Agronomía Mesoamericana

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Nota técnica
Volumen 31(3):793-802. Septiembre-diciembre, 2020
e-ISSN 2215-3608, doi:10.15517/am.v31i3.38392

Imbibición y temperatura para romper la latencia de *Ischaemum rugosum* Salisb.[1]

Imbibition and temperature to rupture latency of *Ischaemum rugosum* Salisb

Mary Pamela Portuguez-García[2], Ana María Rodríguez-Ruiz[2], Carolina Porras-Martínez[3], María Isabel González- Lutz[4]

[1] Recepción: 24 de julio, 2019. Aceptación: 24 de abril, 2020. Este trabajo formó parte de la tesis de licenciatura de la primera autora, denominada "Evaluación de diferentes métodos para la ruptura de la latencia en la semilla de la maleza del arroz, zacate manchado (*Ischaemum rugosum*) Salisb." que formó parte del proyecto de investigación B6017 "Estudio de la posible resistencia simple o cruzada a herbicidas inhibidores de la (ALS) en *Ischaemum rugosum* Salisb. y propuestas para su manejo". Universidad de Costa Rica, Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, San José, Costa Rica.

[2] Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, La Garita, Alajuela, Costa Rica. mary.portuguez@ucr.ac.cr (https://orcid.org/0000-0002-3520-7699), amrodriguezster@gmail.com (https://orcid.org/0000-0002-4312-3188).

[3] Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica, San José, Costa Rica. cporrasmartinez@gmail.com (https://orcid.org/0000-0003-1157-8011).

[4] Universidad de Costa Rica, Escuela de Estadística, San Pedro, San José, Costa Rica. mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr (https://orcid.org/0000-0002-3073-7746).

Resumen

Introducción. La germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. es desuniforme debido a la presencia de latencia, proceso que afecta su manejo e investigación. **Objetivo.** Evaluar tres métodos para la ruptura de latencia en semillas de *I. rugosum* Salisb. que permitan su germinación uniforme en condiciones controladas. **Materiales y métodos.** Tres experimentos se ejecutaron en el Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; de mayo a junio del 2016. En el primero se probaron nitrato de potasio y agua destilada, dos tiempos de imbibición, y un testigo sin imbibición. En el segundo se sometieron las semillas durante tres semanas a cuatro regímenes de temperatura constante (15 °C, 30 °C, temperaturas alternas 15 y 30 °C, y temperatura ambiental a 26 °C). En el tercero las semillas se colocaron en agua durante una hora a diferentes grados de calor (23, 30, 45 y 65 °C), se utilizó un testigo sin imbibición. **Resultados.** En el primer experimento los mejores tratamientos fueron 16 y 24 h de imbibición con nitrato de potasio. En el segundo experimento la temperatura fue un factor significativo, se alcanzó la germinación con tres temperaturas empleadas, solo con 15 °C no hubo germinación. En el tercer experimento la temperatura en el agua fue un factor significativo, la mayor germinación ocurrió en el tratamiento a 23 °C, mientras que a 65 °C no ocurrió germinación. **Conclusión.** Se descartó el uso de agua caliente como forma para romper latencia. Se concluye que los mejores tratamientos fueron KNO_3 al 0,25 % por 16 o 24 h, mientras que el uso de agua solo fue efectiva en el tiempo de 16 h, en los tres casos alternando las temperaturas entre 15 y 30 °C.

Palabras clave: germinación de las semillas, agua destilada, nitrato de potasio, temperatura del agua, temperatura ambiental.

Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Abstract

Introduction. The germination of *Ischaemum rugosum* Salisb. is uneven due to the presence of latency, a process that affects its management and research. **Objective.** To evaluate three methods for breaking dormancy in *I. rugosum* Salisb. seeds that allow its uniform germination under controlled conditions. **Materials and methods.** Three experiments were carried out at the Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas of the Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; from May to June 2016. In the first experiment, potassium nitrate and distilled water, two imbibition times, and a control without imbibition were tested. In the second, the seeds were subjected for three weeks to four constant temperature regimes (15 °C, 30 °C, alternating temperatures 15 and 30 °C, and ambient temperature of 26 °C). In the third, seeds were placed in water for one hour at different degrees of heat (23, 30, 45, and 65 °C), a control without imbibition was used. **Results.** In the first experiment, the best treatments were 16 and 24 h of imbibition with potassium nitrate. In the second experiment temperature was a significant factor, germination was reached with three temperatures used, only with 15 °C there was no germination. In the third experiment the temperature in the water was a significant factor, the highest germination occurred in the treatment at 23 °C, while at 65 °C no germination occurred. **Conclusion.** The use of hot water as a way to break latency was ruled out. It is concluded that the best treatments were KNO_3 at 0.25 % for 16 or 24 h, while the use of water was only effective in the time of 16 h, in all three cases alternating temperatures between 15 and 30 ° C.

