



Relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica.

Relation of physiological quality of corn seeds with pH and electrical conductivity.

Hilmig Vitoria ¹
Jesús Rafael Méndez Natera ²

Originales
Recepción: 17/04/2007
Aceptación: 16/10/2007

RESUMEN

En semillas de diferentes cultivares de maíz provenientes de 12 lotes adquiridos en distintos años se estudió la relación entre la conductividad eléctrica y el pH del agua de remojo y la germinación y crecimiento de plántulas en invernadero, utilizando semillas sin tratar y semillas sometidas a la cámara de envejecimiento acelerado (72 h a $45 \pm 1^\circ\text{C}$ y 100% de humedad relativa). Se empleó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, se realizó el análisis de varianza y las diferencias entre cultivares se detectaron mediante la prueba de la mínima diferencia significativa. Los lotes mostraron a los 16 días de evaluación altos porcentajes de germinación en semillas no tratadas y se evidenció el efecto desfavorable sobre la germinación previo envejecimiento de las semillas. La altura de la planta, el peso seco del vástago y de las raíces mostraron diferencias significativas entre los lotes estudiados. La conductividad eléctrica se relacionó con los porcentajes de germinación de semillas sometidas a envejecimiento. Los lotes de semillas con altos valores de altura de planta y peso seco de vástago y de raíces presentaron bajos valores de conductividad eléctrica, por lo tanto, esta prueba podría ser indicativa del comportamiento de semillas de maíz en condiciones de invernadero. La prueba de pH no arrojó relación directa con la emergencia y el vigor de las semillas.

ABSTRACT

Seeds of several corn cultivars from 12 lots acquired in different years were used to study the relation among electrical conductivity and pH of soaking water and seed germination and seedling growth in the greenhouse using un-treated seeds and seed subjected to accelerated aging chamber (72 h at $45 \pm 1^\circ\text{C}$ and 100% of relative humidity). A randomized complete block design was used with four replications, an analysis of variance was applied and the differences among cultivars were detected by the Least Significant Difference Test. Un-treated seed lots showed high germination percentage at 16 days after sowing and the unfavorable effect of seed aging was demonstrated. Seedling height, dry seedling and radicle weights had significant differences among the studied lots. Electrical conductivity was related to germination percentage of aged seed. Seed lots that showed high values of seedling height and dry seedling and radicle weights had low values of electrical conductivity. Therefore, the test of electrical conductivity could be indicative of corn seed behavior in the greenhouse conditions. The pH test did not show direct relation with emergency and vigor of seed.

Palabras clave

conductividad eléctrica • pH • viabilidad • vigor • maíz

Keywords

electrical conductivity • pH • viability • vigor • corn

1 Departamento de Ciencias, Unidad de Estudios Básicos.
2 Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica.
Universidad de Oriente. Maturín, 6201, Monagas, Venezuela. jmendezn@cantv.net

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales productos de la dieta básica en Venezuela, particularmente como harina precocida. Dada la importancia social y económica que representa este cultivo, resulta necesario llevar a cabo trabajos y programas de investigación en producción de semillas que permitan la evaluación e identificación de la calidad de las mismas en cuanto a germinación y vigor, de manera que garanticen un buen rendimiento y productividad de dicho rubro.

En laboratorio, es comúnmente utilizado papel filtro o papel de toallas como sustrato para estudiar la germinación de semillas. Sin embargo, es necesario complementar las evaluaciones de calidad de semillas con pruebas más exigentes: tal es el caso del uso de arena como sustrato en condiciones de invernadero, añadiendo el uso de la cámara de envejecimiento acelerado (CEA) para asemejar condiciones extremas, tales como tiempo de almacenamiento (5, 18, 20).

Resulta de suma importancia poder discriminar entre diferentes lotes de semillas. Semillas de alta calidad podrían sembrarse en condiciones menos óptimas o podrían ser almacenadas por mayor tiempo en comparación con lotes de menor vigor, pero dentro del rango de calidad, de allí que la calidad de la semilla tiene un efecto fundamental en el rendimiento del cultivo. Los programas de control de calidad de las semillas, basados en ensayos bien fundamentados, asegurarían que sólo las mejores semillas se ofrezcan en el mercado (7).

