

Artículo científico**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA GERMINACIÓN DE CULTIVARES COMERCIALES DE SOYA [*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL.] ANTE LA SEQUÍA EN CONDICIONES DE LABORATORIO.**

Melba Cabrera Lejardi, Alfredo Socorro Rodríguez, Susana Calderón Piñar[†], María Julia Mendoza Estévez y Sonia Marrero Granado.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del estrés hídrico en la germinación de ocho cultivares comerciales de soya (*Glycine max* L. Merr.), los cuales fueron colocados para germinar en placas Petri sobre papel de filtro, a razón de 25 semillas por placa. Se emplearon ocho tratamientos de polietilenglicol-6000 (PEG-6000) a las siguientes concentraciones: 6 % ($\Psi_o = -0,0657$ MPa), 9 % ($\Psi_o = -0,1247$ MPa), 12 % ($\Psi_o = -0,2012$ MPa), 15 % ($\Psi_o = -0,2952$ MPa), 18 % ($\Psi_o = -0,4066$ MPa), 21 % ($\Psi_o = -0,5355$ MPa), 24 % ($\Psi_o = -0,6819$ MPa) y agua destilada ($\Psi_o = 0$) como control. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del INIFAT, a una temperatura media de $23,5 \pm 0,4$ °C. Los resultados obtenidos mostraron que los cultivares 'Júpiter', 'INIFAT V-9', 'Cubasoy 120' e 'IGH', fueron capaces de mantener el 100 % de germinación hasta la concentración del 15 %. Los cultivares 'Júpiter', 'Flora', 'INIFAT V-9', 'Doko' e 'IGH', germinaron hasta la alta concentración de 24 %. Los menores porcentajes de inhibición respecto al control en la concentración de 21 %, se presentaron en el cultivar 'IGH' con 22 %, 'INIFAT V-9' con 25,7 %, seguido de 'Júpiter' con 39,8 % y 'Flora' con 42,2 %, los demás cultivares tuvieron una inhibición mayor del 50 %. En este orden se considera el grado de tolerancia de estos cultivares a la sequía en las condiciones de estrés creadas por el PEG-6000, el cual resulta un osmolito eficiente para simular estrés hídrico en los estudios de germinación de cultivares de soya, por ser un compuesto confiable, inerte y no tóxico. La identificación de cultivares de soya tolerantes a la sequía, posibilita un mejor aprovechamiento agronómico de los mismos, así como contribuir al mejoramiento genético de la especie.

Palabras clave: estrés hídrico, polietilenglicol 6000, tolerancia

Germination behavior of the commercial cultivars of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill.] under drought laboratory conditions.**ABSTRACT**

The effect of the water stress on germination was evaluated in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) commercial cultivars using Petri dishes in 25 seeds for each one. Eight treatments were used from polietilenglicol-6000 (PEG-6000) to the following concentrations: 6 % (-0.0657 MPa), 9 % (-0.1247 MPa), 12 % (-0.2012 MPa), 15 % (-0.2952 MPa), 18 % (-0.4066 MPa), 21% (-0.5355 MPa), 24% (-0.6819 MPa) and it distilled water (0) as control. The experiment was carried out in the Plant Physiology Laboratory in

Lic. Melba Cabrera Lejardi, investigador auxiliar del Departamento de Agricultura Urbana y Manejo Sostenible del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), MINAG. Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. E-mail: rhfisiologia@inifat.co.cu.

INIFAT, to a temperature average of 23.5 ± 0.4 °C. The results obtained showed that the cultivars 'Jupiter', 'INIFAT V- 9', 'Cubasoy 120' and 'IGH', were able to maintain 100 % of germination until the concentration of 15 %. The cultivars 'Jupiter', 'Flora', 'INIFAT V-9', 'Doko' and 'IGH', germinated until the high concentration of 24 %. The smallest inhibition percentages regarding the control in the concentration of 21 %, were presented in cultivating 'IGH' with 22 %, 'INIFAT V-9' with 25.7 %, followed by 'Jupiter' with 39.8% and 'Flora' with 42.2 %, while the other cultivars had an inhibition bigger than 50 %. In the same way we consider the degree of tolerance from these cultivars to the drought under the stress conditions created by the PEG-6000, an efficient osmolito to simulate water stress in the studies of soybean germination cultivars, to be a reliable, inert and not toxic compound. To be able to identify cultivars of soybean tolerant to the drought, it facilitates a better agronomic use of the same ones, as well as to contribute to the genetic improvement of the species.