Keywords: seeds germination, distilled water, potassium nitrate, water temperature, environmental temperature.

Introducción

La latencia en las semillas de las malezas es bastante común, y representa un problema para su manejo en el campo, porque causa la germinación en forma discontinua. Dicho mecanismo constituye una manera de sobrevivencia de las semillas en el suelo, mediante la formación del banco de semillas del suelo, el cual les confiere a las malezas la oportunidad de infestar sucesivamente el campo (Vargas, 1994; Labrada et al., 1996).

Una de las principales poáceas que se encuentra asociada al cultivo del arroz en Costa Rica es *Ischaemum rugosum* Salisb., una maleza anual que afecta en especial al arroz de secano (Agüero, 1996; Tinoco y Acuña, 2009). Actualmente, se ha visto que esta maleza presenta resistencia a algunos de los herbicidas con que normalmente se controlaba; pero los estudios en este campo se han retrasado porque *I. rugosum* Salisb. presenta problemas de latencia una vez que es recolectada (Ortiz et al., 2013). La obtención de plántulas de *I. rugosum* Salisb. se dificulta, ya que las semillas que se cosechan no siempre germinan (Vargas, 1994; Jarma et al., 2007; Ortiz et al., 2013). La dificultad para germinar de esta semilla puede estar asociada a la latencia y/o a las condiciones de almacenamiento. En Costa Rica hay pocos reportes científicos sobre la manera de romper la latencia de *I. rugosum* Salisb. (Vargas, 1994).

La latencia en semillas de *I. rugosum* Salisb., está relacionada con la influencia de las glumas, las cuales impiden su germinación una vez que las espiguillas se desprenden de la planta (Pabón, 1983; Marenco y Santos, 1999; Jarma et al., 2007; Awan et al., 2014).

Varios estudios indican que para la ruptura de la latencia en *I. rugosum* Salisb., pueden emplearse métodos como la escarificación y la aplicación de sustancias metabólicas. Otros factores que también pueden desencadenar la germinación de las semillas de *I. rugosum* Salisb., son: la aplicación de distintos regímenes de temperatura y someterlas a un proceso de imbibición (Pabón, 1983; Bakar y Nabi, 2003; Jarma et al., 2007).

En caso de la temperatura, en un trabajo donde las semillas de *I. rugosum* Salisb. fueron sometidas a una temperatura constante de 30 °C por 4 h, se reportó un 41,9 % de germinación (Jarma et al., 2007). En otros estudios, se reportó que el rango de temperaturas óptima para la germinación de *I. rugosum* Salisb. bajo condiciones

Agron. Mesoam. 31(3):793-802, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.38392

controladas fueron de 25 y 30 °C (Bakar y Nabi, 2003). Además, se encontró un 92 % y un 100 % de germinación al exponer la semilla a 40 °C y 60 °C, respectivamente, durante una hora (Vargas, 1994).

En *I. rugosum* Salisb. se ha probado el efecto del KNO_3 para estimular la germinación (Jarma et al., 2007), el cual estimuló el proceso germinativo de las semillas fotoblásticas, dado que este compuesto puede actuar sobre el fitocromo A (Batak et al., 2002). Además, el KNO_3 rompe la latencia en muchas de las semillas de las poáceas, debido a la acción estimuladora del nitrato sobre la vía pentosa fosfato (la vía que genera NADPH en tejidos no fotosintéticos como en semillas en proceso de germinación) y, por lo tanto, influye en la fase inicial de la germinación (Moreira y Nakawa, 1988), dicha molécula puede aumentar indirectamente la oxidación de NADPH (Nonogaki et al., 2010). Por otra parte, en semillas latentes de *Arabidopsis*, se comprobó que el nitrato de potasio funciona como señal para la actividad de los ácidos abscísico y giberélico (Alboresi et al., 2005). No obstante, el mecanismo de acción del KNO_3 sobre la germinación aún se desconoce (Siadat et al., 2011).

