



Efecto de tratamientos pregerminativos en semillas de *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple' bajo condiciones controladas

Effect of pre-germination treatments in *Dianthus barbatus* L. seeds cv. 'Purple' under controlled conditions

Leidy Julieth González-Amaya¹; Bayron Eduardo Pita¹; Elberth Hernando Pinzón-Sandoval²; German Eduardo Cely³; Pablo Antonio Serrano⁴.

¹ Ingeniero Agrónomo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia.

² M.Sc. Fisiología Vegetal, Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia, elberth02@gmail.com.

³ M.Sc. Ciencias Agrarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia.

⁴ M.Sc. Docente Asociado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia.

Citar: González-Amaya, L., Pita, B., Pinzón-Sandoval, E., Cely, G. & Serrano, P. (2018). Efecto de tratamientos pregerminativos en semillas de *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple' bajo condiciones controladas. *Rev. Cienc. Agr.* 35(1):58-68. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.83>.

Recibido: Enero 25 de 2017.

Aceptado: Septiembre 06 de 2017.

RESUMEN

Los claveles son de las flores más apetecidas por sus excelentes características de duración y belleza. Sin embargo, la especie *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple', presenta problemas en la germinación de sus semillas, lo que conlleva incremento de los costos de producción. Por lo anterior el objetivo de la investigación fue evaluar diferentes tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple'. Para esto, se estableció un Diseño Completamente al Azar con diez tratamientos correspondientes a la combinación de tres dosis de KNO₃ (150, 200, 250mg L⁻¹) y tres tiempos de imbibición (6, 12, 24 horas) más el tratamiento testigo. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación (PG), agua absorbida, velocidad media de germinación (VMG), tiempo medio de germinación (TMG), porcentaje de adaptabilidad (PA). La aplicación de los tratamientos pregerminativos basados en la aplicación de KNO₃ combinado con el tiempo de imbibición mostró un efecto positivo sobre el porcentaje de germinación, VMG, TMG, tasa de imbibición y adaptación en semillas de *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple' bajo condiciones controladas. El tratamiento que mejor respuesta generó fue la aplicación de KNO₃ en una concentración de 250mg L⁻¹ y seis horas de imbibición el cual presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) frente al tratamiento testigo en la

mayoría de las variables evaluadas, esto lo convierte en una alternativa importante en la reducción de costos de producción dentro del proceso de propagación sexual de *D. barbatus* L. cv 'Purple' bajo condiciones controladas.

Palabras clave: Osmoacondicionamiento, nitrato de potasio, germinación, latencia, propagación sexual.

ABSTRACT

Carnations are the most desired flowers because their excellent characteristics of endurance and beauty. However, the species *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple', face problems in the germination stage, which leads to increased production costs. Therefore, the objective of the research was to test different pre-germination treatments on the seed germination of *Dianthus barbatus* L. cv 'Purple'. A Completely Randomized Design was established with ten treatments corresponding to the combination of three doses of KNO₃ (150, 200, 250 mg L⁻¹) and three imbibition periods (6, 12, 24 hours) including the control treatment. The evaluated variables were: percentage of germination (PG), water absorbed, germination speed average (ASG), germination time average (ATG), percentage of adaptability (PA). The application of pre-germination treatments based on the application of KNO₃ combined with the imbibition showed a positive effect on the percentage of, ASG, ATG, imbibition rate and adaptation in seeds of *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple' under controlled conditions. The treatment that generated the best response was the application of KNO₃ at a concentration of 250 mg L⁻¹ and six hours of imbibition, which presented significant differences ($P \leq 0.05$) compared to the control treatment in most of the evaluated variables. It becomes an important alternative in the reduction of production costs within the process of sexual propagation of *D. barbatus* L. cv 'Purple' under controlled conditions.

Key words: Osmopriming, potassium nitrate, germination, latency, sexual propagation.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la floricultura se ha convertido en una de las alternativas más importantes de negocio en países ubicados en las zonas tropicales del mundo. Esta se ha consolidado como el primer renglón de exportaciones agrícolas no tradicionales de Colombia. En 2014, las exportaciones de flores le representaron al país USD1.374 millones de dólares, de los cuales, el clavel estándar y el miniclavel representaron el 16,4% (ASOCOLFLORES, 2015). Colombia es el primer proveedor de flores de corte a Estados Unidos y el segundo exportador a nivel mundial (López *et al.*, 2010).

A nivel internacional, los claveles representan aproximadamente el 6% de la producción de

flores. Es una de las flores más cotizadas debido a su belleza, duración, disponibilidad durante el año y resistencia al embalaje y transporte. Dentro del género *Dianthus*, en Colombia, se destacan las especies *D. caryophyllus* como la de mayor importancia, propagada a partir de esquejes (Castilla y Gonzáles, 2014) y *D. barbatus* conocido Sweet William o flor de poeta, el cual se propaga mediante semillas que son importadas; sin embargo, ésta presenta una germinación desuniforme inferior al 80%, que incrementa los costos de producción por mayor uso de semillas y mano de obra.

