

Pruebas de Vigor en Semillas de Lechuga y su Correlación con Emergencia

S. Contreras¹ y M. Barros

Departamento de Ciencias Vegetales
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306-22, Santiago, Chile

Abstract

S. Contreras and M. Barros. Vigor tests on lettuce seeds and their correlation with emergence.

The main objective of this study was to evaluate some of the available seed vigor tests to predict lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling emergence. Eight lettuce seed lots were evaluated by the following laboratory vigor tests: germination (GT), accelerated aging (AA), saturated salt accelerated aging (SSAA), conductivity (EC), and digital image analysis (IA). Also evaluated were the percentage (EP) and speed (ES) of the seed lots emergence under three conditions: seedling trays (ST) filled with a mixture of peat (80%) and perlite (20%), boxes with a clay loam soil (BS), and boxes with a mixture of clay loam soil (66%) and sand (34%; BSS). Correlation coefficients among the laboratory and emergence test results were calculated and significant differences were found. The correlation coefficients between EC results and each emergence parameter were not significant, while AA results were only significantly correlated with the emergence percentage for BSS. GT values and emergence results were significantly correlated in all cases. SSAA results were equally or more positively correlated than GT results with the EP and, for the three sowing conditions, they were more correlated with the ES than GT values. Vigor index results from the IA were significantly correlated with both emergence parameters, and its correlation with emergence on ST (EP and ES) was greater than GT values. The results of this study showed that SSAA and IA were the best laboratory tests for lettuce seed vigor evaluation, especially for seed lots to be used for plug seedling production.

Key words: accelerated aging, conductivity, emergence, seed vigor, vigor index.

Cien. Inv. Agr. 32(1): 3-11. 2005

INTRODUCCION

En las últimas décadas el mercado de las semillas ha experimentado importantes cambios como la globalización de su comercio y el incremento de su valor (Contreras, 2002). Entre las especies más comercializadas, el grupo de hortalizas y flores destaca por una creciente demanda y elevado costo (McDonald, 1998). Consecuentemente, las exigencias de calidad por parte de los consumidores han aumentado, y las empresas productoras buscan responder a estas exigencias.

La prueba de germinación es el procedimiento más ampliamente usado y aceptado como indicador de la calidad de un lote de semillas. Sin embargo, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones óptimas para cada especie, en la práctica la prueba de germinación ha mostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas y, además, resulta deficiente para discriminar lotes de semilla en relación con la rapidez y uniformidad de germinación (McDonald, 1980; Copeland y McDonald, 2001). Con

el fin de superar estos inconvenientes, surge el concepto de vigor de semillas, definido por AOSA (1983) como “aquellas propiedades de las semillas que determinan su potencial para una emergencia rápida y uniforme, y para el desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo”.

Entre las características que se esperan de una prueba de vigor destacan (McDonald, 1980; Bennett, 2002): 1. Entregar un índice de calidad de semilla más sensible que la prueba de germinación, 2. Dar un índice consistente de la clasificación relativa de lotes de semillas según su desempeño, 3. Ser objetivo, rápido, simple y económicamente factible, 4. Ser reproducible y de fácil interpretación, y 5. Correlacionarse con el desempeño de las semillas en el campo. Las pruebas de vigor actualmente propuestas se pueden agrupar en tres categorías (Bennett, 2002): 1. Pruebas de estrés (ej. prueba de frío, envejecimiento acelerado), 2. Pruebas bioquímicas (ej. conductividad eléctrica, prueba de tetrazolio), y 3. Pruebas de evaluación de la germinación y crecimiento de plántulas (ej. primer conteo de la prueba de germinación, emergencia de plántulas normales en turba, análisis de imagen). El uso de la mayoría de estas pruebas ha sido ampliamente evaluado en cultivos como maíz y soya. Sin embargo, reportes de su empleo en especies hortícolas y/o ornamentales son escasos y con resultados variables (Fay *et al.*, 1993; Jianhua y McDonald, 1996; Panobianco y Marcos-Filho, 2001; Bennett, 2002; Sako *et al.*, 2002).

Lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las especies hortícolas de mayor importancia a nivel mundial. En Chile, durante la temporada 1999-2000 se cultivaron 6.103 ha, siendo la tercera especie hortícola en superficie plantada (ODEPA, 2003). Su establecimiento se puede realizar por siembra directa y por trasplante de almácigos, observándose en los últimos años un creciente desarrollo de la producción especializada de plántulas en bandejas. Para el éxito de este tipo de producciones se requiere un alto porcentaje de emergencia, en forma

rápida y uniforme, por lo que el vigor de las semillas resulta especialmente crítico. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el uso de diferentes pruebas de vigor en semillas de lechuga, para luego correlacionar los resultados de estas pruebas con la emergencia de plántulas en distintas condiciones de siembra.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con ocho lotes de semillas de lechuga (A a H), correspondientes a cuatro cultivares de variedades botánicas diferentes: A y B correspondieron a *L. sativa* var. *capitata*, C y D a *L. sativa* var. *acephala*, E y F a *L. sativa* var. *crispa*, G y H a *L. sativa* var. *longifolia*; todos proporcionados por Semillas Seminis Sudamérica S.A. (Santiago, Chile). Cada lote fue sometido a las pruebas de germinación, vigor y emergencia que a continuación se describen.

Prueba de germinación (PG). Se dispusieron 200 semillas de cada lote en papel plisado (Microtox N° 20, 12 µm), previamente humedecido con 45 ml de agua destilada, puestos dentro de bandejas plásticas tapadas. Cada bandeja, una por lote, se colocó dentro de una cámara de germinación a 20 °C con ciclos alternados de luz (16 h) y oscuridad (8 h). Este procedimiento se repitió en dos oportunidades para cada lote. Se realizaron evaluaciones a los cuatro y siete días, considerando como germinadas sólo plántulas normales, libres de manchas necróticas o con síntomas de necrosis muy incipientes. Este criterio fue más estricto que el establecido por ISTA (1999), según el cual se consideran normales plántulas con necrosis en hasta 50% de sus cotiledones. Se analizaron por separado los datos del primer conteo de esta prueba, ya que este valor representaría la rapidez de germinación de la semilla y puede ser usado como índice de vigor (Copeland y McDonald, 2001).

Prueba de envejecimiento acelerado (EA). Se realizó adaptando la metodología descrita por Perry (1984), para lo cual en un soporte con malla plástica se dispusieron 0,25 g de semillas

(aproximadamente 240 semillas) de cada lote, evitando la superposición de semillas. Cada soporte se introdujo en frascos plásticos (8,5 cm de diámetro y 8 cm de alto) con 200 ml de agua destilada, quedando las semillas aproximadamente 2 cm sobre el nivel del líquido. Los frascos se cerraron herméticamente. Ocho de estos frascos, uno por lote, se pusieron dentro de un recipiente plástico rectangular (52 x 35 x 20 cm) con 4 L de agua destilada, se tapó y se incubó en una cámara de crecimiento a 40°C (± 2 °C). Luego de 72 h se retiraron y destaparon los frascos, sometiéndolos a una prueba de germinación según el método previamente descrito. Todo este procedimiento se repitió dos veces.

Prueba de envejecimiento acelerado con solución saturada (EASS). El procedimiento empleado fue similar al descrito para la prueba de EA, excepto que en cada frasco se agregó 75 g de NaCl, de manera de mantener saturada la solución a la temperatura de envejecimiento.