Key words: water stress, polyethylen glycol 6000, tolerance

INTRODUCCIÓN

La soya [*Glycine max* (L.) Merill.] es un cultivo importante, que posee relevancia económica avalada por su alto contenido de proteínas (30- 40 %) y de aceite (15- 20 %), que pueden ser utilizados en la alimentación humana y animal, así como subproductos que después de la extracción del aceite y la proteína tienen diversa utilización industrial (FAO, 2015).

La disponibilidad de agua durante el establecimiento de los cultivos es esencial y de ella dependerá en gran parte el éxito en el desarrollo de los mismos. La germinación de las semillas es el inicio de un ciclo de cultivo exitoso, lo que está relacionado con la calidad de la semilla y de las condiciones de humedad presentes en el suelo durante la siembra (Figueroa *et al.*, 2020), ya que de ella depende que se inicie la imbibición y consecuentemente la activación de procesos metabólicos, como la rehidratación, los mecanismos de reparación (membranas, proteínas y ADN), el alargamiento celular y la aparición de la radícula. Existen diversos estudios referentes a la tolerancia a la sequía; sin embargo, se enfocan en las etapas reproductivas de los cultivos, sin tomar en cuenta el proceso inicial de todo ciclo de cultivo, la germinación (Rangel *et al.*, 2019).

Para alcanzar o incrementar rendimientos estables en el tiempo, es necesario analizar cuáles son los principales factores que contribuyen a determinar el rendimiento final del cultivo, conocer la influencia de estos y realizar un manejo adecuado de los mismos, lo cual permitirá generar un ambiente de alta producción y sostenibilidad del cultivo de soya (Maqueira *et al.*, 2016).

La soya es un cultivo muy susceptible a las diferentes condiciones edafoclimáticas. Las diferencias del crecimiento de una misma variedad en diferentes lugares, son tan grandes como lo pudiera ser entre dos variedades distintas. Entre estas, la falta de agua disponible (déficit hídrico) es uno de los factores que más afecta al cultivo, dado su grado de susceptibilidad al mismo. Con respecto a sus requerimientos hídricos, presenta dos periodos críticos bien definidos: el primero, entre la siembra y la emergencia y el segundo, durante el llenado de las vainas (Lamz-Piedra, 2017).

Una estrategia de adaptación propuesta para mitigar los efectos del cambio climático incluye el uso de variedades/especies que presenten adaptaciones más apropiadas al clima (Expósito, 2019). Por esta razón se han empleado diversos métodos para identificar

cultivares tolerantes al déficit hídrico durante la etapa de germinación. En este sentido, las técnicas de selección *in vitro* que involucran el uso del Polietilenglicol 6000 (PEG) para inducir estrés osmótico son de las más utilizadas para el tamizaje de genotipos y estudio del estrés hídrico en diversos cultivos (Duan *et al.*, 2017). Varios informes han demostrado que estos procedimientos son confiables para la selección de genotipos deseables y el estudio en detalle de la influencia del estrés hídrico en las plantas. Por tanto, sería ventajoso poder contar con cultivares que tengan tolerancia al estrés hídrico (sequia), ya que disponer de una mayor biodiversidad de cultivares de soja con adaptación climática, podrá incrementar el área cultivada y mantener la estabilidad de su producción en Cuba, lo cual a su vez ayudara a satisfacer las demandas del frijol de soja con la consiguiente disminución de la importación del mismo, lo que representaría un ahorro de divisas para el país. En este sentido el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la germinación de cultivares comerciales de soja bajo condiciones de estrés hídrico.

$$\Pi = -(1,18 \cdot 10^{-2}) c - (1,18 \cdot 10^{-4}) c^2 + (2,67 \cdot 10^{-4}) c T + (8,39 \cdot 10^{-7}) c^2 T, \text{ donde } T = 2 \text{ gC} \quad (1)$$

Se utilizaron ocho cultivares comerciales de soja, 'INIFATV-9', 'INIFAT-382', 'Cubasoy-120', 'Júpiter', 'Conquista', 'Flora', 'Doko' e 'IGH'. Se efectuaron recuentos diarios del número de semillas germinadas durante 15 días a partir del segundo día de comenzar el experimento. Las semillas se consideraron germinadas cuando presentaron una emisión de la radícula de 2 mm de longitud (ISTA, 2009). Se determinó el

