para la siembra. La refrigeración de las semillas a 4 °C previo a la siembra aumentó la germinación y redujo el tiempo medio de germinación. Las semillas bajo cubierta plástica a las semillas, con una temperatura de 4 °C y con la aplicación de 100 mg.L⁻¹ de giberelinas (GA) aumenta la masa fresca y seca de tallos, y la altura de las plántulas, no obstante, la refrigeración a 4 °C, sin Giberelinas, y sin cubierta, generó los mayores valores de masa seca y fresca de raíces y hojas. La aplicación de 100 mg.L⁻¹ de GA solo estimula la ganancia de masa en los tallos, no obstante, esta ganancia no se ve reflejada en las raíces, hojas, estípulas ni masa total.

Sobre los autores

Marilcen Jaime-Guerrero

Investigador Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Uptc - Sede Tunja - Colombia.

marilcen.jaime@uptc.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-4300-6800>

Javier Giovanni Álvarez-Herrera

Doctor en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia. Docente investigador, Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Uptc - Sede Tunja – Colombia.

javier.alvarez@uptc.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-1737-6325>

Dilson Sebastián Torres-Piña

Investigador, Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Uptc - Sede Tunja – Colombia.

dilson.torres@uptc.edu.co <https://orcid.org/0009-0000-8907-4062>

Datos del artículo

Resultados de la investigación denominada “Análisis del efecto interactivo del estrés hídrico y la fenología sobre la fotosíntesis y el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.).

Disponibilidad de datos.

Los autores declaran que en el artículo se encuentran todos los datos necesarios y suficientes para la comprensión de la investigación

Fuentes de financiación

Minciencias, Convocatoria 890-2020 fortalecimiento de CTEI en instituciones de educación superior públicas - Mecanismo 1, proyecto “Análisis del efecto interactivo del estrés hídrico y la fenología sobre la fotosíntesis y el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.).

Descargo de responsabilidad

Los autores declaran que las expresiones, opiniones o interpretaciones expuestas en el artículo son una postura personal y no una posición oficial de sus instituciones.

Contribución de los autores

Marilcen Jaime-Guerrero: metodología, investigación, curación de datos, redacción-borrador original, validación, redacción-revisión y edición.

Javier Giovanni Álvarez-Herrera: conceptualización, supervisión, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición.

Dilson Sebastián Torres-Piña: metodología, investigación, redacción-borrador original.

Agradecimientos

Este artículo se realizó con apoyo de Minciencias, Convocatoria 890-2020 fortalecimiento de CTEI en instituciones de educación superior públicas - Mecanismo 1, proyecto “Análisis del efecto interactivo del estrés hídrico y la fenología sobre la fotosíntesis y el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.)”

Referencias bibliográficas

1. ATTIA, Hounaida. Physiological responses of pea plants to salinity and gibberellic acid. In: Phyton. 2023. vol. 92, no.1, p. 149-164. <http://dx.doi.org/10.32604/phyton.2022.022363>
2. BALAGUERA, Helber Enrique; ÁLVAREZ, Javier Giovanni; CÁRDENAS, Julián. Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) para la obtención de plántulas. En: Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica. 2010. vol. 13, no. 2, p. 89-97. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-4226201000200011&script=sci_arttext
3. BORJAS-VENTURA, Ricardo; JULCA-OTINIANO, Alberto; ALVARADO-HUAMÁN, Leonel. Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. En: Journal of the Selva Andina Biosphere, 2020. vol. 8, no. 2, p. 150-164. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>
4. CARRERA-CASTAÑO, Gerardo; CALLEJA-CABRERA, Julián; PERNAS, Mónica; GÓMEZ, Luis; OÑATE-SÁNCHEZ, Luis. An updated overview on the regulation of seed germination. In: Plants. 2020. vol. 9, no. 6, p. 703. <https://doi.org/10.3390/plants9060703>
5. CHAUHAN, Anju; ABUAMARAH, Bassam; KUMAR, Atul; VERMA, Jai; GHRAMH, Hamed; KHAN, Khalid Ali; ANSARI, Mohammad Javed. Influence of gibberellic acid and different salt concentrations on germination percentage and physiological parameters of oat cultivars. In: Saudi Journal of Biological Sciences. 2019. vol. 26, no. 6, p. 1298-1304. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.04.014>
6. DARRUDI, Reza; HASSANDOKHT, Mohammad reza; NAZERI, Vahideh. Effects of moist stratification, GA₃ and seed age on seed germination of *Rheum khorasanicum* B. Baradaran & A. Jafari. In: Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 2015. vol. 2, no. 4, p. 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.07.001>
7. DEVI, Jyoti; SAGAR, Vidya; MISHRA, Gyan; JHA, Prakash Kumar; GUPTA, Nakul; DUBEY, Rakesh; SINGH, Prabhakar; BEHERA, Tusu; PRASAD, P. Heat stress tolerance in peas (*Pisum sativum* L.): Current status and way forward. In: Frontiers in Plant Science. 2023. vol. 13, id. 1108276. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1108276>
8. FRAILE-ROBAYO, Ana Lucia; ÁLVAREZ-HERRERA, Javier Giovanni; DEAQUIZ-OYOLA, Yuli Alexandra. Efecto de las giberelinas en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante. En: Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2012. vol. 6, no. 1, p. 41-54. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732012000100005&script=sci_arttext
9. GARCÍA, Daniel; ARIF, Samiah; ZHAO, Yinglei; ZHAO, Shuo; MING, Lin Chau; HUANG, Danfeng. Seed priming technology as a key strategy to increase crop plant production under adverse environmental conditions. In: Preprints. 2022. id. 2021090364. <https://doi.org/10.20944/preprints202109.0364.v1>
10. JAIME-GUERRERO, Marilcen; ÁLVAREZ-HERRERA, Javier Giovanni; CAMACHO-TAMAYO, Jesús Hernán. Germinación y crecimiento de semillas de arveja var. 'Santa Isabel' sometidas a diferentes dosis de giberelinas. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2023. vol. 14, no. 2, p. 91-112. <https://doi.org/10.22490/21456453.6506>