No obstante, una desventaja frecuentemente asociada a la mayoría de estas pruebas es que requiere, por lo menos, entre siete y diez días para obtener resultados. Sin embargo, la prueba de conductividad eléctrica (CE) y la prueba de pH se han propuesto para proveer estimados de germinación y/o vigor de semillas en 24 horas o menos (9, 19).

La prueba de conductividad eléctrica permite estimar la integridad de la membrana celular. La pérdida de la misma y la subsecuente pérdida de solutos citoplasmáticos con propiedades electrolíticas son indicativas del rápido deterioro de las semillas. Por lo tanto, la evaluación de la conductividad eléctrica del exudado de las semillas debería ser una medida de su deterioro y, en consecuencia, de la calidad de las semillas para propósitos de siembra (15). Igualmente, se han efectuado trabajos para verificar si los cambios de color están relacionados con el pH de la solución exudada por las semillas durante el remojo, de manera tal que se puedan determinar cuantitativamente parámetros relacionados con la germinación a partir de valores de pH (9). Sin embargo, la prueba de conductividad eléctrica para semillas de maíz no ha sido bien aceptada como sí lo ha sido para soya y vainitas (4).

A pesar de los esfuerzos realizados hasta ahora, la interpretación de la lectura de la conductividad eléctrica y del pH de los exudados liberados por las semillas requiere estudios más detallados. Por ende, en el presente trabajo se estudian las relaciones entre pruebas de calidad de semillas en el invernadero (no envejecidas y semillas colocadas en la cámara de envejecimiento acelerado) de 12 lotes de maíz con las pruebas de conductividad eléctrica y pH.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el invernadero de Producción de Semillas del Postgrado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, Campus Juanico. Se utilizaron doce lotes de semillas de seis cultivares adquiridos en el comercio en años diferentes; éstos fueron: Himeca 95 (2002), Himeca 95 (2003), Pioneer 3018 (2002), Pioneer 3031 (2002), Pioneer 3031 (2003), Sefloarca 91 (2002), Sefloarca 91 (2003), Merideño (2002), Merideño (2003), Maíz Cariaco Jusepín (2000), Maíz Cariaco San Antonio (2002) y Maíz Cariaco Jusepín (2003). El número dentro del paréntesis indica el año de adquisición de las semillas. Los híbridos Himeca 95, Pioneer 3018, Pioneer 3031 y Sefloarca 91 representan cultivares pertenecientes al sistema de producción de semilla certificada, mientras que Merideño y Maíz Cariaco representan cultivares pertenecientes al sistema artesanal de producción de semilla, denominada semilla común, la cual es aquella que reúne requisitos mínimos de calidad y sanidad establecidos, sin estar involucrados al proceso de certificación (12).

En el invernadero se llevó a cabo la siembra de las semillas de los 12 lotes señalados bajo dos condiciones:

1. Prueba de germinación bajo condiciones normales (semillas no envejecidas artificialmente).
2. Prueba de germinación con semillas tratadas en cámara de envejecimiento acelerado (por 72 horas a una temperatura de $45 \pm 1^\circ\text{C}$ y 100% de humedad relativa).

En ambos casos se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada uno de los 12 lotes en bandejas de metal conteniendo arena. Las semillas fueron previamente desinfectadas con solución de cloro comercial (5,25% hipoclorito de sodio) al 10% por tres minutos. La profundidad de siembra fue de 2 cm aproximadamente. El riego fue diario. Se midieron los siguientes parámetros a los 16 días después de la siembra (dds): porcentaje de germinación, altura de las plántulas, longitud de la radícula, peso seco del vástago y peso seco de la radícula.