La baja germinación de las especies se relaciona con fenómenos fisiológicos como la latencia,

que es la condición que impide la germinación de semillas viables, aunque estas se encuentren en condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo (Rodríguez *et al.*, 2014). La latencia genera una desuniformidad en la emergencia, que causa pérdidas e incrementa los costos de producción debido a la necesidad de hacer más de un trasplante y además de retardar el proceso productivo (Andrade y Laurentin, 2015); sin embargo se indica que existen algunos procesos que pueden reducir esta condición (Cardoso *et al.*, 2014). Dentro de éstos, se encuentra la pre-germinación u osmoacondicionamiento, la cual es una alternativa para disminuir el monto de las pérdidas ocasionadas por germinación y emergencia desuniforme, la cual varía de acuerdo con la especie, el vigor de la semilla, su manejo, el medio ambiente o la combinación de ellas (Cortez *et al.*, 2011).

El osmoacondicionamiento es un método efectivo que mejora la uniformidad y porcentaje de germinación (Sánchez *et al.*, 2007). Este método consiste en la hidratación de semillas bajo condiciones controladas (Sampaio *et al.*, 1993). Las semillas son sumergidas en una solución con una concentración determinada y un tiempo establecido, buscando promover la hidratación y acondicionamiento de las semillas, retardando su deterioro fisiológico propiciado por la producción de radicales libres (Moreno y Jiménez, 2013). Lo anterior, limita la pérdida de integridad de las membranas celulares por medio de la hidratación de la semilla en la segunda fase de imbibición, en la que varios procesos metabólicos son activados, antes de la emergencia de la radícula (Black y Bewley, 2000). La hidratación de las semillas es controlada por el equilibrio osmótico que se presenta entre el potencial hídrico de la solución y el interior de las mismas (McDonald, 2000). El resultado final es un aumento de la germinación de aquellas semillas que presentan una

germinación lenta, logrando una uniformidad del proceso que se verá reflejado al momento del trasplante a campo (Sánchez *et al.*, 2007).

Uno de los compuestos que ha sido estudiado en los procesos de osmorregulación es el nitrato de potasio (KNO_3), promotor de la geminación recomendado ampliamente en las reglas Internacionales de Ensayos de Semillas (ISTA, 2008), con el fin de romper la latencia en semillas de diversas especies, en etapas tempranas de crecimiento. La composición química y la concentración de las soluciones nutritivas determinan la nutrición de las plántulas. El nitrógeno y el potasio son los nutrientes requeridos en mayor cantidad es este primer ciclo.

Agentes inorgánicos como KNO_3 son osmóticamente activos, reduciendo el potencial hídrico de la solución. Esto permite un control del nivel de imbibición de las semillas, contribuyendo a la mejora de la germinación y al vigor de la semilla (Dias *et al.*, 2012). El potasio es un nutrimento esencial para las plantas, involucrado en la estabilización del pH celular, la osmoregulación, la activación de enzimas, la tasa de asimilación de CO_2 , la translocación de fotosintatos y el transporte en las membranas (Hernández *et al.*, 2009). Por su parte, Batak *et al.* (2007) afirman que la relación entre la aplicación exógena de nitrato de potasio y la germinación, es explicada por la acción de los nitratos sobre la ruta metabólica relacionada con el fitocromo, mientras que Alboresi *et al.* (2005) señalan que la aplicación exógena de nitrato, actúa como moléculas de señal en las vías metabólicas del ácido abscísico o del ácido giberélico.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos sobre semillas de Sweet Wi-

lliam (*Dianthus barbatus* L.) cv. 'Purple' bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el municipio de Chía-Cundinamarca (Colombia), a 4°43'LN y 74° 100'LO, una altura de 2.558msnm. Las condiciones ambientales que se presentaron durante la investigación fueron: temperatura promedio día de 18,8°C y 10,7°C noche y humedad relativa de 77%.

El material vegetal utilizado fueron semillas de *D. barbatus* cv. 'Purple'. Como sustrato se utilizó turba Germination Unix®, la cual cuenta con buenas características de aireación, porosidad y retención de agua. La siembra se realizó en bandejas de 200 alveolos, como sustancia osmocondicionadora se utilizó un producto comercial a base de nitrato de potasio (KNO₃) con una composición garantizada de 13% N y 43% K. La siembra se realizó de forma manual luego del proceso de osmocondicionamiento. Luego de la siembra, las bandejas fueron llevadas a cuarto de germinación con temperatura de 22°C y humedad de 85 a 90% durante un periodo de tres días, luego se llevaron a fase de crecimiento en invernadero con una temperatura mínima promedio de 12,5°C y máxima de 23°C durante un periodo de 30 días, aproximadamente.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 10 tratamientos, los cuales correspondieron a la combinación de dosis de nitrato de potasio y tiempos de imbibición (Tabla 1), con cinco replicaciones, para un total de 50 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 200 semillas.