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas de cultivares comerciales de soja provenientes del Banco de Germoplasma del INIFAT, fueron puestas a germinar sobre papel de filtro en placas Petri, utilizando 25 semillas por placa y tres réplicas (previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 % por 10 min y enjuagadas tres veces con agua destilada estéril). Se emplearon ocho tratamientos de estrés hídrico mediante la aplicación de 20 mL de soluciones de Polietilenglicol 6000, a las siguientes concentraciones: 6 % ($\Psi_o = -0,0657$ MPa), 9 % ($\Psi_o = -0,1247$ MPa), 12 % ($\Psi_o = -0,2012$ MPa), 15 % ($\Psi_o = -0,2952$ MPa), 18 % ($\Psi_o = -0,4066$ MPa), 21 % ($\Psi_o = -0,5355$ MPa), 24 % ($\Psi_o = -0,6819$ MPa) y agua destilada 0 %, como control.

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología Vegetal del INIFAT, a una temperatura media de $23,5 \pm 0,4^\circ\text{C}$.

El cálculo del Potencial Osmótico en MPa se realizó mediante la fórmula de Michel y Kaufmann (1973):

porcentaje de germinación en cada condición hídrica y posteriormente se calculó el Índice de Estrés de la Germinación (IEG) según García *et al.* (2017), el cual se expresó en términos de porcentaje, a través de la relación entre la germinación de las semillas estresadas (G_E) y la germinación de las semillas control (G_C) y el Porcentaje de Inhibición (PI), según las siguientes fórmulas:

$$IEG = \frac{G_E}{G_C} \cdot 100\%$$

$$PI = 100\% - IEG$$

Los datos de porcentaje fueron transformados calculando el arcoseno de la raíz cuadrada en (P/100) y posteriormente se realizó un Análisis de Varianza de Clasificación Simple y el Test de Turkey HSD, según el Software Estadístico Infostat (versión 2008), para un nivel de probabilidad del 5 %.

Los resultados de los porcentajes de germinación de los cultivares de soya evaluados en las diferentes condiciones hídricas se muestran en la Tabla 1, donde se observa que los valores de germinación para todos los cultivares en el control están entre 93,9 % hasta 100%, lo que pone de manifiesto la buena calidad de las semillas utilizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Porcentaje de germinación de los cultivares en las distintas condiciones hídricas. Letras distintas difieren significativamente para $p < 0,05$

CULTIVARES	CONCENTRACIÓN DE PEG (%) y PO (MPa)								
	Control 0	3 -0,024	6 -0,657	9 -0,124	12 -0,201	15 -0,295	18 -0,406	21 -0,535	24 -0,681
JÚPITER	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	92,7 ab	60,1 abc	16,0 a
INIFAT V-9	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	96,9 a	74,2 ab	11,7 a
CUBASOY- 120	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	75,7 bcd	15,2 d	0,0 b
IGH	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	87,0 abc	78,0 a	9,6 a
FLORA	99,2 a	99,2 a	98,3 ab	94,8 ab	93,3 b	88,3 b	77,4 bcd	57,2 bc	16,1 a
DOKO	100,0 a	97,0 ab	92,7 ab	91,3 b	84,8 bc	83,5 b	66,0 cd	47,3 c	26,3 a
INIFAT- 382	93,9 ab	92,5 b	92,0 b	88,0 b	84,0 bc	78,5 bc	63,5 d	6,7 d	0,0 b
CONQUISTA	100,0 a	100,0 a	99,0 ab	93,5 b	77,2 c	60,3 c	6,7 e	0,0 e	0,0 b

A partir del 18 % (-0,406) y hasta 24 % (-0,681) el porcentaje de germinación disminuyó aún más pues las condiciones de estrés impuestas fueron más severas; sin embargo, se destacan con una mejor respuesta en la concentración de 18 %, los cultivares 'INIFAT V-9' con un 96,9 % de germinación, seguida por 'Júpiter' con 92,7 % e 'IGH' con 87,0 %, sin diferencias significativas entre ellas.

En la concentración de 21 % se mantuvieron con los mayores valores estos mismos cultivares, pero el orden varió, tomando el primer lugar el cultivar 'IGH' con 78 % de germinación, seguido

por el 'INIFAT V-9' con 74,5 % y 'Júpiter' con 60,1 %, pero en este caso tampoco hay diferencias significativas entre ellas y sí con el resto de los cultivares que presentan valores más bajos en ambas concentraciones.