Se requiere disponer de un método que permita romper la latencia y así obtener poblaciones uniformes en cuanto a la densidad y estado de desarrollo de las plántulas.

El objetivo de este trabajo fue identificar tratamientos para romper la latencia en semillas de *I. rugosum* Salisb. que permitan su germinación uniforme en condiciones controladas.

Materiales y métodos

El estudio se ejecutó en el Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

La semilla de *Ischaemum rugosum* Salisb. se recolectó en noviembre del 2015 de un lote de arroz ubicado en Playa Bandera, situado en el cantón de Parrita de la provincia de Puntarenas, a 41 msnm, en las coordenadas 9°30’32,28”N y 84°23’4,82”O. Las pruebas se iniciaron en mayo del 2016.

Para la recolección de semillas se recorrió el lote de forma aleatoria, y se tomaron aquellas que estuvieran a punto de desprenderse de los racimos, lo cual se utilizó como indicador de madurez. El conjunto de racimos (o semillas) se introdujeron en una bolsa plástica, se mezclaron y para su secado se dejaron durante una semana en una casa malla, que constaba de una estructura de perling y recubierto de malla antiáfidos, con cimientos de cemento, en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Dentro de la casa malla predominó una temperatura promedio de 34 °C y una humedad relativa promedio de 54 %. Posteriormente, se trasladaron al Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas, donde se almacenaron en frascos de plástico que se mantuvieron a temperatura ambiente (26 °C) durante el desarrollo del trabajo.

Se realizaron tres experimentos para romper la latencia. El primero consistió en cinco tratamientos: 1) imbibición en agua destilada por 16 h, 2) imbibición en agua destilada por 24 h, 3) imbibición en nitrato de potasio por 16 h, 4) imbibición en nitrato de potasio por 24 h, y 5) sin imbibición (testigo). Cada tratamiento se replicó diez veces. El diseño estadístico del experimento fue un irrestricto al azar.

A todos los tratamientos se les aplicó el siguiente procedimiento: se pesaron 1,5 g de semillas no escarificadas en una balanza analítica, esto para obtener grupos de alrededor de 200 semillas. Cada grupo se envolvió en una tela tipo organza, que consiste en un tejido de algodón fino y transparente, y se aseguró con una goma elástica, con el objetivo de mantener todas las semillas dentro de la tela y que recibieran de forma uniforme la humedad proporcionada. Los grupos de semillas envueltas se colocaron individualmente dentro de un Beaker (vaso de precipitado) de 250 ml. A cada Beaker se le añadieron 40 ml de agua destilada o de KNO_3 (0,25 % p/v), según correspondiera, excepto al testigo al cual no se le aplicó sustancia y tampoco imbibición. Las semillas se dejaron sumergidas en cada una de las soluciones durante 16 h o 24 h, según el tratamiento asignado.

Una vez transcurrido el periodo de 16 h y 24 h, la sustancia colocada en cada vaso se desechó y las semillas se mantuvieron en reposo durante 24 h en el mismo vaso. Transcurrido ese periodo, se realizó la siembra, la cual se ejecutó siguiendo el mismo procedimiento para cada uno de los tratamientos. Se colocaron de forma manual veinte semillas por plato Petri de 9,0 cm de diámetro y 1,5 cm de alto. En el fondo de cada plato se colocó un papel filtro y se agregaron 3,0 ml de agua destilada. Los platos Petri se colocaron en un cuarto de germinación con una temperatura constante de 30 °C, 99,9 % humedad relativa y 12 h luz y 12 h oscuridad.

La germinación se evaluó a los 4, 8, 15 y 22 días después de la siembra (dds). La evaluación consistió en contar cada semilla germinada y no germinada. Se contaron como semillas germinadas las que tenían una hoja verdadera, mismas que se descartaron para dejar en el plato solo las que no habían germinado para el siguiente conteo.

En el segundo experimento, el procedimiento para la obtención de los grupos de semilla y la siembra en cada tratamiento se efectuó de la misma forma que se describió para el experimento anterior. Consistió en cuatro tratamientos: 1) germinación a 15º C, 2) germinación en intervalos de 12 h a 15 ºC y 12 h a 30 ºC (en ambos tratamientos se usó una cámara de germinación Hotech modelo 624, Nueva ciudad de Taipei, Taiwán), 3) germinación a 30º C, la cual se realizó en un cuarto de germinación, y 4) temperatura ambiental a 26 °C como testigo.