Tabla 1. Tratamientos pre-germinativos en semillas de *D. barbatus* L. cv. 'Purple' en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Dosis KNO ₃ (mg L ⁻¹)	Tiempo imbibición (horas)
T1 (convencional)	0	24
T2	150	6
T3	150	12
T4	150	24
T5	200	6
T6	200	12
T7	200	24
T8	250	6
T9	250	12
T10	250	24

Antes de la aplicación de los tratamientos, se verifico la viabilidad de las semillas mediante la metodología descrita por Suarez y Melgarejo (2010). Para ello, se emplearon 100 semillas que se dejaron en imbibición durante 24 horas en agua destilada en caja de Petri, posteriormente se retiró el exceso de agua y se procedió a aplicar una solución de 1,0% de cloruro de 2, 3, 5-trifenil-tetrazolio. Estas fueron incubadas durante una hora en oscuridad a una temperatura de 35°C, luego se hizo la evaluación de la tinción del embrión mediante estereoscopio.

Para definir patrones de tinción relacionados con viabilidad, se expusieron las semillas a una temperatura de 75°C durante 10 min con el fin de dar muerte al embrión y así tener un patrón de comparación frente a las semillas de los tratamientos. La metodología utilizada para la extracción del embrión fue la descrita por Hernández *et al.* (2009). Se separó una pequeña porción de la testa de la parte apical o basal de la semilla, para retirar el embrión y proceder a su observación.

Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de Germinación (%G), Velocidad Media de Germinación (VMG) y Tiempo Medio de Germinación (TMG) siguiendo la metodología descrita por Ranal y Santana (2006) (Tabla 2) tomando mediciones cada ocho horas hasta que no se observó cambio en el número de semillas germinadas; agua absorbida: para ello, se tomaron cinco semillas por tratamiento. Estas fueron colocadas en vasos desechables de una onza los cuales contenían las diferentes soluciones. Se realizó la medición de peso inicial y final en función de los diferentes tiempos de imbibición y Porcentaje de Adaptación (PA): calculando la diferencia entre el número de semillas germinadas en cuarto de germinación y las plántulas que luego de la fase de acondicionamiento en invernadero salieron para trasplante a campo.

Los datos obtenidos a partir de los tratamientos aplicados fueron sometidos a análisis de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza aplicando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Comprobados dichos supuestos, se procedieron a realizar Análisis de Varianza (ANOVA). Las variables que presentaron diferencias según el ANOVA, se sometieron a análisis

múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), para los procedimientos estadísticos se utilizó el programa estadístico SAS® v. 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Verificación de Viabilidad. La calidad de la semilla se compone de varios elementos. Uno de ellos es la calidad fisiológica que se evalúa mediante pruebas de germinación y viabilidad (Cortez *et al.*, 2011). Las semillas de *D. barbatus* cv 'Purple' presentaron una viabilidad del 85%. Las semillas prehumedecidas, sometidas a estufa de secado durante 10 min, perdieron completamente la viabilidad, con tinción nula (Figura 1A). Esto permitió caracterizar los patrones de tinción con la aplicación de tetrazolio al 1%. Se pudo apreciar una coloración rosa fuerte en las semillas prehumedecidas que no fueron sometidas a estufa de secado indicando viabilidad de las semillas (Figura 1B), mientras que las que fueron sometidas presentaron una coloración transparente con coloración nula. Estos resultados permitieron descartar problemas relacionados con la viabilidad de las semillas, y asociar la germinación desuniforme con la latencia de las mismas.

Tabla 2. Fórmulas empleadas para el cálculo de variables de germinación (Ranal y Santana, 2006).

Variable	Ecuación	Unidad
Porcentaje de Germinación	$\left(\frac{N}{N_s}\right) * 100$	Porcentaje (%)
VMG	$\sum_{t=i}^k n_i / K$	Semillas/hora
TMG	$\sum_{t=i}^k n_i / K$	Horas

VMG=Velocidad media de germinación; TMG=Tiempo medio de germinación; ni=número de semillas germinadas en la iésima toma de datos; ti=tiempo (en horas) de la iésima toma de datos; K=tiempo (en horas) de duración de la prueba de germinación; N= número de semillas germinadas; Ns = número de semillas totales.

