

NOTA CIENTÍFICA

Germinación y emergencia de lechuga a temperaturas elevadas

Germination and emergence of lettuce at elevated temperatures



HOZANO DE SOUZA LEMOS NETO^{1, 2*}
MARCELO DE ALMEIDA GUIMARÃES¹
BRUNO DO NASCIMENTO SILVA¹
CARIS DOS SANTOS VIANA¹
SEBASTIÃO MEDEIROS FILHO¹

Plántulas de lechuga en vivero.

Foto: H.S. Lemos Neto

RESUMEN

La germinación de lechuga presenta alta sensibilidad a condiciones ambientales, principalmente a temperaturas elevadas. Con el objetivo de evaluar el rendimiento germinativo y la emergencia de siete cultivares de lechuga a temperaturas elevadas, se evaluaron en cámara de crecimiento y vivero. En cámara de crecimiento se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial 7×6 entre cultivares (Red Salad Bowl, Salad Bowl Green, Marianne, Elba, Mimosa Green Salad Bowl, Crespa Lollo Bionda y Crespa para Verão) y temperatura diurna (15, 20, 25, 30, 35 y 40°C) con cuatro repeticiones. La evaluación en vivero de los cultivares empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones de 50 semillas. Los cultivares Red Salad Bowl, Salad Bowl Green y Crespa Lollo Bionda presentaron los mayores valores de germinación y emergencia en ambos experimentos, alcanzando 81% de la germinación en las temperaturas 25, 30 y 35°C. 'Red Salad Bowl' y 'Salad Bowl Green' alcanzaron emergencia de 70% y 'Crespa Lollo Bionda' superior al 50% mientras que los demás cultivares estuvieron por debajo de 22%. 'Red Salad Bowl', 'Salad Bowl Green' y 'Crespa Lollo Bionda' presentan elevada germinación y emergencia en temperaturas altas.

Palabras clave adicionales: *Lactuca sativa* L.; selección de cultivares; clima tropical; termo-inhibición.

¹ Universidad Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Fortaleza (Brasil). ORCID Lemos Neto, H.S.: 0000-0002-3446-380X; ORCID Guimarães, M.A.: 0000-0002-5329-022X; ORCID Silva, B.N.: 0000-0001-7847-7165; ORCID Viana, C.S.: 0000-0001-7860-9965; ORCID Medeiros Filho, S.: 0000-0002-6783-059X

² Autor para correspondencia. hozanoneto@hotmail.com

* Este trabajo hace parte de la disertación del primer autor.



ABSTRACT

Lettuce seeds have high sensitivity to the environmental conditions in which they are germinated, especially at elevated temperatures. The aim of this study was to evaluate the germination performance and emergence of seven lettuce cultivars at a high temperature, these were evaluated in growth chamber and nursery. In growth chamber was conducted in a completely randomized design (CRD) with a full 7×6 factorial (cultivars: Red Salad Bowl, Salad Bowl Green, Marianne, Elba, Mimosa Green Salad Bowl, Crespa Lollo Bionda and Crespa para Verão; daytime temperature: 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C) with four replicates. In nursery was also conducted in a CRD with four replicates of 50 seeds each. In both experiments, the cultivars Red Salad Bowl, Salad Bowl Green and Crespa Lollo Bionda presented the higher levels of germination and emergence. For germination, these cultivars showed results greater than 81% at temperatures of 25, 30 and 35°C. For emergence, Red Salad Bowl and Salad Bowl Green had an average of 70%, and Crespa Lollo Bionda had 50%, higher than the other cultivars, which had values below 22%. 'Red Salad Bowl', 'Green Salad Bowl' and 'Crespa Lollo Bionda' had high germination and emergence of seeds at high temperatures.

Additional key words: *Lactuca sativa* L.; cultivar selection; tropical climate; thermoinhibition.

Fecha de recepción: 08-02-2018 Aprobado para publicación: 30-11-2018

INTRODUCCIÓN

La lechuga se encuentra dentro de las hortalizas más importantes cultivadas a nivel mundial. En regiones tropicales, su cultivo se realiza durante todo el año. A pesar de eso, una de las grandes dificultades encontradas en el cultivo de esta hortaliza, tiene que ver con la germinación de semillas, que son sensibles a condiciones ambientales, principalmente la temperatura y humedad (Nascimento y Pereira, 2007). La germinación en temperaturas elevadas dificulta el establecimiento de plántulas, retrasa la producción, aumenta la exposición a condiciones adversas, reduce la productividad, y en consecuencia, perjuicio al productor (Bufalo *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2012).