La humedad relativa en los tres primeros tratamientos fue de 99,9 %, y en el laboratorio donde estuvo el testigo fue de alrededor de 72,5 %, los periodos de luz y oscuridad fueron de 12 h cada uno. Cada tratamiento se replicó diez veces. El diseño estadístico del experimento fue un irrestricto al azar. La germinación se evaluó a los 8 dds, 15 dds y 22 dds, de la misma forma que se describió para el primer experimento.

En el tercer experimento, luego de reunir los cinco grupos de semillas, se calentó agua en un baño María (Cole-Parmer modelo SB-11000, Illinois, Estados Unidos), para mantener constante durante una hora la temperatura del agua de imbibición en el tercer experimento. Cada grupo de semillas se sometió durante una hora a imbibición en agua destilada a diferentes temperaturas que fueron los tratamientos (5): 30 °C, 45 °C, 65 °C, y a temperatura ambiente sin previo calentamiento (alrededor de 23 °C), además se incluyó un testigo sin imbibición. Transcurrida la imbibición, las semillas se dejaron en reposo sin agua durante 24 h, luego se sembraron y se acondicionaron de la misma forma que se describió para el primer experimento.

Cada tratamiento se replicó diez veces. El diseño estadístico del experimento fue un irrestricto al azar.

La germinación se evaluó a los 8 dds, 15 dds y 22 dds, y se hizo de igual forma que en los dos experimentos anteriores. Solamente se analizaron y reportaron los resultados a los 22 dds

Los experimentos se analizaron mediante un modelo de regresión logística, con pruebas de hipótesis para los coeficientes de regresión, para las que se utilizó un nivel de significancia del 5 %. Para interpretar los resultados se calcularon ventajas de semillas germinadas de la siguiente manera (ecuación 1):

$$ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_i X_i + \varepsilon \qquad (1)$$

Donde:

$ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$ = ventaja de germinación (porcentaje de semillas germinadas en cada condición vs. porcentaje de semillas no germinadas).

X_i = tratamiento.

Agron. Mesoam. 31(3):793-802, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.38392

El procesamiento de los datos de los experimentos se efectuó mediante el programa JMP versión 9.

Resultados

El uso de KNO_3 al 0,25 % por 16 h y 24 h mostró razones de ventaja de germinación significativas y mayores que 1 al compararlas con las del testigo (sin imbibición), al emplear KNO_3 no se produjo ventaja de 16 h vs. 24 h (p=0,3488), por ello, ambos tratamientos tuvieron el mismo efecto sobre la germinación. El uso de agua por 16 h favoreció la germinación, no se encontró diferencia significativa al utilizar agua por 16 h y 24 h. Hubo mayor ventaja de germinación cuando se utilizó el método de imbibición en KNO_3 por 24 h que al probar agua (Cuadro 1).

Cuadro 1. Razones de ventaja y probabilidad asociada de acuerdo con el tratamiento empleado para realizar la imbibición en las semillas de *Ischaemum rugosu*m Salisb. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Table 1. Reasons for advantage and associated probability according to the treatment used to carry out the imbibition in the seeds of *Ischaemum rugosum* Salisb. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Tratamientos	Razón de ventaja	Probabilidad
KNO_3 16 h vs. testigo	4,4372502	<0,0001*
KNO_3 24 h vs. testigo	6,3126542	<0,0001*
KNO_3 24 h vs. $KNO_3$16 h	1,4226542	0,3488
H_2O 16 h vs testigo	1,8708822	0,0075*
H_2O 24 h vs testigo	1,2821272	0,2652
H_2O 16 h vs H_2O 24 h	1,4592017	0,1176
KNO_3 16 h vs. H_2O 16 h	2,3717421	0,0036*
KNO_3 24 h vs. H_2O 24 h	4,923593	<0,0001*

*Significativo al 5 % / *Significant at 5 %.

La temperatura tuvo un efecto significativo en la germinación (p<0,0001). La temperatura alterna (15 °C y 30 °C), el testigo (26 °C) y el tratamiento a 30 °C constante, mostraron razones de ventaja de germinación muy elevadas y significativas cuando se comparan con 15 °C, dado que bajo esta temperatura no se desencadenó el proceso germinativo. La temperatura alterna (15 °C y 30 °C) tuvo un 82 % más de ventaja de germinación que el testigo, pero no así con la constante a 30 °C y a su vez, esta última no mostró ventaja sobre el testigo (Cuadro 2, Figura 1).