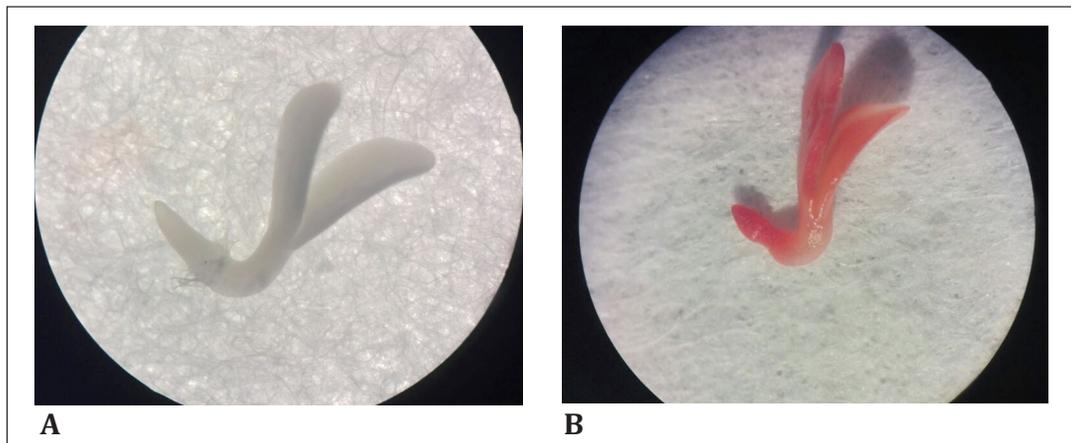
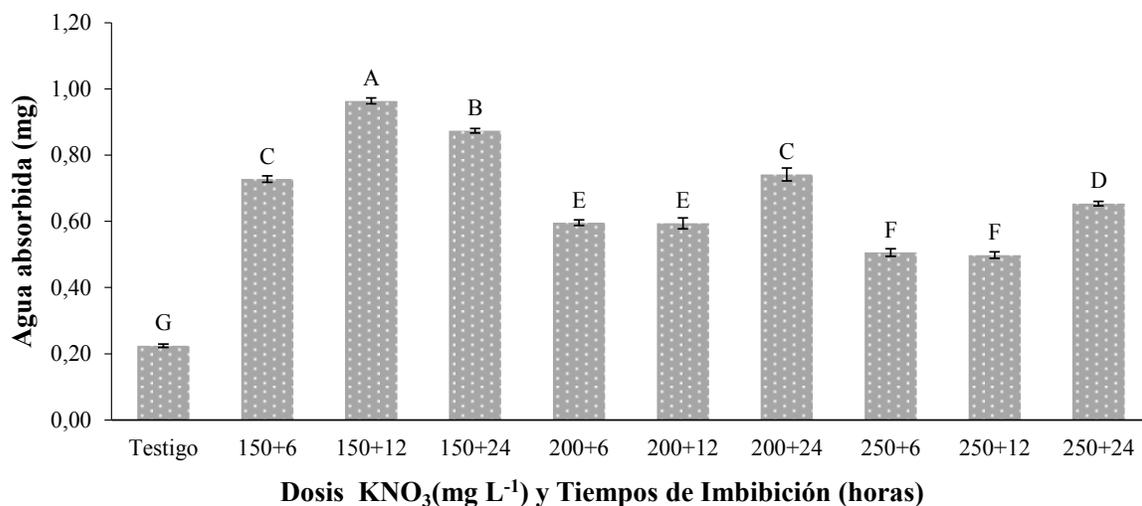


Figura 1. Semillas de *D. barbatus* L. cv 'Purple' sometidas a prueba de tetrazolio al 1% (Suarez y Melgarejo, 2010). **A:** Semillas inviables; **B:** Semillas viables.

Agua absorbida. Se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0,05$). Las semillas sometidas al tratamiento de $150 \text{ mg L}^{-1} + 12$ horas de imbibición mostraron una mayor ganancia de peso relacionada con la absorción de agua con un valor de $0,96 \pm 0,008 \text{ g/semilla}$ presentando diferencias significativas frente a los demás tratamientos. El menor valor se presentó con el tratamiento testigo con un valor de $0,22 \pm 0,005 \text{ g/semilla}$ (Figura 2).

Se observó que todos los tratamientos absorbieron diferente cantidad de agua o solución en función al cambio de peso observado. Lo anterior indica que las semillas son permeables, por lo tanto se puede descartar la presencia de latencia física generada por la formación de testas muy gruesas (Baskin y Baskin, 2001). El tratamiento testigo absorbió la menor cantidad de agua, esto indica que el KNO_3 favorece la absorción de agua por las semillas como efecto del cambio en el gradiente osmótico.



Tratamientos con letras distintas presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$), barras verticales indican error estándar ($n=5$).