Prueba de conductividad eléctrica (CE). El método empleado correspondió a una adaptación del método descrito por Perry (1984) para frejol. Con este propósito, cuatro repeticiones de 0,1 g de semillas (alrededor de 100 semillas), de cada uno de los ocho lotes, se sumergieron en 50 ml de agua destilada por 24 h a 20 °C. Después de ese tiempo, se separaron las semillas, midiendo la conductividad eléctrica de la fase líquida. Además, para cada ensayo se preparó un control que contenía únicamente agua destilada. La conductividad real de cada solución, se calculó restándole el valor del control al de la solución de cada lote.

Prueba de análisis de imagen (AI). La prueba de AI de muestras de semillas de los ocho lotes se realizaron en Ohio State University, Department of Horticulture and Crop Science, de acuerdo con la metodología descrita por Sako *et al.* (2001). En términos generales, este procedimiento consistió en el análisis de la imagen escaneada de 50 plántulas, distribuidas en dos

hileras sobre un papel de germinación azul de 15 x 22 cm, luego de tres días de germinación a 20 °C. Mediante un programa computacional, se diferenció en la imagen el hipocotilo y radícula de las plántulas, midiéndose el largo de cada estructura. Basándose en el crecimiento de las plántulas, el programa computó un índice de crecimiento y uno de uniformidad, ambos variables entre 0 y 1000. Finalmente, el programa entregó un índice de vigor, el cual en este estudio correspondió a la suma de 70% del índice de crecimiento y 30% del índice de uniformidad. Se realizaron cuatro repeticiones, de 50 semillas cada una, para cada lote.

Pruebas de emergencia en bandejas speedling (BS). La siembra se realizó en marzo de 2003, en bandejas plásticas de 128 alvéolos (una semilla por alvéolo), usando como sustrato una mezcla de 80% turba (Sunchine PreMix N°6) y 20% de perlita (Harbolite). Cada lote de semillas se sembró en dos bandejas, las que fueron dispuestas bajo una protección de malla plástica negra de 60% de cobertura. A los 7, 11 y 14 días después de la siembra (DDS) se contabilizaron las plántulas emergidas (cotiledones expandidos) de cada bandeja.

Pruebas de emergencia en cajones. En abril de 2003, se realizaron siembras en cajones de 40 x 45 x 19 cm, llenos con dos sustratos diferentes y puestos dentro de invernáculos. Se usaron tres cajones llenos, a la mitad de su capacidad, con una mezcla de suelo franco arcilloso y arena en relación 2:1 (cajones SA), y tres cajones sólo con suelo franco arcilloso (cajones S). Dentro de cada cajón, se sembraron 40 semillas de cada lote dispuestas en hileras asignadas al azar, distanciadas 4 cm una de otra. A los 7, 11 y 14 DDS se contaron las plántulas emergidas (cotiledones expandidos).

Con el número de plántulas emergidas en cada prueba de emergencia, se calculó la velocidad de emergencia (VE), según lo propuesto por Hall y Wisner (1990):

Análisis estadístico. El análisis de los resulta-

$$VE = \frac{PE \text{ al C } 1}{N^{\circ} \text{ de días al C } 1} + \frac{PE \text{ al C } 2 - PE \text{ al C } 1}{N^{\circ} \text{ de días al C } 2} + \dots + \frac{PE \text{ al C "n"} - PE \text{ al C "n-1"}}{N^{\circ} \text{ de días al C "n"}}$$

donde: PE= plántulas emergidas, y C= conteo.

dos de las pruebas de germinación (PG, EA, EASS) y emergencia (%), en que los valores obtenidos presentaron una distribución binomial, se realizó mediante análisis de proporciones (Mead *et al.*, 1993). Se establecieron intervalos de confianza (95%) y según su comparación se analizó las diferencias entre lotes para cada prueba. Los resultados obtenidos de las pruebas de CE, AI y VE se sometieron a análisis de varianza y sólo cuando hubo diferencias significativas entre lotes ($p < 0,05$), se realizó la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS; $p = 0,05$). Para determinar la asociación existente entre las pruebas de laboratorio y las de emergencia, se determinó su coeficiente de correlación (Mead *et al.*, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la PG para los ocho lotes en estudio. Se pueden apreciar importantes diferencias entre ellos, lo que permitiría calificar a los lotes A y G como los mejores y a D como el peor. Si se analizan las diferencias para lotes de un mismo cultivar, en los cuatro casos se observa que éstas fueron significativas.