En el tercer experimento, con el agua de imbibición a temperatura ambiente (sin previo calentamiento a 23 °C) se obtuvieron razones de ventaja de germinación mayores que uno, y significativas cuando se compararon con los tratamientos de 30 °C, 45 °C, 65 °C y el testigo (sin imbibición). Al comparar cada una de las temperaturas de forma individual con el tratamiento de 65 °C se obtuvieron razones de ventaja muy altas y significativas. Esto se explica porque en todos los tratamientos hubo germinación, sin embargo, cuando las semillas se colocaron a imbibición a 65 °C ninguna germinó. De acuerdo con los resultados obtenidos, no fue necesario calentar el agua de imbibición para obtener una mayor ventaja de germinación (Cuadro 3).

Cuadro 2. Razones de ventaja y probabilidades asociadas de acuerdo con las temperaturas utilizadas para estimular la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Table 2. Reasons for advantage and associated probabilities according to the different temperatures used to stimulate the germination of *Ischaemum rugosum* Salisb. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Tratamientos	Razón de ventaja	Probabilidad
15 °C y 30 °C vs. 15 °C	2,5336e+9	<0,0001*
15 °C y 30 °C vs. 30 °C	1,2734108	0,3258
15 °C y 30 °C vs. 26 °C	1,8270677	0,0103*
30° C vs. 15 °C	1,9896e+9	<0,0001*
30° C vs. 26 °C	1,4347826	0,1123
26° C vs. 15 °C	1,3867e+9	<0,0001*

*Significativo al 5 % / *Significant at 5 %.

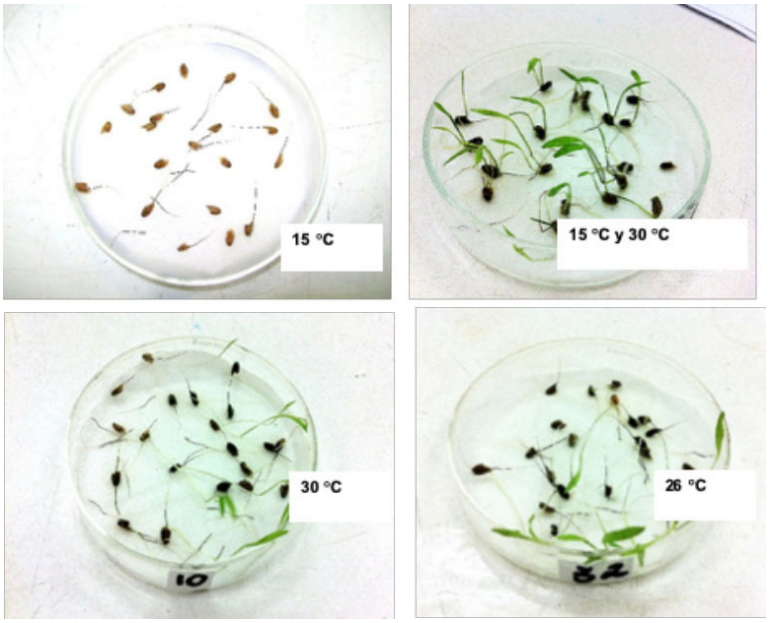

Figura 1. Germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. alcanzada a los ocho días después de la siembra, tras ser sometida a 15 °C, 15/30 ºC por 12 h a 15 ºC y 12 h a 30 ºC, 30 °C y 26 °C. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Figure 1. Germination of *Ischaemum rugosum* Salisb. achieved at eight days after seedling, after being subjected to 15 °C, 15/30 ºC for 12 h to 15 ºC and 12 h to 30 ºC, 30 °C and 26 °C. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Agron. Mesoam. 31(3):793-802, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.38392

Cuadro 3. Razones de ventaja y probabilidades asociadas de acuerdo con los tratamientos de temperaturas del agua de imbibición para estimular la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Table 3. Reasons for advantage and associated probabilities according to the treatments of different temperatures of the imbibition water to stimulate the germination of *Ischaemum rugosum* Salisb. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS). San José, Costa Rica, 2016.