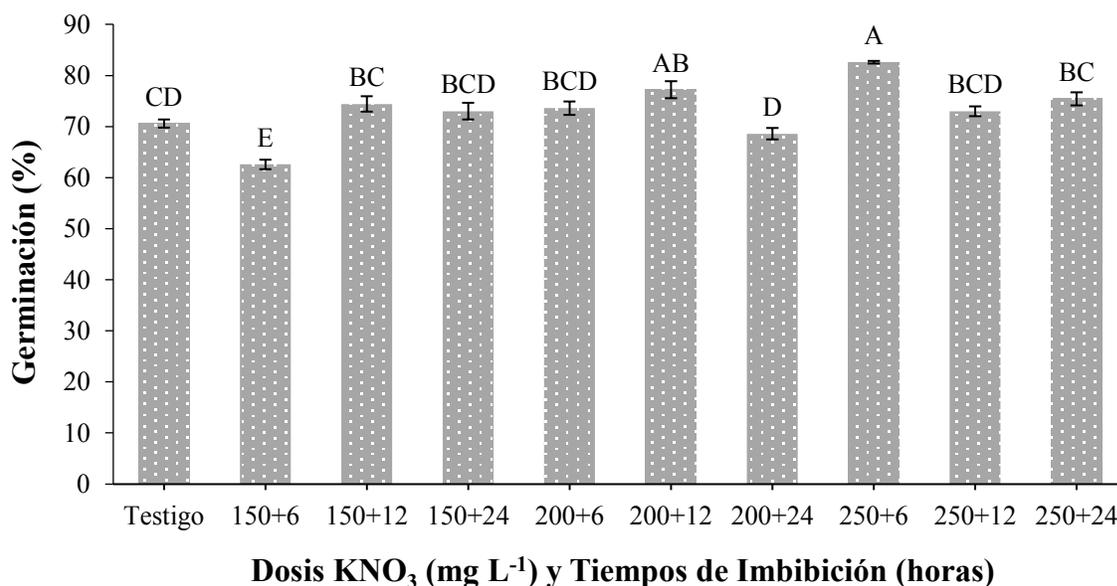
Figura 2. Agua absorbida por semillas de *D. barbatus* L. cv 'Purple' sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos.

Möller y Smith (2001) muestran que el período de acondicionamiento osmótico debe ser corto. Con períodos prolongados, existe el riesgo que los iones de los agentes osmóticos penetren la semilla y dañen el embrión. Es importante tener en cuenta en la aplicación de tratamientos pregerminativos o de osmoacondicionamiento de semillas, que la disponibilidad de agua y concentración de iones, se debe mantener en niveles adecuados, con el fin de controlar los procesos de hidratación y que la solución osmótica active el metabolismo, puesto que si el potencial osmótico es demasiado bajo, la germinación se detiene, y por lo tanto, la protrusión de la radícula no ocurre (Mora *et al.*, 2004).

Porcentaje de germinación. Se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0,05$). La germinación inicio a las 32 horas después de entrada a cuarto de germinación y se extendió hasta las 72 horas (tres días). El tratamiento de 250 mg L^{-1} de KNO_3 y un tiempo de imbibición de seis horas mostró un valor de $82,6 \pm 0,24\%$, seguido del tratamiento de 200 mg L^{-1} de KNO_3 con un

valor de $77,2 \pm 1,06\%$, siendo los valores más altos para esta variable. Estos presentaron diferencias significativas frente al tratamiento testigo, el cual presentó un valor de $70,6 \pm 0,81\%$ (Figura 3).

El efecto del nitrato de potasio en diferentes concentraciones como tratamiento pregerminativo de semillas se ha evaluado en especies como agraz (Magnitskiy y Ligarreto, 2007), tomate (Moreno y Jiménez, 2013), chile ancho (Cortez *et al.*, 2011) y especies silvestres (Freire de Brito *et al.*, 2016). También se han encontrado resultados positivos al realizar tratamiento pregerminativo de los bulbos de *Gladiolus alatus*, una especie floral cultivada a nivel mundial, al aplicar con una solución de 1% de KNO_3 con la que se obtuvo un 80% de germinación (Ramzan *et al.*, 2010). Si bien no hay reportes específicos para *D. barbatus*, McDonald (2000), menciona que el osmoacondicionamiento ha sido exitoso en especies de semilla pequeña como zanahoria, pimienta, apio, tomate, cebolla y lechuga, condición que se asocia a la semilla de *D. barbatus*, la cual presenta un tamaño inferior a 1mm.



Tratamientos con letras distintas presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$), barras verticales indican error estándar ($n=5$).

Figura 3. Agua absorbida por semillas de *D. barbatus* L. cv. 'Purple' sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos.