La emergencia en la mayoría de los casos fue mayor que la germinación obtenida para el mismo lote de semilla (Cuadro 1). Esto se debió a que por el criterio de normalidad empleado en la PG no se consideraron muchas plántulas que sí fueron capaces de emerger, pese a presentar manchas necróticas en sus cotiledones. Esto queda de manifiesto al considerar la germinación de plántulas normales más anormales (Cuadro 1). Al comparar los valores de emergencia de las tres condiciones de siembra, se pueden distinguir los cajones S como el medio menos favorable. La emergencia en las BS fue, en general, similar a la de los cajones

SA. Con el fin de caracterizar de mejor forma lo que correspondería al vigor de los lotes, complementando los valores de emergencia en el Cuadro 1 también se presentan los valores de VE. En este caso, los valores de las BS no fueron directamente comparables con los de los cajones, producto de la diferencia en el número de semilla empleada. Si se compara la VE entre cajones, se aprecia que todos los lotes demoraron más del doble en emerger en los cajones S que en los SA, corroborando el hecho de que los cajones S representaron las peores condiciones para emergencia. En lo que respecta a la comparación entre lotes, tanto para las BS como para los cajones SA se observó una clasificación en general similar a la que originó la PG. En el caso de los cajones S, no fue posible una clara diferenciación entre lotes, probablemente debido a lo desfavorable del medio y la mayor variabilidad que se produjo.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las diferentes pruebas de vigor. Salvo para CE y AI, estos corresponden a un porcentaje de germinación, por lo que su interpretación resulta relativamente sencilla. En el caso de CE, los resultados representan la conductividad eléctrica de la solución en que las semillas fueron sumergidas, están expresados en $\mu S \cdot cm^{-1} \cdot g^{-1}$, y estarían inversamente relacionados con el vigor de las semillas. Lo anterior ocasiona mayor dificultad en la interpretación de los resultados, lo que constituiría una desventaja para esta prueba (McDonald, 1980). El índice de vigor obtenido a partir del AI (Sako *et al.*, 2001), también presenta diferencias en cuanto a su interpretación. Este corresponde a un valor entre 0 y 1000, que mientras más alto representa mayor crecimiento y uniformidad de las plántulas y, por lo tanto, mayor vigor. En este sentido, a diferencia del valor de conductividad, constituye un valor cuya interpretación por parte de consumidores

y usuarios en general no debiese representar mayores complicaciones. Respecto a la clasificación que las distintas pruebas hicieron de los

lotes, en términos generales esta fue similar a la de PG; sin embargo, existieron ciertas discrepancias que serán luego discutidas.

Cuadro 1. Germinación e índices de emergencia para los lotes bajo diferentes condiciones de siembra (BS: bandejas speedling con mezcla de turba y perlita, CSA: cajones con suelo franco arcilloso + arena, CS: cajones con suelo franco arcilloso).

Table 1. Germination and emergence indexes of the lots under different sowing conditions (BS: speedling trays with a peat + perlite mix, CSA: boxes with clay loam soil + sand mix, and CS: boxes with clay loam soil).