Tratamientos	Razón de ventaja	Probabilidad
23 °C vs. 30 °C	2,4917695	0,0003*
23 °C vs. 45 °C	2,0792249	0,0048*
23 °C vs. 65 °C	121,74074	<,0001*
23 °C vs. Testigo	2,0233918	0,0068*
30 °C vs. 65 °C	48,857143	<,0001*
45 °C vs. 65 °C	58,55102	<,0001*
45 °C vs. 30 °C	1,1984127	0,4262
Testigo vs. 30 °C	1,2314815	0,3616
Testigo vs. 45 °C	1,0275938	0,9071
Testigo vs. 65 °C	60,166667	<,0001*

*Significativo al 5 % / *Significant at 5 %.

Discusión

En este trabajo, con el uso de KNO_3 se obtuvo la mayor ventaja de germinación (Cuadro 1), lo cual coincide con otros reportes que indicaron que al aplicar KNO_3 al 10 % durante 24 h en semillas escarificadas de *I. rugosum* Salisb. la germinación fue de 96 %; mientras que la imbibición durante 24 h en agua solo produjo un 20 % de semillas germinadas (Jarma et al., 2007). La imbibición de las semillas no escarificadas de *I. rugosum* Salisb. en KNO_3 al 0,25 % ha sido empleada en otros estudios por su eficacia para romper latencia (Ortiz et al., 2013).

En otras especies de la familia Poaceae también se ha utilizado el nitrato de potasio al 0,2 % para promover la germinación. Tal es el caso de especies como *Cenchrus ciliaris* L. (Bilbao y Matías, 1979), *Holcus lanatus* L., *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Anthoxanthum odoratum* L. (Balocchi et al., 1999) y en semillas de maíz, aunque en ese caso fue a una dosis de 0,5 % (Siadat et al., 2011).

La aplicación de KNO_3 en especies de otras familias, como en el caso de las solanáceas, ha resultado eficaz en la ruptura de la latencia a concentraciones de 0,2 % en *Capsicum chinense* Jacq. (Andrade y Laurentin, 2015) y de 2,5 % en *Solanum sessiliflorum* Dunal. (Moreno, 2012).

La temperatura aplicada en este experimento favoreció la ruptura de latencia en *I. rugosum* Salisb., excepto la de 15 °C, dado que las semillas latentes requieren percibir temperaturas específicas que puedan asegurar que ocurra la supervivencia de las plántulas, generalmente las temperaturas imperantes en la estación lluviosa (Baskin y Baskin, 2014), es probable que esto se deba a que una temperatura óptima activa la síntesis de AG_3 y este compuesto activa las enzimas hidrolasas que permiten la emergencia de la radícula (Herrera et al., 2006). En este trabajo la temperatura constante de 30 °C no tuvo diferencia con el testigo, ni cuando la temperatura varió entre 15 °C y 30 °C, aunque se reportó un aumento ligeramente significativo de la exposición a dos diferentes temperaturas

con respecto al testigo, este efecto pudo ocurrir debido a que se asocia al cambio de temperaturas que ocurre entre el día y la noche, lo cual simula el hábitat natural en el que crecen las especies; o en caso de semillas que crecen en climas estacionarios el cambio de temperatura que se da en las distintas estaciones sirve para indicar la finalización de la latencia (Pérez y Martínez, 1994; Labrada et al., 1996; Baskin y Baskin, 2014). Otras razones por las cuales algunos procesos germinativos se encuentran influenciados por la temperatura alterna son debidas a que las semillas la emplean como un mecanismo para detectar la profundidad, la presencia de vacíos en la vegetación y el cambio en las estaciones (Pérez y Martínez, 1994; Labrada et al., 1996; Baskin y Baskin, 2014).

En algunas especies de la familia Poaceae la variación en la temperatura ha resultado un método eficaz para la ruptura de la latencia, por ejemplo, al someter semillas de *P. virgatum* L. a variaciones de temperatura entre 15 °C y 30 °C durante un mes, resultó en un 58 % de germinación, mientras que este porcentaje fue de 2 % y 7 % al someter las semillas a temperatura constante de 15 °C o de 30 °C, respectivamente (Duclos et al., 2014). En *Sorghum halepense* L. la latencia innata se redujo gradualmente al aplicar ciclos fluctuantes de temperatura (Benech et al., 1990).