Al analizar la respuesta de los cultivares en la alta concentración de 24 % (-0,681), que genera un estrés hídrico severo, se observa que excepto los cultivares 'INIFAT-382', 'Conquista' y 'Cubaso-120', los otros fueron capaces de germinar en estas condiciones sin diferencias entre ellos y por supuesto con valores más bajos del porcentaje de germinación, se destaca en

este caso con el mayor valor el cultivar 'Doko' con 26,3 %, seguido por 'Flora' con 16,1 % y 'Júpiter' con 16,0 % sin diferencias significativas entre ellos, seguidos por 'INIFAT V-9' y por último el cultivar 'IGH'.

Diferentes autores plantean que el estrés hídrico afecta grandemente el proceso germinativo y señalan que esta es la fase crítica para el establecimiento y desarrollo de las plantas, pues garantiza la supervivencia de éstas, entre ellos se encuentra Khardinata (2018), quien en los estudios realizados de germinación con diferentes cultivares de soya y el uso de PEG a diferentes concentraciones (0 %, 2 %, 4 % y 6 %) encontró una notable disminución del porcentaje de germinación con el incremento del estrés hídrico.

Dantas *et al.* (2017) en estudios realizados para evaluar la tolerancia a la sequía en cultivares de soya durante la germinación y con el uso del PEG 6000, aplicaron cuatro tratamientos hídricos que generaron diferentes potenciales osmóticos en MPa. Entre ellos, el de 0,2 MPa permitió la mayor expresión de la variabilidad genética entre los genotipos estudiados, de esta manera la tensión de -0,2 MPa se destaca como la más conveniente para la discriminación de genotipos tolerantes y susceptibles a la sequía impuesta durante el proceso de la germinación.

Resultados similares fueron encontrados en este trabajo donde a partir de las concentraciones de PEG 6000 de 12 % y 15 %, que generaron tensiones hídricas de -0,201 y -0,295 respectivamente, es cuando se comienzan a diferenciar más los valores del porcentaje de germinación y es donde se expresa mejor la variabilidad genética de los cultivares.

La emisión de la radícula nos indica que las semillas han germinado, es la primera evaluación que se realiza, pero no siempre la germinación de la semilla asegura el establecimiento de la planta, si no tienen las

reservas suficientes para el crecimiento apropiado de la plántula. Las propiedades relacionadas con la dinámica de reservas surgen como los rasgos o caracteres potenciales para la selección de genotipos tolerantes.

La germinación de la semilla ocurre por la movilización de reservas del cotiledón, la cual proporciona la energía esencial para el posterior crecimiento de la plántula. Debido a la importancia de este proceso durante y después de la germinación, la movilización de reservas se ha estudiado ampliamente (Pereira *et al.*, 2015).

La disminución del porcentaje de germinación con incrementos del potencial hídrico puede deberse a cambios en los procesos metabólicos y enzimáticos presentes en las semillas como al desarrollo de metabolitos inducidos por el estrés y a una reducción de la difusión del agua, a través del tegumento y la absorción de agua por las semillas que provoca un déficit de hidratación (Marrou *et al.*, 2016).

Varios autores coinciden en que los efectos que ocasiona el estrés hídrico durante la germinación van desde una baja germinación y un pobre desarrollo de las plántulas, hasta la inhibición total de la germinación (Zheng *et al.*, 2016), debido a que no obtienen la cantidad mínima de hidratación para poder iniciar el proceso.

También se plantea que diferentes especies y cultivares de una misma especie tienen una respuesta diferenciada cuando son expuestos a los distintos niveles de sequía, debido al tamaño de la semilla, la composición química de las reservas y la permeabilidad del tegumento, entre otros caracteres (Queiroz *et al.*, 2019). Un potencial osmótico muy negativo puede afectar las semillas no haciendo posible que ocurra la germinación. Las respuestas más comunes de las plantas a la reducción del potencial osmótico son un retraso en la germinación inicial y una reducción en la proporción y la germinación total (Pías *et al.*, 2017).