Según Filho (2005), el mecanismo de acción KNO_3 puede estar vinculado con la recepción de electrones, provenientes del NADPH que utiliza para reducirse a nitrito. De esta forma, el NADPH se oxida dentro de la semilla, aumentando la disponibilidad de NADP que se reduce mediante acción sobre las deshidrogenasas del ciclo de las pentosas fosfato, ayudando a superar la latencia de la semilla.

Velocidad media de germinación (VMG) y tiempo medio de germinación (TMG). No se presentaron diferencias estadísticas en las variables VMG y TMG. Sin embargo, se evidencia un efecto positivo entre la aplicación y la no aplicación de KNO_3 . El tratamiento de 250mg L^{-1} de KNO_3 + 12 horas de imbibición presentó el menor TMG de $55,88 \pm 0,77$ horas, superando al testigo, el cual presentó un valor de $62,53 \pm 0,37$ horas (Tabla 2). Esto indica una ganancia de aproximadamente siete horas, que desde el punto de vista comercial y de labores, disminuye el tiempo en cámara de germinación en un día. Por su parte la VMG aumento con la aplicación de KNO_3 . Los tratamientos de 250mg L^{-1} de KNO_3 + 6 horas de imbibición y 250mg L^{-1} de KNO_3 + 12 horas de imbibición, mostraron los mejores resultados con $2,76 \pm 0,09$ y $2,68 \pm 0,11$ semillas/hora, respectivamente, en relación al tratamiento sin aplicación ($2,33 \pm 0,09$ semillas/hora).

Los resultados observados en el presente estudio, correlacionan con lo reportado por Cortez *et al.* (2011) quienes observaron menor TMG y mayor VMG al aplicar una dosis de 750ppm de polietilenglicol + 200ppm de KNO_3 en semillas de chile ancho. Por su parte, Moreno y Jiménez (2013) observaron resultados similares en semillas de tomate cv. 'Santa Clara' al aplicar una dosis de 200mg L^{-1} de KNO_3 . Según Campos *et al.* (2002), al acelerar la germinación también se acelera la emergencia de plántulas y por ende, el cultivo progresa con rapidez y se reduce el riesgo de plagas y enfermedades antes de la emergencia de las plántulas. El osmoacondicionamiento confiere mayor precocidad a las semillas, esto reduce

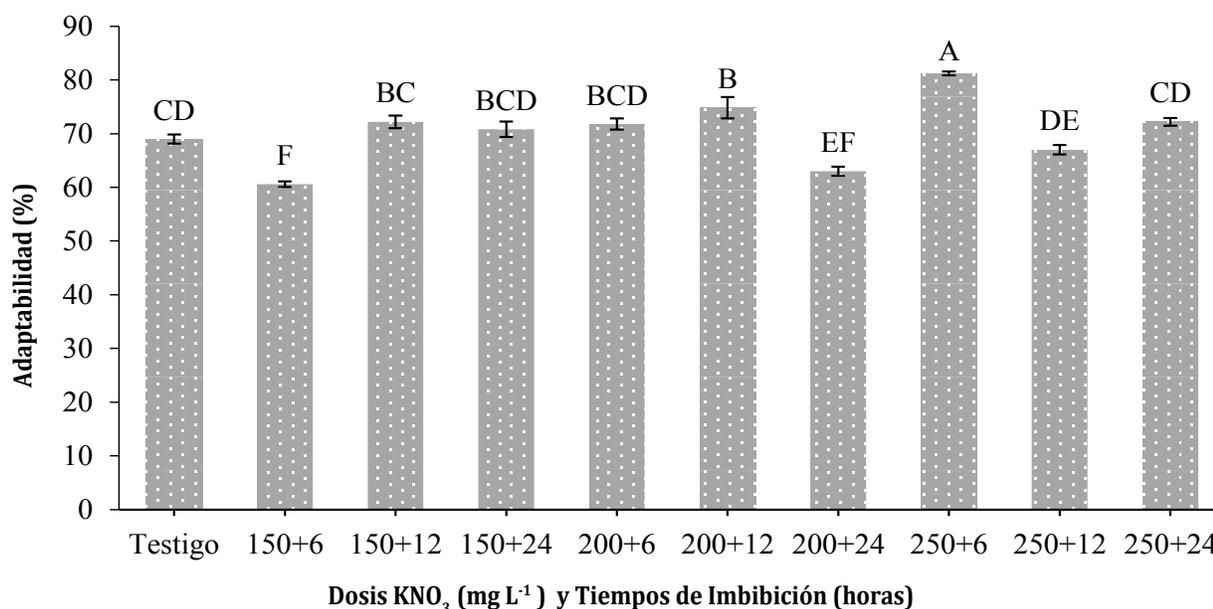
la pérdida de plántulas y propicia cultivos con mayor producción, observando una germinación rápida y uniforme. La temperatura que se manejó durante la investigación fue de 22°C y HR 90% lo cual coincide con Pereira *et al.* (2010), quienes reportaron que la temperatura tiene una marcada influencia en el proceso germinativo, no solo respecto a los porcentajes de germinación, sino también, sobre la velocidad de germinación.