La ausencia de germinación a 15 °C coincide con lo que reportaron Bakar y Nabi (2003), quienes tampoco encontraron germinación al someter la semilla de *I. rugosum* Salisb. a la misma temperatura, probablemente esta temperatura causó la muerte del embrión o prolongó la latencia, ya que, bajo una temperatura no óptima para la germinación, ya sea que esta se encuentre por encima de la máxima o debajo de la mínima tolerada por la especie, puede llegar a estimularse el desarrollo de latencia secundaria impidiendo así la germinación, este tipo de latencia es muy común en semillas de malezas (Mérola y Díaz, 2012). Los mecanismos fisiológicos por los que se puede inducir a una latencia secundaria, es porque la temperatura posee influencia sobre las fitohormonas, específicamente las vías ácido abscísico/ácido giberélico. La pérdida de latencia en temperaturas adecuadas se asocia con una reducción en la síntesis del ácido abscísico (ABA) y un aumento en la síntesis del ácido giberélico (GA_3). Contrario a ello, una temperatura no óptima para la germinación puede aumentar la tasa de biosíntesis del ABA y se considera que el proceso germinativo se ve inhibido por dicha hormona que, además, puede desencadenar latencia (Bewley, 1997; Yoshioka et al., 1998; Baskin y Baskin, 2014; Duclos et al., 2014).

El método de calentar el agua de imbibición no estimuló la germinación y un aumento de hasta 65 °C fue inhibitorio. Los resultados encontrados en este experimento difirieron de otros autores que obtuvieron efectos estimulantes al someter semillas de *I. rugosum* Salisb. a imbibición durante una hora a temperaturas de 60 °C (Pabón, 1983). Las diferencias entre los resultados encontrados y los reportados, posiblemente se deban a que al someter las semillas a altas temperaturas tales como 65 °C, pudo provocar la muerte del embrión o bien pudo desencadenar el proceso de termo-inhibición que produce la síntesis del ácido abscísico (ABA), lo cual evita la biosíntesis ácido giberélico (GA_3), por lo que se previene la germinación (Franklin, 2009).

Conclusiones

Para promover la germinación de *I. rugosum* Salisb., deben utilizarse temperaturas alternas, una de 15 °C y luego una de 30 °C, en segunda instancia solo 30 °C y solo 26 °C (testigo). No es recomendable emplear 15 °C, ya que con esta temperatura no se obtuvo ventaja de germinación.

Los mejores tratamientos para romper latencia en *I. rugosum* Salisb. fueron KNO_3 al 0,25 % por 16 o 24 h, pero si solo se va a utilizar agua debe hacerse por 16 h.

Agron. Mesoam. 31(3):793-802, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.38392

Literatura citada

Agüero, R. 1996. Malezas del arroz y su manejo. I.M.R. S.A., San José, CRI.

Alboresi, A., C. Gestin, M. Leydecker, M. Bedu, C. Meyer, and H.N. Truong. 2005. Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. Plant Cell Environ. 28:200-512. doi:10.1111/j.1365-3040.2005.01292.x

Andrade, S., y H. Laurentin. 2015. Efecto del nitrato de potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. Unell. Cienc. Tec. 33:25-29.

Awan, T.H., B.S. Chauhan, and P.C Cruz. 2014. Physiological and morphological responses of *Ischaemum rugosum* Salisb. (wrinkled grass) to different nitrogen rates and rice seeding rates. PLoS One 9(6):e98255. doi:10.1371/journal.pone.0098255

Bakar, B.H., and L.N.A. Nabi. 2003. Seed germination, sedling establischment and growth patterns of wrinklegrass (*Ischaemum rugosum* Salisb.). Weed Biol. Manag. 3(18):8-14. doi:10.1046/j.1445-6664.2003.00075.x

Balocchi, O., I. López, y M. Pfíster. 1999. Características físicas y germinativas de la semilla de especies pratenses nativas y naturalizadas del dominio húmedo de Chile: *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis* y *Lotus uliginosus*. Agro Sur 27(2):37-47. doi:10.4206/agrosur.1999.v27n2-04

Baskin, C., and J. Baskin. 2014. Seeds: Ecology, bioegeography, and evolution of dormancy and germination. 2nd ed. Elsevier Inc., Amsterdam, NLD. doi:10.1016/C2013-0-00597-X

Batak, I., M. Dević, Z. Gibal, D. Grubišić, K.L. Poff, and R. Konjević. 2002. The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A- and phytochrome B-specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds. Seed Sci. Res. 12:253-259. doi:10.1079/SSR2002118

Benech, R.L., C.M. Ghersa, R.A. Sanchez, and P. Insausti. 1990. Temperature effects on dormancy release and germination rate in *Sorghum halepense* (L.) Pers. seeds: a quantitative analysis. Weed Res. 30:81-89. doi:10.1111/j.1365-3180.1990.tb01690.x

Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell 9:1055-1066. doi:10.1105/tpc.9.7.1055

Bilbao, B., y C. Matías.1979. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de las semillas de *Cenchrus ciliaris* cv. Biloela. Pastos y Forrajes 2:225-238.