Lote	Germinación ¹ (%)		Emergencia (%)			Velocidad de emergencia		
	normal ²	total ²	BS ²	CSA ²	CS ²	BS ³	CSA ³	CS ³
A	96 a	100 a	98 a	99 a	83 a	17,8 ab	5,5 a	12,7 a
B	78 b	89 d	88 bc	83 bc	83 a	15,7 cd	4,6 bc	11,8 a
C	66 c	95 c	80 c	88 b	74 a	14,5 d	4,8 b	11,4 a
D	13 e	82 d	66 d	71 cd	55 b	11,6 e	3,6 d	8,0 a
E	72 bc	88 d	86 bc	81 bc	73 a	15,4 cd	4,0 cd	9,3 a
F	37 d	68 e	63 d	59 d	50 b	10,0 e	2,4 e	5,8 a
G	96 a	99 ab	98 a	99 a	83 a	17,8 a	5,6 a	11,2 a
H	42 d	97 bc	92 b	78 bc	77 a	16,3 bc	4,0 cd	10,5 a

¹normal= % de plántulas normales; total= % de plántulas normales + anormales.

normal= % of normal seedlings; total= % of normal and abnormal seedlings.

²Valores de una misma columna con igual letra no presentaron diferencias significativas según análisis de proporciones con un 95% de confianza.

Values of a same column followed by the same letter did not show significant differences according to analysis of proportions with 95% of confidence.

³Valores de una misma columna con igual letra no presentaron diferencias significativas según prueba de DMS (p= 0,05).

Values of a same column followed by the same letter did not show significant differences according to LSD test (p= 0.05).

Cuadro 2. Resultados de las diferentes pruebas de vigor a que se sometieron las semillas de lechuga en estudio (PG: Germinación, EA: envejecimiento acelerado, EASS: envejecimiento acelerado con saturación de sales, CE: conductividad eléctrica, AI: análisis de imagen).

Table 2: Different vigor tests' results by which were evaluated the lettuce seeds (EA: accelerated aging, EASS: salt saturated accelerated aging, CE: conductivity, AI: image analysis).

Lote	Primer	EA ¹	EASS ¹	CE ²	AI ²
	conteo PG ¹				
	%	%	%	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$	Indice de Vigor
A	96 a	46 b	88 b	10,2 cd	495 c
B	72 b	6 d	53 c	16,6 e	401 c
C	59 c	0 f	46 cd	9,3 c	446 c
D	6 e	1 ef	12 f	17,3 e	293 d
E	65 bc	17 c	27 e	8,0 b	426 c
F	30 d	5 de	8 f	8,0 b	133 e
G	95 a	71 a	98 a	4,3 a	753 a
H	30 d	4 de	40 d	11,1 d	601 b

¹Valores de una misma columna con igual letra no presentaron diferencias significativas según análisis de proporciones con un 95% de confianza.

Values of a same column followed by the same letter did not show significant differences according to analysis of proportions with 95% of confidence.

²Valores de una misma columna con igual letra no presentaron diferencias significativas según prueba de DMS (p= 0,05).

Values of a same column followed by the same letter did not show significant differences according to LSD test (p= 0.05).

La correlación entre las pruebas de laboratorio y los parámetros de emergencia en los diferentes medios se presentan en el Cuadro 3. Contrario a lo que se habría esperado, PG presentó correlaciones relativamente altas en todos los casos, siendo éstas al menos significativas ($p < 0,05$). Existen dos razones que explicarían lo observado, la primera es el criterio de normalidad empleado en este estudio, el que al ser más

exigente que la norma ISTA, habría evaluado de mejor forma el vigor de las semillas. La segunda razón esta dada por las marcadas diferencias de calidad entre los lotes en estudio, lo que habría favorecido la correlación entre lo observado en PG y la emergencia de las semillas. En el caso del primer conteo de la PG, las correlaciones fueron en todos los casos significativos y similares a las de PG.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación entre los parámetros de emergencia de las semillas y las pruebas de laboratorio (PG: germinación, EA: envejecimiento acelerado, EASS: envejecimiento acelerado con saturación de sales, CE: conductividad eléctrica, AI: análisis de imagen).

Table 3. Correlation coefficients among emergence parameters and laboratory tests (PG: germination, EA: accelerated aging, EASS: salt saturated accelerated aging, CE: conductivity, AI: image analysis).