Las mediciones de pH y conductividad eléctrica se efectuaron de la siguiente manera:

- Conductividad eléctrica: se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada lote en vasos plásticos de 135 ml, con 25 ml de agua destilada durante dos períodos de inmersión: 14 y 20 horas; posteriormente se midieron los valores de conductividad eléctrica con un conductímetro marca Oakton, modelo 35661-41 para su tabulación y análisis.
- pH: se siguió el mismo procedimiento señalado para la determinación de conductividad eléctrica; el pH se midió con un pHmetro marca Oakton pH 10 series, modelo 35674-02.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, se realizó el análisis de varianza convencional y las diferencias entre cultivares se detectaron mediante la prueba de la mínima diferencia significativa. Se consideraron niveles de probabilidad de 10, 5 y 1%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los análisis de varianza para la conductividad eléctrica y pH a las 14 y 20 horas de remojo, mostrando todas las diferencias significativas entre cultivares. En la tabla 2 se aprecian los análisis de varianza para los parámetros evaluados en invernadero en condiciones normales, mientras en la tabla 3 se muestran los análisis de varianza para los caracteres evaluados previo tratamiento de las semillas mediante la cámara de envejecimiento acelerado. Hubo diferencias significativas o altamente significativas entre cultivares para todos los caracteres evaluados a nivel de germinación y crecimiento de plántulas.

Tabla 1. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (mS/cm) y pH a las 14 y 20 horas de remojo de 12 lotes de semillas sin envejecer de maíz (*Zea mays* L.).

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Conductividad eléctrica		pH	
		(14 h)	(20 h)	(14 h)	(20 h)
Repetición	3	0,0025 ns	0,0124 ns	0,0074 ns	0,0126 Ns
Cultivar	11	0,0216 ***	0,0292 ***	0,1986 ***	0,2599 ***
Error	33	0,0045	0,0059	0,0033	0,0063
Total	47				
Promedio		0,138	0,18	5,20	5,25
C. V. (%)		48,62	42,43	1,10	1,51

*** : altamente significativo ($p \leq 0,01$) ns: no significativo ($p > 0,10$)

Tabla 2. Análisis de varianza para los caracteres evaluados a los 16 días después de la siembra en 12 lotes de semillas sin envejecer de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Porcentaje de germinación	Altura de plántula (cm)	Peso seco de vástago (g)	Peso seco de radícula (g)
Repetición	3	4,00 ns	7,45 *	0,1861 ns	0,3441 **
Cultivar	11	48,36 ***	11,91 ***	1,4211 ***	0,3473 ***
Error Exp.	33	17,09	2,99	0,1675	0,1046
Total	47				
Promedio		95,50	24,36	0,84	0,79
C. V. (%)		4,33	6,97	8,88	11,41

*** : altamente significativo ($p \leq 0,01$) ** : significativo ($p \leq 0,05$)
* : significativo ($p \leq 0,10$) ns: no significativo ($p > 0,10$)

Tabla 3. Análisis de varianza para los caracteres evaluados a los 16 días después de la siembra en 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a envejecimiento acelerado ($45 \pm 1^\circ \text{C}$ y 100% de humedad relativa) bajo condiciones de invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Porcentaje de germinación	Altura de plántula (cm)	Peso seco de vástago (g)	Peso seco de radícula (g)
Repetición	3	588,78 *	0,85 ns	0,4431 ns	0,3736 *
Cultivar	11	920,09 ***	20,57 ***	0,8363 ***	0,2354 *
Error	33	233,63	2,90	0,2288	0,1324
Total	47				
Promedio		64,25	24,08	1,746	36,24
C. V. (%)		23,79	7,07	27,40	1,004

*** : altamente significativo ($p \leq 0,01$) * : significativo ($p \leq 0,10$) ns: no significativo ($p > 0,10$)

En la tabla 4 se aprecia que en la prueba de germinación estándar, aunque se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los lotes, la mayoría se comportó de forma relativamente homogénea, presentando entre 97 y 100% de germinación. Merideño (2003), Pioneer 3031 (2002), Sefloarca 91 (2003) y Cariaco Jusepín (2000) fueron los de menor porcentaje de germinación (92, 92, 90 y 87%, respectivamente). El uso de la cámara de envejecimiento acelerado muestra que los lotes de semillas de producción artesanal (Cariaco y Merideño), independientemente del año de adquisición, exhibieron porcentajes de germinación mayores a los lotes de semillas híbridas de casas comerciales con excepción de Pioneer 3018 (2002), que se comportó estadísticamente similar a los producidas artesanalmente. Varios factores podrían influir en estos resultados, como la forma y tamaño de la semilla.