Duclos, D.V., D.T. Ray, D.J. Johnson, and A.G. Taylor. 2014. Investigating seed dormancy in switchgrass (*Panicum virgatum* L.): understanding the physiology and mechanisms of coat-imposed seed dormancy. Ind. Crops Prod. 45:377-387. doi:10.1016/j.indcrop.2013.01.005

Franklin, KA. 2009. Light and temperature signal crosstalk in plant development. Curr. Opin. Plant Biol. 12:63-68. doi:10.1016/j.pbi.2008.09.007

Herrera, J., E. Guevara, R. Alizaga, y V. Jiménez. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. Universidad de Costa Rica. San José, CRI.

Jarma, A., J. Arbelaez, y J. Clavijo. 2007. Germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. en respuesta a estímulos ambientales y químicos. Rev. Temas Agrar. 12(2):31-41. doi:10.21897/rta.v12i2.1198

Labrada, R., J.C. Caseley, y C. Parker. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO, Roma, ITA.

Marenco, R.A., y R.V. Santos. 1999. Wrinkledgrass and rice intra and interspecific competition. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 11(2):107-111.

Mérola, R., y S. Díaz. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir latencia en semillas de plantas forrajeras. Trabajo final curso de posgrado, Universidad de la Empresa, Montevideo, URY.

Mester, T.C., and D.D. Buhler. 1991. Effects of soil temperature, seed depth, and cyanazine on giant foxtail (*Setaria faberi*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seedling development source. Weed Sci. 39:204-209. doi:10.1017/S0043174500071484

Moreira, N., y J. Nakagawa. 1988. Semillas. Ciencia, tecnología y producción. Agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, URY.

Moreno, C. 2012. Efecto de ácido giberélico (AG_3), nitrato de potasio (KNO_3) y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs), sobre el desarrollo temprano de *Solanum sessiliflorum* (cocona). Tesis grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, COL.

Nonogaki, H., G.W. Basselb, and J.D. Bewley. 2010. Germination still a mystery. Plant Sci. 179:574-581. doi:10.1016/j.plantsci.2010.02.010

Ortiz, A., S. Blanco, G. Arana, L. López, S. Torres, Y. Quintana, P. Pérez, C. Zambrano, y A. Fischer. 2013. Estado actual de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb. al herbicida bispiribac-sodio en Venezuela. Bioagro 25(2):79-89.

Pabón, R. 1983. Algunos aspectos biológicos de la maleza falsa caminadora (*Ischaemum rugosum*). Rev. COMALFI 84(34):3-47.

Pérez, F., y J. Martínez.1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, ESP.

Siadat, S.A., S.A. Moosavi, M.S. Zadeh, F. Fotouhi, and M. Zirezadeh. 2011. Effects of halo and phytohormone seed priming on germination and seedling growth of maize under different duration of accelerated ageing treatment. Afr. J. Agric. Res. 6:6453-6462. doi:10.5897/AJAR11.920

Tinoco, R., y A. Acuña. 2009. Manual de recomendaciones del cultivo de arroz. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, San José, CRI.

Vanden-Born, W.H. 1971. Green foxtail: seed dormancy, germination and growth. Can. J. Plant Sci. 5:53-59. doi:10.4141/cjps71-010

Vargas, M. 1994. Estudio del comportamiento de semillas de la maleza "La Falsa Caminadora" (*Ischaemum rugosum*) bajo diferentes condiciones de siembra, temperatura y humedad. BOLTEC 27(1):52-58.

Yoshioka, T., T. Endo, and S. Satoh. 1998. Restoration of seed germination at supra optimal temperatures by furidone, an inhibitor of abscisic acid biosynthesis. Plant Cell Physiol. 39:307-312. doi:10.1093/oxfordjournals.pcp.a029371