Tabla 2. Velocidad media de germinación y tiempo medio de germinación en *D. barbatus* L. cv. 'Purple' bajo condiciones controladas y tratamientos pregerminativos.

Tratamiento			
Dosis (mg L^{-1})	Tiempo imbibición (horas)	VMG (semillas/hora)	TMG (horas)
0	24	$2,33 \pm 0,09$ a	$62,53 \pm 0,37$ a
150	6	$2,33 \pm 0,13$ a	$57,9 \pm 0,68$ a
150	12	$2,45 \pm 0,15$ a	$56,58 \pm 0,91$ a
150	24	$2,41 \pm 0,24$ a	$55,96 \pm 1,92$ a
200	6	$2,42 \pm 0,15$ a	$57,03 \pm 1,15$ a
200	12	$2,42 \pm 0,29$ a	$56,55 \pm 1,08$ a
200	24	$2,37 \pm 0,12$ a	$56,39 \pm 1,27$ a
250	6	$2,76 \pm 0,09$ a	$57,39 \pm 0,77$ a
250	12	$2,68 \pm 0,11$ a	$55,88 \pm 0,77$ a
250	24	$2,27 \pm 0,31$ a	$56,21 \pm 2,05$ a

± =error estándar (n=5)

Adaptabilidad. Se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0,05$). El tratamiento 250mg L^{-1} de KNO_3 + 6 horas de imbibición presentó el mayor número de plántulas adaptadas en la fase de adaptación y crecimiento con un valor de $81,2 \pm 0,37\%$, y una pérdida por bandeja de 40,6 plántulas respecto al testigo, que presentó un porcentaje de adaptación del $69 \pm 0,83\%$ y una pérdida 62 plantas por bandeja. En este sentido, el tratamiento 250mg L^{-1} de KNO_3 + 6h superó al testigo en 21,4 plantas (Figura 4).



Tratamientos con letras distintas presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$), barras verticales indican error estándar ($n=5$).

Figura 4. Porcentaje de adaptabilidad de plántulas de *D. barbatus* L. cv. 'Purple' sometidas a tratamientos pregerminativos.

El porcentaje de germinación de las semillas está relacionado con la adaptación de las plántulas a condiciones de campo. Bajas tasas de germinación o embriones, que tienen mayor predisposición a sufrir problemas bajo condiciones ambientales adversas que las plántulas provenientes de semillas vigorosas (Moreno y Jiménez, 2013). De tal forma, que al comparar las semillas sin tratamiento de osmocondicionamiento y las que fueron tratadas con las diferentes concentraciones de KNO_3 , se concluye que aquellas que fueron imbibidas en una solución de 250mg L^{-1} de KNO_3 + 6h presentaron las mejores condiciones de germinación y calidad fisiológica, teniendo una mejor adaptación a las condiciones de invernadero, en comparación con aquellas que no fueron tratadas.

CONCLUSIONES

La aplicación de tratamientos pregerminativos en los que se empleó nitrato de potasio (KNO_3) com-