La temperatura óptima para la germinación de semillas de lechuga es 20°C (MAPA, 2009). Temperaturas superior a 30°C no presentan germinación en la mayoría de cultivares o el proceso germinativo es retardado (Nascimento y Pereira, 2007), muy común en condiciones tropicales. Por lo tanto, dependiendo del lugar y la época de siembra, la germinación puede ser errática o nula, comprometiendo el *stand* de plántulas al momento de la siembra (Nascimento y Pereira, 2007).

El adormecimiento secundario es el evento en el cual el embrión en estado viable de germinación, ante su exposición a algún factor edafoclimático adverso entra en estado durmiente, siendo la temperatura uno de los factores que ejerce mayor influencia.

Según Nascimento y Pereira (2007), la dormancia de semillas de lechuga está asociada al genotipo, desencadenado tardía o prematuramente según el cultivar. De esta forma, estudios que identifiquen cultivares con germinación homogénea a temperatura elevada, es la alternativa para el cultivo de lechuga en regiones cálidas.

Cuando las semillas son sometidas a temperatura elevada durante la imbibición, desencadena internamente procesos fisiológicos conocidos como termoinhibición y termodormancia (Nascimento *et al.*, 2012). En el primer caso, sólo es una inhibición temporal, y una vez que la temperatura vuelve a ser favorable, la germinación ocurrirá. En el segundo caso se presenta la inhibición completa, en el momento que la temperatura vuelve a ser favorable no sucederá la germinación. Posiblemente ocasionado al endurecimiento del endosperma que restringe la protrusión de la radícula (Kozarewa *et al.*, 2006; Nascimento *et al.*, 2012).

En regiones tropicales cálidas, se presentan temperaturas elevadas durante todo el año, además de los bajos porcentajes de germinación que presenta la lechuga, también se reduce la velocidad. De esta forma, se hace necesario la búsqueda de cultivares tolerantes a temperaturas altas evitando la dependencia de zonas productoras que pueden ocasionar sobre costo o restringir su disponibilidad. Basado en lo expuesto, el objetivo del trabajo fue evaluar el desempeño

germinativo y la emergencia de siete cultivares de lechuga en condiciones de temperatura elevada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron experimentos en cámaras de germinación en el Laboratorio de Análisis de Semillas (LAS) para junio de 2014 y en vivero para julio de este año, ambos lugares del Departamento de Fitotecnia del Centro de Ciencias Agrarias de la Universidad Federal de Ceará (Campus Prisco Bezerra-Pici, Fortaleza-CE). Coordenadas geográficas 3°44' S, 38°33' W a 14 msnm.

La clasificación climática Aw "tropical lluvioso" según Köppen. La precipitación media anual 1.338 mm, humedad relativa 80%, temperaturas medias mínimas y máximas 23 y 30°C, respectivamente, y media anual 27°C.

Se utilizaron los cultivares de lechuga crespa hoja suelta: Red Salad Bowl (Sakama); Salad Bowl Green (Sakama); Marianne (Horticeres); Elba (Top Seed Garden); Mimosa Green Salad Bowl (Feltrin); Cresta Lollo Bionda (Sakama) y Crespa para Verano (Top Seed Garden). Estos cultivares son populares en el mercado brasileño por la resistencia a plagas, enfermedades y manejo poscosecha, además de su cultivo en condiciones tropicales con elevada temperatura.

El diseño experimental en cámara de crecimiento fue un diseño completamente azar con arreglo factorial 7×6 con cuatro repeticiones de 50 semillas. El primer factor correspondió a los siete cultivares de lechuga descritos anteriormente. El segundo factor las temperaturas diurnas 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C para un total de 42 tratamientos.

El establecimiento de la temperatura óptima para germinación fue 20°C (MAPA, 2009) a partir de esta, se establecieron rangos de temperaturas con el propósito de encontrar cultivares que germinaran a temperatura elevada. Se evaluaron las siguientes variables:

Germinación (G). Las semillas fueron distribuidas uniformemente sobre dos hojas de papel filtro, humedecidas con agua destilada, en proporción 2,5 veces la masa del papel seco dentro de cajas Petri 8×1,5 cm. Se empleó un régimen alterno de luz y oscuridad de 12 h y temperatura constante de 25°C. Las temperaturas diurnas de evaluación correspondieron a 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C utilizando cámaras de germinación tipo

biochemical oxygen demand (BOD) durante 7 d (MAPA, 2009). La presencia de raíz primaria se consideró como germinadas (Oliveira y Gomes Filho, 2009).