Parámetro de emergencia ¹	PG	Primer conteo PG	EA	EASS	CE	AI
Emergencia (%)						
Speedling	0,82*	0,80*	0,67	0,87**	-0,32	0,88**
Cajón SA	0,85**	0,86*	0,73*	0,93**	-0,31	0,81*
Cajón S	0,83*	0,81*	0,52	0,84**	-0,17	0,81*
Velocidad de emergencia						
Speedling	0,82*	0,80*	0,66	0,88**	-0,28	0,89**
Cajón SA	0,82*	0,82*	0,70	0,93**	-0,22	0,81*
Cajón S	0,75*	0,74*	0,42	0,82*	-0,00	0,72*

¹SA: suelo franco arcilloso + arena; S: suelo franco arcilloso.

SA: clay loam soil + sand; S: clay loam soil.

*, ** Significancia con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Significant with $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectively.

De acuerdo con lo que se esperaba, los resultados de germinación luego de las pruebas de EA y EASS (Cuadro 2) presentaron una marcada disminución, siendo ésta más acentuada en el caso de EA. En esta última prueba, además se pudo apreciar el desarrollo de hongos, principalmente de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, en las semillas de la mayoría de los lotes, confirmando lo observado por otros autores en cuanto a que el envejecimiento en condiciones de saturación de humedad causaría un deterioro demasiado severo en semillas de tamaño reducido y, por lo tanto, dificultaría su posterior evaluación y clasificación (Jianhua y McDonald, 1996; Wang *et al.*, 1996). Adicionalmente a los inconvenientes en la aplicación de la prueba de EA, la correlación entre sus resultados y la emergencia fue relativamente baja en todos los casos y sólo fue significativa

con la emergencia en los cajones SA (Cuadro 3). De esta forma, EA mostró no ser una buena alternativa para la evaluación del vigor en semillas de lechuga. En el caso de la prueba de EASS, la adición de NaCl permitiría mantener la humedad en torno a las semillas en aproximadamente 76%, controlando así su tasa de absorción de agua (Jianhua y McDonald, 1996). Este cambio en las condiciones de envejecimiento, además de evitar el desarrollo de hongos, permitiría un deterioro más homogéneo y controlado de las semillas, mejorando así la precisión y consistencia de esta prueba al ser usada en la evaluación de semillas pequeñas (Jianhua y McDonald, 1996; Pano-bianco y Marcos-Filho, 2001; Bennett, 2002). De hecho, se puede observar una mayor sensibilidad en la clasificación de los lotes mediante el EASS, presentándose diferencias entre lotes no

distinguibles con las otras pruebas (Cuadro 2). En oposición a lo observado para el EA, EASS presentó correlaciones similares o superiores a PG en todos los casos, siendo éstas siempre altamente significativas ($p < 0,01$), salvo en el caso de VE en los cajones S, en que fue significativa. Las ventajas de la prueba de EASS observadas en este estudio, coinciden con lo observado por otros autores en especies de semillas pequeñas (Jianhua and McDonald, 1996; Bennett, 2002), lo que presenta a esta prueba como una interesante alternativa para la evaluación del vigor en semillas de lechuga.

En el caso de la prueba de CE, su clasificación de los lotes presenta algunas discrepancias con la de las otras pruebas, por ejemplo, el lote A califica como inferior al F y no establece diferencia entre E y F (Cuadro 2). Adicionalmente, la correlación entre los resultados de CE y la emergencia de las semillas no fue significativa en ningún caso (Cuadro 3). Imprecisiones similares fueron reportadas por Panobianco y Marcos-Filho (2001) para tomate. Estos autores plantean como un inconveniente de esta prueba, el desconocimiento de los compuestos lixiviados (causantes de la lectura de conductividad) desde las semillas. Otra dificultad de la prueba de CE estaría dada por la presencia o ausencia de tratamientos fungicidas en la superficie de las semillas (Zhang y Hampton, 1999), la que puede resultar en variación de los resultados, produciendo lecturas de alta conductividad y haciendo parecer poco vigorosos lotes que en realidad no lo son. En este estudio, sólo los lotes A, B, C, G, y H estuvieron tratados con thiram, y eso podría explicar, por ejemplo, que el lote A fuese calificado como de bajo vigor por la CE (Cuadro 2); sin embargo, no explicaría que no se presenten diferencias entre los lotes E y F (ambos sin tratar y de germinación y emergencia muy diferentes). Por lo tanto, dado los resultados de este estudio, la CE no parece una alternativa factible de usar para la evaluación de vigor en semillas de lechuga.