En la Tabla 2 se muestra el comportamiento del Índice de Estrés de la Germinación (IEG) y el Porcentaje de Inhibición (PI) en los cultivares de soya evaluados, al ser sometidos a distintas condiciones hídricas con respecto al control. El análisis se realiza a partir de la concentración de 9 % (-0,124) hasta el 24 % (-0,681), porque las

concentraciones de 3 % y 6 % presentan valores muy cercanos al control. Evidentemente aquellos cultivares que tienen mayor porcentaje de germinación bajo condiciones de estrés, tendrán a su vez mayor Índice de Estrés y menor Porcentaje de Inhibición de la germinación.

Tabla 2. Índice de Estrés de la Germinación (IEG) y el Porcentaje inhibición (PI) de los cultivares de soya germinados en diferentes potenciales osmóticos. Letras distintas difieren significativamente para $p < 0,05$.

CONCENTRACION DE PEG (%) Y PO (MPa)												
	9 -0,124		12 -0,201		15 -0,295		18 -0,406		21 -0,535		24 -0,681	
CULTIVAR	IEG	PI	IEG	PI	IEG	PI	IEG	PI	IEG	PI	IEG	PI
JUPITER	100	0,0 b	100	0,0 c	100	0,0 c	92,7	7,5 d	60,1	39,8 bcd	16,0	84,0 a
INIFAT V-9	100	0,0 b	100	0,0 c	100	0,0 c	96,9	3,0 d	74,2	25,7 cd	11,7	88,3 a
CUBASOY 120	100	0,0 b	100	0,0 c	100	0,0 c	75,7	25,7 bc	15,2	84,8 a	0	0,0 b
IGH	100	0,0 b	100	0,0 c	100	0,0 c	87	13 cd	78,0	22,0 d	9,7	90,3 a
FLORA	95,6	5,0 ab	94,1	5,9 b	89,4	10,9 b	77,9	25,3 bc	57,8	42,2 bc	16,3	83,9 a
DOKO	91,3	10,0 a	84,8	15,2 ab	83,5	16,5 b	66,0	34 b	47,3	52,7 b	26,3	73,7 a
INIFAT 382	93,7	6,3 a	89,3	10,6 ab	78,2	16,6 b	67,3	32,6 bc	7,2	92,2 a	0,0	0,0 b
CONQUISTA	93,5	6,2 a	77,3	22,8 a	60,3	39,8 a	6,7	93,2 a	0,0	0,0 a	0,0	0,0 b

A medida que el estrés hídrico producido por el PEG 6000 es mayor, el Índice de Estrés de la Germinación va disminuyendo y el Porcentaje de Inhibición va aumentando, aunque los cultivares lo hacen de forma diferenciada, en las concentraciones desde 9 % hasta el 15 % los cultivares 'Júpiter', 'INIFAT V-9', 'Cubaso-120' e 'IGH' presentan un Índice de Estrés de la Germinación de 100 %, lo que implica tener un Porcentaje de Inhibición del 0 %.

El resto de los cultivares si se afectaron en esas condiciones, pero esta no fue tan severa, lo

Porcentajes de Inhibición estuvieron en un rango aproximado en las concentraciones de 9 %, 12 % y el 15 % entre 5,0 - 39,8 % de inhibición, los cuales son bajos porque no llegan en ningún caso el 50 %, se destaca con los mayores valores el cv. 'Conquista' en las concentraciones de 12 % y 15 %.

En el Potencial Osmótico de (-0,406 MPa) generado por la concentración de 18 % de PEG 6000, la afectación de la germinación es mayor que en las concentraciones anteriores, pero no llega al 50 % de afectación. Se mantienen con

los valores más bajos de inhibición los cultivares 'INIFAT V-9', 'Júpiter' e 'IGH' sin diferencia significativa entre ellos, el cultivar 'Cubasoy-120' se separa un poco con valores de 25,7 % junto con 'Flora' de 25,3 %, sin diferencias significativas entre ellos, seguidos con mayor afectación, los cultivares 'Doko', 'INIFAT-382' y 'Conquista' que tuvo la mayor inhibición con un 93,2 %.

En 21 % de PEG (-0,535 MPa) la afectación es mayor, pero es de destacar que aunque esta concentración genera un valor de Potencial osmótico alto, cultivares como 'IGH', 'INIFAT V-9', 'Júpiter' y 'Flora' tuvieron valores del porcentaje de inhibición de la germinación 22,0 %; 25,7 %; 39,8 % y 42,2 % respectivamente, lo que demuestra que fueron capaces de soportar esta alta restricción hídrica y que la inhibición con respecto al control estuvo por debajo del 50 %, los restantes cultivares si tuvieron afectaciones mayores y no germinó el cultivar 'Conquista'. En 24 % (-0,681 MPa), ya la afectación es muy severa y el porcentaje de inhibición toma valores muy altos, por lo que los cultivares 'Cubasoy-120', 'INIFAT -382' y 'Conquista' no fueron capaces de germinar en estas condiciones.