Primer conteo de germinación (PCG). Al cuarto día se determinó el porcentaje promedio de germinación (MAPA, 2009) con el criterio de raíz primaria (Oliveira y Gomes Filho, 2009).

Índice de velocidad de germinación (IVG). Diariamente y la misma hora se contabilizó el número de semillas que presentaron raíz primaria mayor de 2 mm. Los cálculos siguieron la metodología descrita por Maguire (1962).

En vivero se empleó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 50 semillas. Los cultivares fueron sembrados en bandejas de polietileno expandido con 200 celdas; el cubrimiento de la polisombra fue del 30% y el riego dos veces al día por microaspersión. La temperatura máxima y mínima al interior del vivero fueron 23 y 30°C. El sustrato contenía una proporción de abono orgánico y vermiculita 9:1 (v/v). Se empleó vermiculita estéril y abono orgánico con degradación aeróbica a alta temperatura. La composición nutricional del abono orgánico: 4,40 g kg⁻¹ de N; 983, 1400 y 22,00 mg dm⁻³ de P, K⁺ y Na⁺, respectivamente; 11,20; 10,80 y 23,42 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺, Mg²⁺ y CIC, respectivamente; pH en H₂O 7,40 y CE 1,0 dS m⁻¹. Se evaluaron las siguientes variables:

Emergencia (E). A los 10 días después de la siembra (DAS), se contabilizaron las plántulas emergidas cuando se presentó uniformidad del *stand* del tratamiento.

Índice de velocidad de emergencia (IVE). Determinado como el número de plántulas emergidas cada día hasta el décimo día, siendo la metodología descrita por Maguire (1962).

Se realizó un análisis de varianza de los resultados, la prueba de comparación Scott-Knott para el factor cultivar del experimento en cámara de crecimiento y un análisis de regresión para temperaturas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento de cámara de crecimiento presentó interacción entre factores, cultivar y temperatura ($P < 0,01$), para las variables evaluadas (Tab. 1). Estos

resultados indican respuesta diferencial entre cultivares ante la temperatura evaluada.

Se destacan las interacciones significativas de los cultivares 'Red Salad Bowl' y 'Crespa Lollo Bionda' a temperaturas 25 y 30°C, además 'Salad Bowl Green' a 15; 20; 25 y 35°C en la variable PCG (Tab. 2).

Se observaron los valores más altos de germinación (G) en 'Red Salad Bowl' a 15, 20, 25, 30 y 35°C; en 'Salad Bowl Green' a 15, 20, 25, 35 y 40°C y en 'Crespa Lollo Bionda' a 25 y 30°C (Tab. 2). De igual manera, para el índice de velocidad de germinación (IVG) en 'Red Salad Bowl' a 15, 25 y 30°C y 'Salad Bowl Green' a 15, 20, 25 y 35°C con los mayores promedios.

Tabla 1. Análisis de varianza del primer conteo de germinación (PCG), germinación (G) e índice de velocidad de germinación (IVG) para cultivares de lechuga sometidas a temperaturas elevadas.

FV	GL	PCG (%)	G (%)	IVG
Cultivar (C)	6	2336,21**	934,76**	537,24**
Temperatura (T)	5	1650,03**	1474,95**	248,12**
(C * T)	30	156,07**	92,16**	30,63**
Residuo	126	-	-	-
CV (%)		7,54	8,22	18,24

FV: fuente de variación; GL: grado de libertad; CV: coeficiente de variación; ** significancia al 1%.

Tabla 2. Primer conteo de germinación (PCG), germinación e índice de velocidad de germinación (IVG) para cultivares de lechuga sometidos a diferentes temperaturas.