En general, la clasificación de los lotes mediante la prueba de AI resultó similar a la de PG y las

pruebas de envejecimiento, pero presentó diferencias en lo que respecta al lote H (Cuadro 2). En este caso, H es evaluado como uno de los mejores lotes, acercándose más a los resultados de emergencia. La explicación de lo anterior estaría en que esta prueba no considera la anormalidad de las plántulas debido a necrosis de los cotiledones. Esto representará un inconveniente sólo en la medida que dicha anormalidad altere el comportamiento de las plántulas en su emergencia y estados iniciales, ya que podría constituir un problema de ciertos lotes de semillas que no estaría siendo considerado por el AI. Sin embargo, este problema es particular de este tipo de anormalidad, ya que casos como crecimiento deficiente de radícula y/o hipocotilo si serían considerados por la prueba (Sako *et al.*, 2001). En lo que respecta a las correlaciones entre el índice de vigor de AI y la emergencia de las semillas (Cuadro 3), estas fueron en general altas y siempre significativas. De particular interés son las correlaciones con la emergencia (% y VE) en bandejas speedling, las que fueron altamente significativas, mayores que las de PG y tan buenas como las de EASS. Dada la creciente importancia de esta forma de producción de almácigos, el uso de AI se presenta como una promisorio alternativa para la evaluación del vigor de semillas en lechuga. Se debe considerar, además, que esta prueba contempló el uso de sólo 200 semillas (versus 400 de la PG y EASS), y presenta las ventajas de ser más rápida (3 versus 7 y 10 días de la PG y EASS, respectivamente) y objetiva (las plántulas son evaluadas por un programa computacional).

Sobre la base de los resultados de este estudio, se puede concluir que las pruebas de EASS y la de AI se presentan como interesantes alternativas para la evaluación del vigor en semillas de lechuga, especialmente en la producción de almácigos en bandejas. No obstante, es necesario precisar el efecto de la necrosis cotiledonar sobre el ulterior desarrollo de las plántulas de lechuga. Es posible que exista también una correlación entre los resultados de estas pruebas y la emergencia de otras especies hortícolas y ornamentales de importancia económica, aspecto que requiere ser verificado.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar algunas de las pruebas de vigor disponibles en la predicción de emergencia en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Ocho lotes de semillas fueron evaluados por las siguientes pruebas de laboratorio: germinación (PG), envejecimiento acelerado (EA), EA con saturación de sales (EASS), conductividad eléctrica (CE) y análisis de imagen (AI). También se evaluó el porcentaje (PE) y velocidad (VE) de emergencia de los lotes en tres condiciones: bandejas speedling (BS) con una mezcla de turba (80%) y perlita (20%), cajones con suelo franco arcilloso (CS) y cajones con una mezcla de suelo franco arcilloso (66%) más arena (34%, CSA). Se establecieron las correlaciones entre los resultados de estas pruebas y las de laboratorio. La correlación entre los resultados de CE y los parámetros de emergencia no fue significativa en ninguna de las condiciones, mientras que EA solo lo fue con el PE de CSA. La correlación de la PG fue significativa en todos los casos. Los resultados de la EASS estuvieron tanto o más correlacionados que los de PG con PE y, para las tres condiciones, se correlacionaron mejor con la VE que los de PG. Resultados del AI se correlacionaron en forma significativa con PE y VE, presentando mejor correlación con la emergencia en BS (PE y VE) que la PG. De acuerdo con los resultados, EASS y AI fueron las mejores pruebas de laboratorio para evaluación de vigor en semillas de lechuga, especialmente cuando la semilla es usada para producción de plántulas en bandeja.