La reducción del porcentaje de germinación en presencia de estrés hídrico simulado con PEG-6000, también ha sido informada en el cultivo de la soya por diversos autores (Dantas *et al.*, 2017 y Khardinata, 2018). Estos autores indican la utilidad potencial que pueden tener estos indicadores en la selección de materiales tolerantes a la sequía, aspecto de gran importancia, pues los éxitos de la evaluación de la tolerancia al estrés hídrico en campo son bajos y muy variables, debido a la alta influencia ambiental, por lo que los métodos de laboratorio constituyen una opción válida para discriminar genotipos en etapas tempranas en los programas de mejoramiento genético. En tal

sentido, se ha indicado que uno de los métodos más difundidos para determinar la tolerancia de las plantas al estrés hídrico es la observación de la capacidad germinativa de las semillas en esas condiciones (Faisal, 2016).

Figueroa *et al.* (2020) plantean que el mejoramiento genético para la resistencia a la sequía en el cultivo de la soya, ha sido llevado a cabo por selección a través de los rendimientos, pero tales procesos requieren de numerosos datos de campo en diferentes épocas del año lo cual no siempre es posible, por lo que una alternativa puede ser seleccionar material bajo condiciones de laboratorio o casa de cristal, usando semilleros como material de prueba.

En los estudios de selección de genotipos de soya con tolerancia a condiciones hídricas por déficit que involucra la prueba de germinación y el vigor de las semillas, varios autores han observado la efectividad de estas pruebas en las condiciones de potencial osmótico bajo, simuladas con el uso del polietilenglicol 6000 (PEG), por lo que se han aplicado en los estudios de la diversidad genética, diferenciación y agrupación de genotipos, así como la relación de la respuesta del genotipo durante esta prueba con su comportamiento en el campo (Lezcano *et al.*, 2019).

El estudio de la germinación en diferentes potenciales osmóticos, utilizando agentes como manitol, sacarosa o polietilenglicol de altos pesos moleculares (PEG-6000 y PEG-8000), han mostrado simular satisfactoriamente un efecto de sequía durante la germinación y emergencia de la semilla (Pias *et al.*, 2017), así como que existe una correlación alta y positiva entre la tasa de germinación en soluciones osmóticas y la tasa de emergencia en el campo, indicando que estas pruebas tienen valor predictivo.

Para estudiar los efectos de la escasez de agua sobre el cultivo de la soya y seleccionar los

genotipos de mejor comportamiento, se ha usado el PEG 6000, debido a que es uno de los métodos más fiables para proteger los genotipos deseables, por ser un osmolito inerte y no tóxico (Dantas *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