Cultivares	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
Primer conteo de germinación (%)						
Red Salad Bowl (C1)	92 b	95 b	95 a	91 a	87 b	1 b
Salad Bowl Green (C2)	99 a	98 a	92 a	81 b	94 a	7 a
Marianne (C3)	17 e	18 d	19 d	10 f	4 e	0 b
Elba (C4)	21 e	23 d	23 d	15 e	6 e	0 b
Mimosa Green Salad Bowl (C5)	62 c	71 c	62 b	41 d	14 d	0 b
Crespa Lollo Bionda (C6)	42 d	92 b	90 a	92 a	71 c	2 d
Crespa para Verano (C7)	12 f	21 d	52 c	54 c	0 f	0 b
Germinación (%)						
Red Salad Bowl (C1)	96 a	95 a	95 a	91 a	90 a	5 b
Salad Bowl Green (C2)	99 a	99 a	93 a	81 b	94 a	10 a
Marianne (C3)	38 d	42 e	43 c	15 f	9 e	2 b
Elba (C4)	46 c	44 e	40 c	25 e	19 d	0 b
Mimosa Green Salad Bowl (C5)	81 b	91 b	76 b	49 d	31 c	1 b
Crespa Lollo Bionda (C6)	44 c	77 c	92 a	93 a	85 b	2 b
Crespa para Verano (C7)	46 c	52 d	71 b	68 c	0 f	0 b
Índice de velocidad de germinación (IVG)						
Red Salad Bowl (C1)	29,7 a	42,9 b	42,5 a	40,8 a	39,5 b	0,5 a
Salad Bowl Green (C2)	27,5 a	47,9 a	44,5 a	35,3 b	43,5 a	1,6 a
Marianne (C3)	4,7 c	5,8 e	6,1 d	2,4 f	1,3 d	0,2 a
Elba (C4)	5,4 c	6,3 e	5,3 d	4,1 f	2,1 d	0,0 a
Mimosa Green Salad Bowl (C5)	14,2 b	16,7 d	15,9 c	8,2 e	3,8 d	0,2 a
Crespa Lollo Bionda (C6)	8,6 c	30,1 c	29,3 b	25,4 c	14,1 c	0,3 a
Crespa para Verano (C7)	4,5 c	5,7 e	13,1 c	14,7 d	0,0 d	0,0 a

Promedios con letras distintas en la misma columna, indican una diferencia significativa según la prueba Scott-Knott ($P \leq 0,01$).

Además, es de gran importancia encontrar germinación de los cultivares Red Salad Bowl y Salad Bowl Green hasta los 35°C, así como 'Mimosa Green Salad Bowl' hasta 20°C, y 'Crespa Lollo Bionda' entre 25 y 35°C, que a su vez, alcanzaron porcentajes de PCG y G de 93, 93, 86 y 90%, respectivamente. Los anteriores resultados son superiores al estándar establecido por la norma de comercialización de semillas de lechuga del 80% (MAPA, 2009).

Los mejores valores del IVG los presentaron cultivares Red Salad Bowl y Salad Bowl Green entre las temperaturas 20 y 35°C y 'Crespa Lollo Bionda' entre 20 y 30° con promedios de 41,4; 42,8 y 28,3, respectivamente.

Todos los cultivares presentaron valores bajos en el PCG, G y IVG cuando la temperatura se encontró a 40°C y en 'Marianne', 'Elba', 'Mimosa Green Salad' y 'Crespa para Verano' se presentó la reducción a temperaturas de 30 y 35°C. Las condiciones de temperaturas elevadas superiores a 35°C se observó reducción y/o inhibición de la germinación en la mayoría de los cultivares (Bufalo *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2012; Catão *et al.*, 2014).

Según los reportes de Argyris *et al.* (2011) y Deng y Song (2012) que evaluaron semillas de lechuga en condiciones de temperatura elevada (27 a 33°C, 25 a 35°C, respectivamente), mencionan el desencadenamiento interno de la dormancia secundaria reflejado en el bajo porcentaje de germinación.

Para Nascimento y Pereira (2007), la dormancia de semillas de lechuga está asociada al genotipo, desencadenado tardía o prematuramente según el cultivar.

En la semilla, el embrión está totalmente envuelto por el endosperma constituido por capas de dos a cuatro células que puede retardar o impedir la germinación de las semillas, actuando así, como barrera física que impide la emisión de la radícula, especialmente en condiciones desfavorables como la temperatura alta (Kozarewa *et al.*, 2006; Nascimento *et al.*, 2012).