Tabla 4. Promedio de los porcentajes de germinación de 12 lotes de semillas de maíz (*Zea mays* L.) sin envejecer y envejecidas ($45 \pm 1^\circ$ C y 100% de humedad relativa) a los 16 días después de la siembra bajo condiciones de invernadero y valores de conductividad eléctrica y pH del agua a las 14 y 20 horas de remojo de las mismas.

Lotes de semillas †	Pruebas					
	Germinación semillas		Conductividad eléctrica (mS/cm)		pH	
	no envejecidas	envejecidas	(14 h)	(20 h)	(14 h)	(20 h)
P3031 (2003)	100 a ‡	64 bcd	0,22 ab	0,30 ab	5,11 e	5,15 cd
H95 (2002)	99 ab	49 de	0,12 cde	0,20 bcd	5,03 ef	5,07 de
P3018 (2002)	99 ab	81 ab	0,10 de	0,10 de	5,08 ef	5,07 de
CJ (2003)	97 ab	92 a	0,00 g	0,02 e	5,40 c	5,39 b
H95 (2003)	97 ab	55 cde	0,20 abc	0,27 abc	5,23 d	5,25 c
M (2002)	97 ab	81 ab	0,15 bcd	0,17 cd	5,02 f	5,09 de
CJ (2000)	95 abc	72 abc	0,12 de	0,15 d	5,56 a	5,65 a
S91 (2003)	95 abc	40 de	0,27 a	0,32 a	5,50 ab	5,65 a
CSA (2002)	94 bc	66 bcd	0,17 bcd	0,17 cd	5,42 bc	5,55 a
P3031 (2002)	94 bc	57 cde	0,10 de	0,17 cd	4,87 g	4,90 f
S91 (2002)	91 cd	51 cde	0,10 de	0,15 d	5,08 ef	5,15 cd
M (2003)	88 d	63 bcd	0,07 ef	0,12 de	5,03 ef	5,02 e
MDS ($p \leq 0,05$)	5,94	21,98	0,09	0,11	0,08	0,11
C. V. (%)	4,33	23,79	48,62	42,43	1,10	1,51

† Número entre paréntesis indica año de adquisición de las semillas.

‡ Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes según la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS).

P: Pioneer, H: Himeca, CJ: Cariaco Jusepín, M: Merideño, S: Sefloarca, CSA: Cariaco San Antonio.

Comparando los valores de pH con los porcentajes de germinación no se observó relación entre ambos parámetros en invernadero, tanto en semillas no envejecidas como envejecidas. El rango de pH obtenido en el presente trabajo fue muy angosto, entre 4,9 y 5,6, mientras Peske y Amaral (9) citan una variación entre 4,01 y 6,32 para soya. Es probable que la poca variación en el pH no permitiera establecer una clara correlación con las variables de viabilidad. Es conocido que el pH en el interior de las células es mantenido en un rango muy pequeño debido a que cambios del mismo modifican la estructura de las proteínas y la actividad enzimática, y los cambios del pH pueden ser causa del deterioro de las semillas. Que ciertas enzimas no estén presentes para la síntesis de materiales para la germinación es una de las hipótesis acerca de por qué mueren las semillas (10).