binado con el tiempo de imbibición, mostraron un efecto positivo sobre el Porcentaje de Germinación, Velocidad Media de Germinación, Tiempo Medio de Germinación, Tasa de Imbibición y Adaptación en Semillas de *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple' bajo condiciones de invernadero. El tratamiento que mejor respuesta generó, fue la aplicación de KNO_3 en una concentración de 250mg L^{-1} y seis horas de imbibición, siendo una alternativa importante en la reducción de costos de producción dentro del proceso de propagación sexual de *D. barbatus* L. bajo condiciones controladas.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó gracias al apoyo financiero de la empresa MG Consultores S.A.S área de propagación.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alboresi, A., Gestin, C., Leydecker, M., Bedu, M., Meyer, C. & Truong, H. (2005). Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant Cell and Environment*. 28: 200-512.
- Andrade, S. & Laurentin H. (2015). Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*capsicum chinense* Jacq.). *Revista Unell Cienc Tec*. 33: 25-29.
- ASOCOLFLORES - Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. (2015). Economía y Mercados; Exportaciones 2014. Floricultura Colombiana. *Revista de la asociación de Colombiana de Exportaciones de flores*. 6: 14-19.
- Baskin, C. & Baskin J. (2001). *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, California: Academic Press. 666 p.
- Batak, I., Devic, M., Gibal, Z., Grubisic, D., Poff, K. & Konjevic, R. (2007). The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A- and phytochrome B-specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds'. *Seed Science Research*. 12(4): 253-259. doi:10.1079/SSR2002118.
- Black, M. & Bewley, J.D. (2000). *Seed Technology and its Biological Basis*. Sheffield: Sheffield Academic Press Ltd. 419p.
- Cardoso, E., De Sá, M., Haga, K., Binotti, F., Nogueira, D. & Filho, W. (2014). Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. *Semina: Ciências Agrárias*. 35(1): 21-38. doi:10.5433/1679-0359.2014v35n1p21.
- Campos, F., Cruz, F., Torres, A., Sánchez, J., Colmenero, J., Smith, C., Covarrubias A. & Vázquez, J. (2002). Expresión de genes codificantes para proteína, abundantes en embriogénesis tardía (LEA), durante el osmocondicionamiento de semillas de maíz y frijol. *Agrociencia*. 36 (4): 461-470.
- Castilla, Y. & González, M. (2014). Determinación de estabilidad genética en vitroplantas de clavel español (*Dianthus caryophyllus* L.) micropropagadas con biobras-16. *Cultivos Tropicales*. 35(1): 67-74.
- Cortez, E., Rivera, J., Reyes, E., Guevara, R., Guevara, F. & Mendoza, M. (2011). Osmocondicionamiento de la semilla de chile ancho y su efecto en el vigor. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 27(3): 345-349.
- Dias, M., Zanúncio, C., Dias De Souza, N., Da Conceição, P. & Cazelli, S. (2012). Resposta fisiológica de sementes de mamão submetidas ao condicionamento osmótico. *Revista Caatinga*. 25(4): 82-87.
- Freire De Brito, S., Esmeraldo, A. & De Sousa, D. (2016). Efeito da Temperatura e do KNO₃ na Germinação de *Acnistus arborescens* (Solanaceae). *Floresta e Ambiente*. 23(3): 406-412. doi: 10.1590/2179-8087.102714.
- Filho, M. (2005). *Fisiología de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq. 495p.
- Hernández, M., Lobo, M., Medina C., Cartagena J. & Delgado, O. (2009). Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de moritño (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Agron. Colomb*. 27(1): 15-23.
- ISTA-International Seed Testing Association. (2008). *International rules for seed testing*. Bassersdorf, CH-Switzerland. 700 p.
- López, M., Chaves B., Flórez V. & Salazar M. (2010). Modelo de aparición de nudos en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Delphi cultivado en sustratos. *Agron. Colomb*. 28(1): 47-54.
- Magnitskiy S. & Ligarreto, G. (2007). El efecto del nitrato de potasio, del ácido giberélico y del ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Rev. Colomb. Cienc. Hortí*. 1(2): 137-141.
- Mcdonald, M. (2000). Seed priming. In: M. Black and Bewley. *Seed technology and its biological basis*. pp. 287-325. England: Sheffield Academic Press Ltd.
- Mora, A., Rodríguez, J., Peña, A. & Campos, D. (2004). Acondicionamiento osmótico de semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.) con soluciones salinas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 10(1): 15-21.
- Möller, M. & Smith, L. (2001). The applicability of seaweed suspensions as priming treatments of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds. *Seed Sci. and Technol*. 26: 425-43.

- Moreno, B. & Jiménez, S. (2013). Efecto del acondicionamiento osmótico en semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Santa Clara. *Conexión Agropecuaria*. 3(2):11-17.
- Pereira, M., Dos Santos C. & Filho, M. (2010). Germinação de sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. (6)1: 79-84. doi: 10.5039/agraria.v6i1a962.
- Ranal, M. & Santana, D. (2006). How and why to measure the germination process?. *Rev. Brasil. Bot.* 29(1): 1-11.
- Ramzan, A., Hafiz, I., Ahmad, T. & Abbasi, N. (2010). effect of priming with potassium nitrate and dehusking on seed germination of gladiolus (*Gladiolus alatus*). *Pak. J. Bot.* 42(1): 247-258.
- Rodríguez, J., Torrecilla, G., Ruiz, O. & Martínez, M. (2014). Ruptura de dormancia en semillas de especies del género *Nicotiana*. *Centro Agrícola*. 41(1): 53-60.
- Sánchez, J., Mejía, J., Hernández, A., Peña, A. & Carballo, A. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de tomate de cáscara. *Agricultura Técnica en México*. 33: 115-123.
- Sampaio, N., Sampaio, T., Parra, N. & Durán, J. (1993). Acondicionamiento osmótico de semillas. Aplicación al cultivo de pimientos. *Agricultura Revista Agropecuaria*. 727: 124-127.
- Suarez, D. & Melgarejo, L. (2010). Biología y germinación de semillas. En: Melgarejo, L. *Experimentos en fisiología vegetal*. pp.13-24. Primera edición. Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 249p.