Cuando las semillas pierden el poder germinativo, es decir, no ocurre la protrusión de la radícula, se requiere el debilitamiento del endosperma que generalmente está constituido por enzimas tipo endo- β -mananasa (Nascimento *et al.*, 2004).

Por lo general, los cultivares que presentan germinación satisfactoria en altas temperaturas presentan actividad alta de la endo- β -mananasa y son considerados

termotolerantes (Nascimento *et al.*, 2004), pero la evaluación enzimática no fue determinada en este estudio.

En este sentido, 'Red Salad Bowl', 'Salad Bowl Green' y 'Crespa Lollo Bionda' presentaron altos porcentajes de PCG, G y IVG a temperaturas superiores a 30°C, indicando capacidad adaptativa a condiciones de temperatura elevada, al menos en estadios iniciales de desarrollo de la plántula. De esta manera, para conocer la termotolerancia de las semillas evaluadas requiere ensayos en campo y determinación de la actividad endo- β -mananasa.

Ante la capacidad adaptativa que llegaría a tener los cultivares Red Salad Bowl, Salad Bowl Green y Crespa Lollo Bionda en climas tropicales de temperatura elevada (baja altitud y latitud), permite aumentar la probabilidad de supervivencia en comparación a 'Elba' y 'Crespa para Verano' que presentaron limitados y estrechos rangos de temperatura para la germinación.

Con el fin de determinación la mayor temperatura posible con los mejores promedios de G y IVG de los cultivares, se ajustaron modelos de regresión polinomial cuadrática (Fig. 1). Los rangos de temperaturas para la germinación en 'Salad Green Bowl' y 'Red Salad Bowl' se determinaron entre 18,3-27,9 y 17,7-26,3°C, respectivamente, y 23,4°C en 'Crespa para Verano' (Fig. 1B), todos ellos con temperaturas de 25,2; 25,1 y 25,9°C, respectivamente, para el IVG (Fig. 1C). Para 'Mimosa Green Salad Bowl' y 'Crespa Lollo Bionda' se observaron temperaturas de germinación entre 26,4 y 31,8°C y del IVG de 17,3 y 25,7°C, respectivamente.

Con excepción a los cultivares Crespa Lollo Bionda y Crespa para Verano que presentaron diferencias en las temperaturas óptimas para alcanzar el máximo IVG y G, los demás cultivares presentaron alto IVG a mayor temperatura como lo menciona MAPA (2009). De igual forma Nascimento *et al.* (2011), indican que las temperaturas bajas tienden a causar menores efectos sobre el porcentaje de germinación, sin embargo, son capaces de proporcionar un proceso de germinación más lento y desuniforme perjudicial en el establecimiento del cultivo.

La reducción acentuada de la G e IVG en temperaturas de 30 y 35°C, pueden relacionarse con la inactivación de las enzimas en el proceso germinativo, ocasionando adormecimiento de la semilla en los casos que depende del genotipo y del nivel de temperatura sometido.