Al comparar los valores de CE con los porcentajes de germinación en invernadero, en condiciones normales y bajo condiciones de envejecimiento acelerado, se evidencia relación con respecto a los resultados obtenidos con el uso de la cámara de envejecimiento. El cultivar Sefloarca 91 (2003), con mayor CE (0,325 mS/cm) mostró el menor porcentaje de germinación (40 %) en invernadero. El cultivar Cariaco Jusepín (2003), con menor CE (0,025 mS/cm), presentó en invernadero bajo CEA el mayor porcentaje de germinación (80%). Se aprecia también que el resto de los valores de CE (20 h) estadísticamente similares al mayor [Pioneer 3031 (2003) con 0,30 e Himeca 95 (2003) con 0,27 mS/cm] se obtuvo de lotes de semillas con bajos porcentajes de germinación previo envejecimiento de las mismas.

Gotardo et al. (4) reportan que períodos mayores o iguales a 18 horas de remojo fueron más sensibles para diferenciar calidad fisiológica entre lotes de semillas de maíz. Señalan también que el lote de semillas con mayor conductividad eléctrica fue el de menor porcentaje de germinación en cámara de envejecimiento acelerado y en el test del frío, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Al respecto, Tajbakhsh (15), en un estudio de las relaciones entre medidas de CE de semillas imbibidas con la viabilidad y vigor en trigo cv. Omid, concluyó que el soluto exudado de semillas de trigo imbibidas incrementó en semillas sometidas a envejecimiento acelerado de manera lineal en un rango, sobre el cual el vigor fue decreciendo. Por lo tanto, dictaminó que la CE se incrementa en semillas deterioradas. Resultados similares fueron indicados por Torres (17) quien evaluó cinco lotes de semillas del cv. Liso de *Cucumis anguria* L. y encontró que el envejecimiento acelerado con solución salina y la prueba de conductividad eléctrica concordaron con los resultados obtenidos para las pruebas de germinación y emergencia de plántulas en invernadero.

Romero Santos et al. (13) evaluaron cinco lotes de semillas del cultivar IAPAR 44 de *Phaseolus vulgaris* L. y encontraron que las semillas con una mayor germinación presentaron los menores valores de conductividad eléctrica, mientras que las semillas con menor germinación tuvieron los mayores valores de conductividad.

La prueba de conductividad eléctrica es conocida como una de las mejores para la evaluación de la pérdida de la integridad de la membrana celular mediante la concentración de electrolitos liberados por las semillas durante la imbibición. La integridad de la membrana celular se considera uno de los primeros eventos fisiológicos del proceso de deterioro de las semillas (2); consecuentemente, lotes de semillas con un menor vigor exhiben una mayor intensidad de pérdidas de los constituyentes celulares, tales como iones inorgánicos (1).

La tabla 5 (pág. 97) muestra altura, peso seco del vástago y peso seco de las raíces de los 12 lotes evaluados en condiciones normales de invernadero. Para los 16 dds Sefloarca 91 (2002) obtuvo la mayor altura de planta, similar estadísticamente a los demás cultivares, con excepción de Himeca 95 (2002), Himeca 95 (2003), Cariaco San Antonio (2002) y Cariaco Jusepín (2000). Se observa que el cultivar Pioneer 3018 (2002) mostró el mayor peso seco del vástago (3,60 g), superior estadísticamente al resto de los tratamientos, pero similar a los otros cultivares tipo Pioneer, los Sefloarca y a Merideño (2002). El cultivar Cariaco Jusepín (2000) se comportó estadísticamente

inferior en comparación con los otros cultivares, pero similar a Merideño (2003). Igualmente, el cultivar Pioneer 3031 (2003) se comportó estadísticamente mayor a Himeca 95 (2002), Himeca 95 (2003), Merideño (2002), Cariaco Jusepín (2000) y Merideño (2003), y similar al resto de los cultivares en cuanto al peso seco de las raíces.

Tabla 5. Promedio de altura de la plántula (cm), peso seco del vástago y seco de la radícula (g) de maíz (*Zea mays* L.) provenientes de 12 lotes de semillas sin envejecer a los 16 días después de la siembra bajo condiciones de invernadero y valores de conductividad eléctrica y pH del agua a las 20 horas de remojo de las mismas.