- ✓ El polietilenglicol 6000 resultó un osmolito eficiente para simular estrés hídrico en los estudios de germinación de cultivares de soya, porque permitió discriminar la respuesta entre los cultivares evaluados.
- ✓ Los resultados mostraron cuatro cultivares ('Cubasoy-120', 'IGH', 'INIFAT V-9' y 'Jupiter') con mejor comportamiento ante las concentraciones más altas de PEG-6000.
- ✓ Los menores porcentajes de inhibición respecto al control en la concentración de 21 %, se presentaron en los cvs. 'IGH' con 22 %, 'INIFAT V-9' con 25,7 %, 'Júpiter' con 39,8 % y 'Flora' con 42,2 %. En este orden se considera el grado de tolerancia a la sequía en las condiciones de estrés creadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dantas, S.A.G.; Silva, F.C.S.; Silva, L.J. y Silva, F.L. (2017). Strategy for selection of soybean genotypes tolerant to drought during germination. *Genetics and Molecular Research*, 16 (2): doi.org/10.4238/gmr160296.
- Duan, H.; Zhu, Y.; Li, J.; Ding, W.; Wang, H.; Jiang, L. (2017). Effects of drought stress on growth and development of wheat seedlings. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(5):1119 - 1124. doi:10.17957/IJAB/15.0 393.
- Expósito, L.J. (2019). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. En: X Congreso Cubano de Meteorología (2019). Habana Libre, La Habana, Cuba. 2 al 6 de diciembre de 2019.
- Faisal, S. (2016). Physiological studies on six wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought stress tolerance at seedling stage. *Agricultural Research and Technology*, 1(2). doi:10.19080/ARTOAJ.2016.01.555559.
- Figueroa, C.E.; Figueroa, J.; Torres, C. y Paneque, M. (2020). PEG Induced drought stress during germination: Effect on soybean germoplasm. *Agricultural Research and Technology*, 23(84). ISSN: 2471- 6774.
- FAO (2015). Perspectivas alimentarias. Semillas oleaginosas, 9-16. ISSN (versión impresa): 1564- 2801.
- García, J.C.; Muñoz, A.; Maldonado, M.N.; Cruz, S. y Ascencio, L.G. (2017). Resistencia a sequía en genotipos de soya considerando caracteres morfológicos, fisiológicos y agronómicos. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 8(2): 431- 437. doi.org/10.29312/remexca.v8i2.62.
- ISTA - International Seed Testing Association (2009). *International Rules for Seed Testing*. P.O. Basserdorf, CH-Switzerland. 300 p.
- Khardinata, E.H. (2018). Germination performance of selected local soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) cultivars during drought stress induced by Polyethylene Glycol (PEG). Disponible en: IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 122(1):012054. DOI: 10.1088/1755-1315/122/1/012054.
- Lamz, A.; Cárdenas, M.; Pérez, R.; Alfonzo, E. y Sandrino, A. (2017). Evaluación preliminar de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) promisorios para siembras tempranas en Melena del Sur. *Cultivos*

- tropicales, 38(4): 24-29. La Habana. ISSN (versión impresa): 0258- 5936.
- Lezcano, M.I.; Almada, V.R.; González, L.R. y Ulises, I.U. (2019). Efecto de diferentes potenciales osmóticos utilizando polietilenglicol sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de tres variedades de soja. *Investig. Agrar.*, 21(1):73-80. doi.org/10.18004.
- Maqueira, L.A.; De la Noval, W.; Herrera, O.; Mesa, S.A. y Toledo, D. (2016). Respuesta del crecimiento y rendimiento de cuatro cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) durante la época de frío en la localidad de Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 37(4):98- 104. La Habana. ISSN (versión impresa): 0258- 5936.
- Marrou, H.; Vadez, V. y Sinclair, T.R. (2016). Plant survival of drought during establishment: an interspecific comparison of five grain legumes. *Crop Sci.*, 55:1264-1273. doi.org/10.2135/cropsci2014.11.0760.
- Michel, B.E y Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethyleneglycol 6000. *Plant Physiology*; 51(5):914-916. doi:10.1104/pp.51.5.914.
- Pias, H.C.; Damian, M.; Alba, F.; Giacomelli, H.; Lowe, A. y Testa, V. (2017). Germination and vigor of maize hybrids seeds submitted to water stress. *Acta Iguazú*, 6(1):1-13.
- Pereira, W.A.; Pereira, M.A. y Dias, F.S. (2015). Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. *J. Seed Sci.*, 37: 63-69. ISSN: 2317 – 1537.
- Queiroz, S.M.; Oliveira, C.E.; Steiner, F.; Zuffo, M.A.; Zoz, T.; Vendruscolo, E.P.; Silva, N.V.; Mello, B.; Cabral, R. y Menis, F.T. (2019). Drought stresses on seed germination and early growth of maize and sorghum. *Journal of Agricultural Science*, 11(2): 310. ISSN: 1916- 9752.
- Rangel, M.A.; Gómez, N.; Tucuch, J.I.; Basto, D. de la C.; Villalobos, A. y Burgos, J.A. (2019). Polietilenglicol 8000 para identificar maíz tolerante al estrés hídrico durante la germinación. *Agron. Mesoam.*, 30(1): 255-256. doi.org/10.15517/am.v30i1.34198.
- Zheng, M.; Tao, Y.; Hussain, S.; Jiang, Q.; Peng, S.; Huang, J. y Nie. L. (2016). Seed priming in dry direct-seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. *Plant Growth Regul.*, 78:167-178. doi:10.1007/s10725-015-0083-5.

Fecha de recepción: 26 mayo 2020

Fecha de aceptación: 2 noviembre 2020.

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