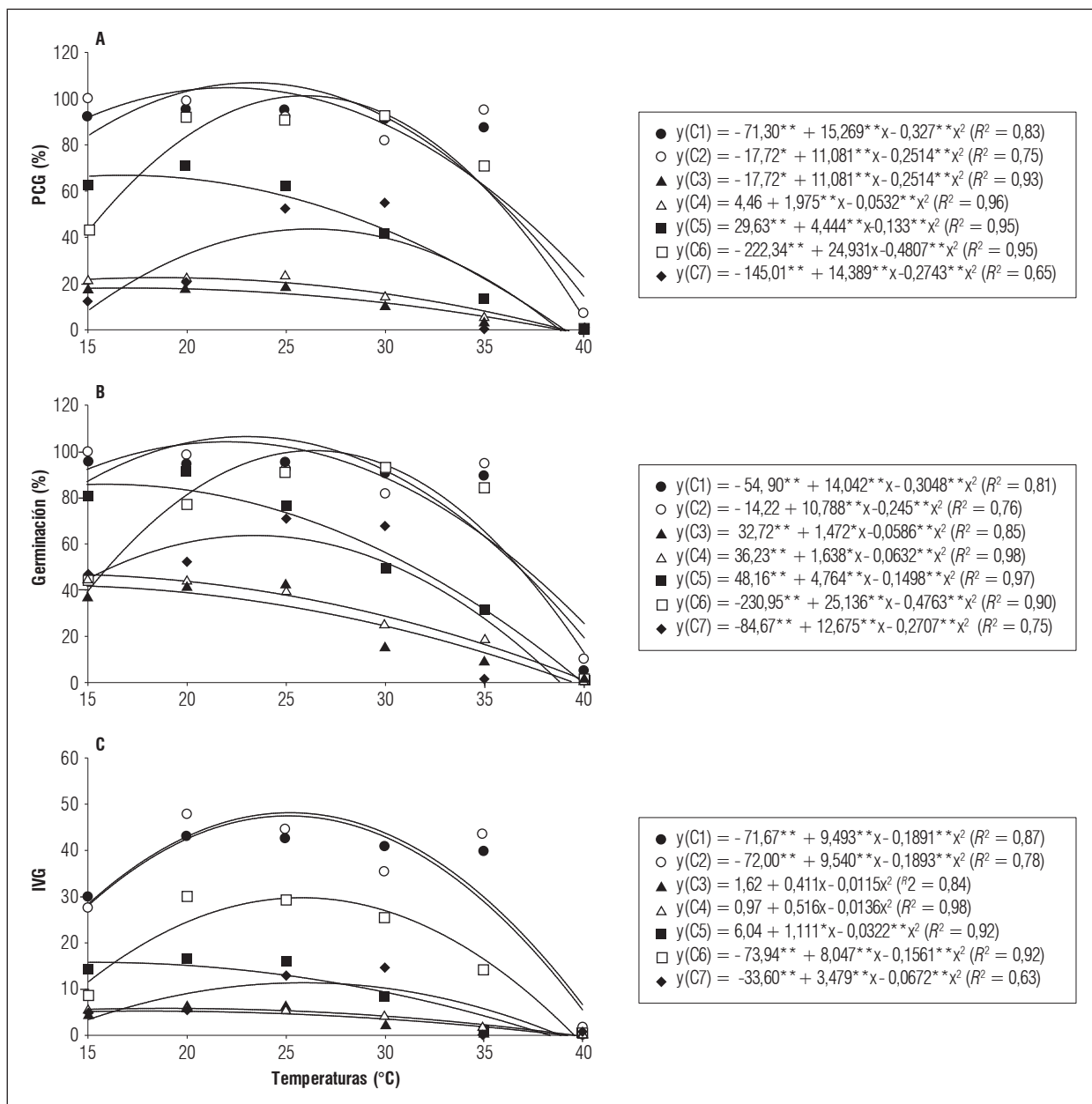


Figura 1. Germinación de semillas para cultivares de lechuga sometidas a diferentes temperaturas. A, primer conteo de germinación (PCG); B, germinación y C, índice de velocidad de germinación (IVG). C1, 'Red Salad Bowl'; C2, 'Salad Bowl Green'; C3, 'Marianne'; C4, 'Elba'; C5, 'Mimosa Green Salad Bowl'; C6, 'Crespa Lollo Bionda' y C7, 'Crespa para Verano'. ** y * significancia a 1% y 5% por la prueba t de Student.

En condiciones de vivero, los cultivares presentaron diferencias en el porcentaje de emergencia (E) e índice de velocidad de emergencia (IVE) de las plántulas (Tab. 3). 'Red Salad Bowl' y 'Salad Bowl Green' presentaron las mejores respuestas a la E e IVE. El cultivar Crespa Lollo Bionda también presentó altos resultados.

El rápido establecimiento del cultivo tiene una gran ventaja al productor, al evitar que las semillas no estén expuestas a factores edafoclimáticos adversos durante la emergencia. Este vigor trae otros beneficios en el manejo del cultivo en las etapas iniciales (Marcos-Filho y Kikuti, 2008), principalmente en la uniformidad y momentos de las prácticas culturales. Esto es

de gran importancia, ya que el potencial fisiológico presentado por 'Red Salad Bowl', 'Salad Bowl Green' y 'Crespa Lollo Bionda' permiten la producción de lechuga en lugares cálidos de baja altitud y latitud como en el trópico.

Tabla 3. Emergencia (E) e índice de velocidad de emergencia (IVE) para cultivares de lechuga en condiciones de vivero en zona cálida.