Lotes de semillas †	Altura de Plántula (cm)	Pruebas			
		Peso seco del vástago (g)	Peso seco de la radícula (g)	Conductividad eléctrica (20 h) (mS/cm)	pH (20 h)
S91 (2002)	26,52 a ‡	3,27 abc	1,85 ab	0,15 d	5,15 cd
S91 (2003)	26,03 ab	3,05 abc	1,77 ab	0,32 a	5,65 a
P3018 (2002)	25,81 ab	3,60 a	1,82 ab	0,10 de	5,07 de
M (2002)	25,36 ab	3,02 abc	1,47 bcd	0,17 cd	5,09 de
M (2003)	25,07 ab	2,1 ef	1,02 cd	0,12 de	5,02 e
CJ (2003)	24,93 ab	2,72 cd	1,67 abc	0,02 e	5,39 b
P3031 (2002)	24,86 ab	3,27 abc	1,85 ab	0,17 cd	4,9 f
P3031 (2003)	24,59 ab	3,40 ab	2,10 a	0,30 ab	5,15 cd
H95 (2003)	23,99 bc	2,82 bcd	1,55 bc	0,27 abc	5,25 c
H95 (2002)	21,86 cd	2,27 de	1,52 bcd	0,20 bcd	5,07 de
CSA (2002)	21,82 cd	2,30 de	1,70 ab	0,17 cd	5,55 a
CJ (2000)	21,49 d	1,65 f	1,22 cd	0,15 d	5,65 a
MDS (p≤0,05)	2,44	0,58	0,46	0,11	0,11
C. V. (%)	6,97	14,66	19,82	42,43	1,51

† Número entre paréntesis indica año de adquisición de las semillas.

‡ Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes según la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS).

S: Sefloarca, P: Pioneer, M: Merideño, CJ: Cariaco Jusepín, H: Himeca, CSA: Cariaco San Antonio.

Al relacionar tales caracteres con CE y pH del agua de remojo durante 20 h se aprecia que sólo la CE presentó relación con los mencionados parámetros: los valores estadísticamente menores de CE corresponden a los lotes con los mayores valores de altura y, en términos generales, con altos pesos secos del vástago y de las raíces. Resultados similares en relación a que no se encontraron diferencias significativas entre lotes de semillas entre los valores de CE y el crecimiento de las plántulas fueron reportados por Franzin et al. (3) quienes evaluaron seis lotes de semillas de lechuga siendo tres del cv. Regina y tres del cv. Vera y no encontraron diferencias significativas entre los lotes de semillas para la CE, crecimiento de plántulas y materia seca de plántulas.

Sørensen et al. (14) indicaron que cuando las semillas se secan (natural o artificialmente), las membranas celulares tienden a perder su capacidad para mantener los solutos dentro de las células, por lo tanto, la rehidratación es seguida por la lixiviación. Normalmente la integridad de la membrana se restablece durante la imbibición, pero las semillas vigorosas probablemente restablecen las membranas a una tasa más rápida, con una subsecuente menor lixiviación que las semillas menos vigorosas. Por lo tanto, se asume que el grado de lixiviación está correlacionado con la calidad de la semilla. Cuando la calidad es baja, debido a muchas semillas muertas y/o semillas que no manejan bien la restauración de sus membranas, la lixiviación es alta.

En la tabla 6 se muestran los valores de altura, peso seco del vástago y peso seco de las raíces en invernadero provenientes de semillas envejecidas artificialmente y los de conductividad eléctrica y pH del agua de remojo durante 20 horas.

Se evidencia el efecto del envejecimiento en cuanto a peso seco del vástago y de las raíces; no obstante, la altura no fue afectada notoriamente cuando se compara con la tabla 4 (pág. 95). Los lotes de semillas Merideño (2003), Sefloarca 91 (2002), Merideño (2002), Himeca 95 (2003) y Sefloarca 91 (2003) se comportaron estadísticamente superiores al resto e iguales entre sí en cuanto a altura, y mantuvieron, con cierta regularidad, esta tendencia en el peso seco de vástago y raíz.