Palabras clave: Conductividad, emergencia, envejecimiento acelerado, vigor en semillas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Semillas Seminis Sudamérica S.A. por proporcionar las semillas empleadas en este estudio, en forma especial a Miriam Macias por su colaboración y apoyo técnico. También agradecemos al Dr. Miller

McDonald, profesor de Ohio State University, por posibilitar la realización de la prueba de análisis de imagen.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution N° 32. Association of Official Seed Analysts. 93 pp.
- Bennett, M. 2002. Saturated salt accelerated aging (SSAA) and other vigor tests for vegetable seeds. p. 188-193. In: Proceedings International Seed Seminar: Trade, Production and Technology. Edts. M. McDonald and S. Contreras. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Vegetales. October, 15th and 16th, 2002. Santiago- Chile.
- Copeland, L. O., and M. B. McDonlad. 2001. Principles of seed science and technology. 4th ed.. Kluwer Academic Publishers, EUA. 467 pp.
- Contreras, S. 2002. The international seed industry. p.1-9. In: Proceedings International Seed Seminar: Trade, Production and Technology. Edts. M. McDonald and S. Contreras. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Vegetales. October, 15th and 16th, 2002. Santiago- Chile.
- Fay, A.M., M. B. McDonald, and S. M. Still. 1993. Vigor testing of *Rudbeckia fulgida* seeds. Seed Science and Technology 21: 453-462
- Hall, R.D., and L. E. Wiesner. 1990. Relationship between seed vigor test and field performance of "Regar" Meadow Bromegrass. Crop Science 30: 967-970
- International Seed Testing Association (ISTA). 1999. International rules for seed testing. Seed Science and Technology 27: supplement, 333 pp.
- Jianhua, Z., and M. B. McDonald. 1996. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. Seed Science and Technology 25: 123-131

- McDonald, M. B. 1980. Assessment of seed quality. *HortScience* 15: 784- 788.
- McDonald, M. 1998. Improving our understanding of vegetables and flower seed quality. *Seed Technology* 20: 121-124.
- Mead, R., R. Curnow, and A. Hasted. 1993. *Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology*. 2th ed.. Chapman y Hall. Cornwall. Inglaterra. 415 pp.
- ODEPA. 2003. Estadísticas de la agricultura chilena. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Gobierno de Chile. www.odepa.gob.cl.
- Panobianco, M., and J. Marcos-Filho. 2001. Evaluation of the physiological potencial of tomato seeds by germination and vigor test. *Seed Technology* 23: 151-161.
- Perry, D.A. 1984. *Manual de Métodos de Ensayos de Vigor*. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 56 pp.
- Sako, Y., M.B. McDonald, K. Fujimura, A.F. Evans, and M.A. Bennett. 2001. A system for automated seed vigour assessment. *Seed Science and Technology* 29: 625- 636.
- Sako, Y., A. Hoffmaster, K. Fujimura, M.B. McDonald, and M.A. Bennett. 2002. Applications of computers in seed technology. p. 172- 187. In: *Proceedings International Seed Seminar: Trade, Production and Technology*. Edts. M. McDonald and S. Contreras. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Vegetales. October, 15th and 16th, 2002. Santiago- Chile.
- Wang, Y. R., L. Yu, and Z. B. Nan. 1996. Use of seed vigour tests to predict field emergence of Lucerne (*Medicago sativa*). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39: 255-262.
- Zhang, T. y J. G. Hampton. 1999. Research Note: Does fungicide seed treatment affect bulk conductivity test results. *Seed Science and Technology* 27: 1041-1045.