Cultivares	E (%)	IVE
Red Salad Bowl	71 a	44,89 a
Salad Bowl Green	69 a	48,07 a
Marianne	21 c	10,89 c
Elba	15 c	5,59 c
Mimosa Green Salad Bowl	19 c	7,16 c
Crespa Lollo Bionda	50 b	21,96 b
Crespa para Verão	1 d	0,66 c
F (Cultivar)	58,08**	52,61**
CV (%)	21,06	26,79

Promedios con letras distintas en la columna, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). ** significancia 1%; CV: coeficiente de variación.

Se encontró germinación y emergencia de lechuga a temperaturas elevadas de 35°C, este hecho es importante para climas cálidos donde se registran dichos promedios en temperaturas altas. De esta forma, la selección del cultivar dependería de la temporada del año.

CONCLUSIÓN

La temperatura tiene una marcada influencia diferencial sobre la germinación de cultivares de lechuga.

Los cultivares Red Salad Bowl y Salad Bowl Green presentaron los mejores niveles de germinación (> 80%) a temperaturas entre 15 y 35°C. La emergencia promedio en campo de 70%.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) y la Fundación Cearense de Apoyo al Desarrollo Científico y Tecnológico (FUNCAP) por la concesión de becas a los involucrados en el trabajo.

Conflicto de intereses: el manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores,

quienes declaran no tener algún conflicto de interés que coloque en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argyris, J., M.J. Truco, O. Ochoa, L. Mchale, P. Dahal, A. Van Deynze, R.W. Michelmore y K.J.A. Bradford. 2011. A gene encoding an abscisic acid biosynthetic enzyme (LsNCED4) collocates with the high temperature germination locus Htg6.1 in lettuce (*Lactuca sp.*). *Theor. Appl. Genet.* 122(1), 95-108. Doi: 10.1007/s00122-010-1425-3
- Bufalo, J., A.C.E. Amaro, H.S. Araújo, J.M. Corsato, E.O. Ono, G. Ferreira y J.D. Rodrigues. 2012. Períodos de estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa L.*) sob diferentes condições de luz e temperatura. *Rev. Sem. Ciên. Agrar.* 33(3), 93-940. Doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n3p931
- Catão, H.C.R.M., L.A.A. Gomes, H.O. Santos, R.M. Guimaraes, P.H.F. Fonseca y F. Caixeta. 2014. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas. *Pesq. Agropec. Bras.* 49(4), 316-322. Doi: 10.1590/S0100-204X2014000400010
- Deng, Z. y S. Song. 2012. Sodium nitroprusside, ferricyanide, nitrite and nitrate decrease the thermo-dormancy of lettuce seed germination in a nitric oxide-dependent manner in light. *South Afr. J. Bot.* 78(1), 139-146. Doi: 10.1016/j.sajb.2011.06.009
- Kozarewa, I., D.J. Cantliffe, R.T. Nagata y P.J. Stoffella. 2006. High maturation temperature of lettuce seeds during development increased ethylene production and germination at elevated temperatures. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 131(4), 564-570. Doi: 10.21273/JASHS.131.4.564
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(1), 176-177. Doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Brasil. 2009. Regras para análise de sementes. Brasília.
- Marcos-Filho, J. y J.A.D. Kikuti. 2008. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. *Rev. Hortc. Bras.* 26(1), 165-169. Doi: 10.1590/S0102-05362008000200007
- Nascimento, W.M., D.J. Cantliffe y D.J. Huber. 2004. Ethylene evolution and endo- β -mannanase activity during lettuce seed germination at high temperature. *Sci. Agríc.* 61(2), 156-163. Doi: 10.1590/S0103-90162004000200006

- Nascimento, W.M. y R.S. Pereira. 2007. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. *Rev. Bras. Sementes* 29(3), 175-179. Doi: 10.1590/S0101-31222007000300021
- Nascimento, W.M., D.C.F.S. Dias y P.P. Silva. 2011. Qualidade da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. pp. 79-106. En: Nascimento, W.M. (ed.). *Hortaliças: tecnologia de produção de sementes*. Embrapa Hortaliças, Brasília.
- Nascimento, W.M., M.D. Croda y A.C.A. Lopes. 2012. Produção de sementes, qualidade fisiológica e identificação de genótipos de alface termotolerantes. *Rev. Bras. Sementes* 34(3), 510-517. Doi: 10.1590/S0101-31222012000300020
- Oliveira, A.B. y E. Gomes Filho. 2009. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. *Rev. Bras. Sementes* 31(3), 48-56. Doi: 10.1590/S0101-31222009000300005