Al comparar estos resultados con CE y pH, se observa que todos estos lotes, con excepción de Himeca 95 (2003) presentan valores bajos de CE, con lo cual se conserva la relación entre baja CE con altos valores de altura y peso seco.

Tabla 6. Promedio de altura de la plántula (cm), peso seco del vástago y seco de la radícula (g) de maíz (*Zea mays* L.) provenientes de 12 lotes de semillas envejecidas artificialmente ($45 \pm 1^\circ\text{C}$ y 100% de humedad relativa) a los 16 días después de la siembra bajo condiciones de invernadero y valores de conductividad eléctrica y pH del agua a las 20 horas de remojo de las mismas.

Lotes de semillas †	Altura de plántula (cm)	Peso seco del vástago (g)	Pruebas		
			Peso seco de la radícula (g)	Conductividad eléctrica (20 h) (mS/cm)	pH (20 h)
M (2003)	27,69 a ‡	2,30 ab	1,22 ab	0,12 de	5,02 e
S91 (2002)	26,65 ab	1,92 abcd	1,15 ab	0,15 cd	5,15 cd
M (2002)	25,89 abc	2,37 a	1,17 ab	0,17 cd	5,09 de
H95 (2003)	25,73 abc	1,67 bcde	1,05 d	0,27 abc	5,25 c
S91 (2003)	25,71 abc	1,25 e	0,60 d	0,32 a	5,65 a
CJ (2003)	24,39 bcd	2,07 abc	1,35 a	0,02 e	5,39 b
P3018 (2002)	23,57 cde	2,37 a	1,12 abc	0,10 de	5,07 de
CSA (2002)	23,05 def	1,50 cde	0,87 abcd	0,17 cd	5,55 a
P3031 (2003)	22,31 def	1,67 bcde	1,17 ab	0,30 ab	5,15 cd
P3031 (2002)	22,11 def	1,45 cde	0,92 abcd	0,17 cd	5,07 de
H95 (2002)	21,16 ef	1,22 e	0,62 cd	0,20 bcd	5,02 f
CJ (2000)	20,71 f	1,12 e	0,77 bcd	0,15 d	5,65 a
MDS ($p \leq 0,05$)	2,44	0,68	0,52	0,11	0,11
C. V. (%)	7,07	7,40	36,24	42,43	1,51

† Número entre paréntesis indica año de adquisición de las semillas.

‡ Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes según la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS).

M: Merideño, S: Sefloarca, H: Himeca, CJ: Cariaco Jusepín, P: Pioneer, CSA: Cariaco San Antonio.

Resultados similares fueron indicados por Martins et al. (8) quienes estudiaron diferentes métodos para estimar el vigor de cinco lotes de semillas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) híbrido Florida y encontraron que aumentos en los valores de conductividad eléctrica se relacionaron con aquellos niveles de emergencia en el sustrato (vigor de semillas) y esto concuerda con el hecho de que los aumentos en los índices de conductividad eléctrica corresponden a una mayor lixiviación de solutos y por tanto una disminución en la calidad fisiológica de las semillas.

Los resultados del presente estudio confirman que la integridad de la membrana celular estimada por la lixiviación de los electrolitos mediante la prueba de la conductividad eléctrica es una causa fundamental de la degradación del vigor (11). En adición, la prueba de conductividad eléctrica tiene la ventaja de simplicidad y rapidez y reúne los requerimientos de una buena prueba de vigor (6). Ésta es una de las dos pruebas que han sido aprobadas por el XXVI Congreso del ISTA efectuado en Francia en el 2001 para ser incluido en las Reglas Internacionales de Evaluación de Semillas como un método estándar para evaluar semillas de *Pisum sativum* L. (16).