11. KALRA, Geetika; BHATLA, Satish. Gibberellins. In: Bhatla, Satish., & Lal, Manju (eds.) *Plant Physiology, Development and Metabolism*. In: Springer, Singapore. 2018. pp. 617-628. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_17
12. LI, Qian; YANG, An. Comparative studies on seed germination of two rice genotypes with different tolerances to low temperature. In: *Environmental and Experimental Botany*. 2020. vol. 179, id. 104216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104216>
13. LI, Wenjun; NIU, Yongzhi; ZHENG, Yunye; WANG, Zhoufei. Advances in the understanding of reactive oxygen species-dependent regulation on seed dormancy, germination, and deterioration in crops. In: *Frontiers in Plant Science*. 2022. vol. 13, id. 826809. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.826809>
14. MAHADI, Siti Nuratiqah; NULIT, Binti; MOHTAR, M. A., IBRAHIM, Mohd Hafiz; GHANI, Nural Izza. Synergistic effect of KCl, thiourea, GA₃ and SA on the germination and early seedling growth enhancement of drought-stressed Malaysian indica rice cv. MR220. In: *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020. vol. 29, id. 101779. <https://doi.org/10.1016/j.biab.2020.101779>
15. MARTHANDAN, Vishvanathan; GEETHA, Rathnavel; KUMUTHA, Karunanandham; RENGANATHAN, Vellaichamy; KARTHIKEYAN, Adhimoolam; RAMALINGAM, Jegadeesan. Seed priming: a feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants. In: *International journal of molecular sciences*. 2020. vol. 21, no. 21, id. 8258. <https://doi.org/10.3390/ijms21218258>
16. MIRANSARI, Mohammad; SMITH, Donald Lawrence. Plant hormones and seed germination. In: *Environmental and Experimental Botany*. 2014. vol. 99, p. 110-121. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
17. NIÑO-HERNANDEZ, Juan Camilo; MORENO, David Felipe; RUIZ-BERRÍO, Hernán David; BALAGUERA-LÓPEZ, Helber Enrique; MAGNITSKIY, Stanislav. Luz, giberelinas y profundidad de siembra inciden sobre la germinación de semillas de Amaranthus hybridus L. In: *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 2020. vol. 23, no. 2, id. 1545. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1545>
18. OUERGHI, Kais; ABDI, Neila; MAAZAOUTI, Houda; HMISSI, Imen; BOURAOUI, Manel; SIFI, Bouaziz. Physiological and morphological characteristics of pea (*Pisum sativum L.*) seeds under salt stress. In: *Journal of New Sciences*. 2016. vol. 28, no. 1, p. 1559-1565. <https://www.jnsciences.org/m/component/attachments/download/148>
19. PATHANIA, Ankit; SHARMA, Subhash THAKUR, Sakshi; BHANWAL, Udit. economic analysis of pea farming in high hills of himachal pradesh, India. In: *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics and Sociology*. 2024. vol. 42, no. 7, p. 5-10. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2024/v42i72511>
20. PRATAP, Vijay; SHARMA, Vijay; KUMAR, Hitesh; SHUKLA, Gaurav; KUMAR, Mukul. Multivariate analysis of quantitative traits in field pea (*Pisum sativum var. arvense*). In: *Legume Research: An International Journal*. 2024. vol. 47, no. 6. <https://doi.org/10.18805/LR-4604>
21. RITONGA, Faujiah; ZHOU, Dandan, ZHANG, Yihui, SONG, Runxian; LI, Cheng; LI, Jingjuan, GAO, Jianwei. The roles of gibberellins in regulating leaf development. In: *Plants*. 2023 vol. 12, no. 6, id. 1243. <https://doi.org/10.3390/plants12061243>
22. SINGH, Shivashu; LAL, Graniel; BARA, Bineeta; MISHRA, Sachchida. Efect of hydropriming and osmopriming on seed vigour and germination of pea (*Pisum sativum L.*) sedes. In: *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017. vol. 6, no. 3, p. 820-824. <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue3/PartM/6-3-164-770.pdf>
23. TSEGAY, Berhanu Abraha; ANDARGIE, Melkamu. Seed Priming with gibberellic acid (GA₃) alleviates salinity induced inhibition of germination and seedling growth of Zea mays L., *Pisum sativum var. Abyssinicum* A. Braun and *Lathyrus sativus* L. In: *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2018. vol. 21, no. 3, p. 261-267. <https://doi.org/10.1007/s12892-018-0043-0>