Por lo tanto, considerando los caracteres altura de la planta, peso seco del vástago y peso seco de las raíces a los 16 días después de la siembra, en condiciones de invernadero, parámetros indicativos del vigor de las semillas, se estima que la medición de la conductividad eléctrica del agua de remojo podría indicar el comportamiento de semillas de maíz en cuanto al vigor de las mismas bajo las condiciones estudiadas en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

- ❖ Lotes de semillas de maíz con altos porcentajes de germinación en invernadero, previo envejecimiento de las semillas, presentaron bajos valores de conductividad eléctrica, por lo tanto, la prueba de conductividad eléctrica podría ser indicativa del comportamiento de semillas de maíz en condiciones extremas o desfavorables.
- ❖ Lotes de semillas de maíz con elevados valores de altura de la planta, peso seco del vástago y de la radícula en invernadero, tanto en semillas sin envejecer como envejecidas, presentaron bajos valores de conductividad eléctrica.
- ❖ La prueba de pH no arrojó relación directa con la emergencia de plántulas en invernadero provenientes de semillas sin envejecer y envejecidas artificialmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carvalho Miguel, M. V.; Filho, J. M. 2002. Potassium leakage and maize seed physiological potential. *Scientia Agricola*. 59 (2): 315-319.
2. Delouche, J. C. 1976. Standardization of vigor tests. *Journal of Seed Technology* (1): 75-86.
3. Franzin, S. M.; De Menezes, N. L.; Camacho Garcia, D.; Wrasse, C. F. 2004. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alfaca. *Revista Brasileira de Sementes*. 26 (2): 63-69.
4. Gotardo, M.; Vieira, R.; Pereira, L. 2001. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho. *Revista Ceres* 48(277): 333-340.
5. Hall, R. D.; Wiesner, L. E. 1990. Relationship between seed vigor test and field performance of Regard meadow bromegrass. *Crop Science*. 30(5): 967-970.
6. Hampton, J. G.; Coolbear, P. 1990. Potential versus actual seed performance - Can vigour testing provide an answer? *Seed Science and Technology*. 18:215-228.

7. MacDonald, M. 1998. Seed quality assessment. *Seed Science Research*. 8: 265-275.
8. Martins, C. C.; Martinelli-Seneme, A.; Castro, M. M.; Nakagawa, J.; Cavariani, C. 2002. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). *Revista Brasileira de Sementes*. 24 (2): 96-101.
9. Peske, S. T.; Amaral, A. 1986. Prediction of germination of soybean seeds by measurement of pH of seed exudates. *Seed Science and Technology*. 14: 151-156.
10. Popinigis, F. 1979. Fisiología de la semente. *Agiplan*, Brasilia. p. 149-154.
11. Powell, A. 1988. Seed vigour and field establishment. *Adv. Res. Technol. Seeds*. 11:29-61.
12. República de Venezuela. Gaceta Oficial. Año CXIII. Mes VII. Caracas: 25.04.1986. N° 33.456. Resolución por la cual se dictan "Normas generales sobre semillas".
13. Romero Santos, C. M.; De Menezes, N. L.; Amaral Villela, F. 2003. Teste de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*. 25(2): 28-35.
14. Sørensen, A.; Brask Lauridsen, E.; Thomsen, K. 1996. Electrical Conductivity Test. Technical Note N° 45. Danida Forest Seed Centre. DK-3050 Humlebaek. Denmark. 19 p.
15. Tajbakhsh, M. 2000. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling growth (Viability and vigour) in Omid wheat. *J. Agr. Set. Tech*. 2: 67-71.
16. Tekrony, D. M. 2001. Report of the vigour test committee 1998-2001. *Seed Science and Technology*. 29 (Suppl. 1): 259-263.
17. Torres, S. B. 2005. Teste de deterioração controlada em sementes de maxixe. *Horticultura Brasileira*. 23(2): 307-310.
18. Vergara F. M. 2002. Efecto de dos temperaturas y cinco tiempos en cámara de envejecimiento acelerado sobre la germinación de las semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Grado. UDO. Escuela de Ingeniería Agronómica. Monagas, Venezuela. ---- p.
19. Wilson, D. 1992. A unified approach to interpretation of single seed conductivity data. *Seed Science and Technology*. 20: 155-163.
20. Woodstock, L. W. 1973. Physiological and biochemical test for seed vigor. *Seed Science and Technology*. 1: 127-157.