

Efecto del tratamiento magnético de semillas de soya sobre el proceso de absorción de agua

Magnetic seed treatment effects on water absorption process in soybean

Alfredo Socorro*, Maydelín Dorado y Nérida Fraga.

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Calle 2 esq. 1 Stgo. De Las Vegas, Boyeros 17200 Cuba.

E-mail: asocorro@inifat.co.cu

RESUMEN. Se desarrolló un estudio experimental del proceso de absorción de agua en semillas de soya (*Glycine max* Merrill(L) cv: Conquista, Incasoy-24 e Incasoy-27), sometidas a tratamiento magnético a 150, 100 y 200 mT respectivamente, durante 30 segundos de exposición. Se evaluó el contenido de humedad "CW" en las semillas embebidas a los 3, 10, 30 min y 1, 2, 3, 4 y 5 horas de siembra, mientras que a los 2 y 4 días se realizaron cortes histológicos para separar las plántulas del resto de la semilla (cotiledones y testa) y obtener el valor de CW en cada caso. Las semillas también se colocaron en 10 mL de soluciones de KCl a concentraciones 0, 1, 2, 3, 5, 8 y 10%. Posteriormente las semillas embebidas se colocaron en 20 mL de agua para luego filtrar la solución y evaluar su conductividad eléctrica. Se obtuvo que el tratamiento provocó incrementos en la capacidad de absorción de agua de las semillas tratadas de la variedad conquista, durante las primeras cinco horas de imbibición. Para la Incasoy-24 e Incasoy-27 no se apreció diferencia significativa en la capacidad de absorción entre tratamientos y controles. No obstante, en las tres variedades el campo magnético provocó un mayor flujo de agua hacia el tejido embrionario, con relación al cotiledón. Las semillas tratadas de la variedad Incasoy-24 mostraron una significativa resistencia a la absorción de sales de KCl respecto al control, mientras que para el resto de las variedades no se observaron diferencias.

Palabras clave: Absorción, humedad, magnetismo, semillas.

ABSTRACT. Water absorption process was studied experimentally on soybean (*Glycine max* Merrill(L) cv: Conquista, Incasoy-24 and Incasoy-27) treated with magnetic field at 150, 100 and 200 mT respectively during 30 seconds of exposure. Evaluation of moisture content "CW" on imbibed seeds at 3, 10, 30 min, 1, 2, 3, 4 and 5 hours after sowing were made, while at 2 and 4 days histological cuts were applied to separate the embryo from the rest of the seed (cotyledons and testa) and to obtain CW values in each case. Seeds were also placed in 10 mL of KCl solutions at concentration of 0, 1, 2, 3, 5, 8 y 10%. Later on imbibed seeds were placed at 20 mL of water to filtrate the solution and evaluate its electric conductivity. Increments of absorption capacity in the treated seeds were obtained in the Conquista variety during the first five hours of exposure. Absorption capacity differences between treatment and control were not obtained for Incasoy-24 and Incasoy-27 varieties. Nevertheless the magnetic field provoked a higher water flux to the embryo tissue than to the cotyledon in the three varieties used. Seeds of Incasoy-24 variety showed a significant resistance to KCl salts absorption with respect to the control, while differences were not observed for the rest of the varieties.

Key words: Absorption, magnetic, moisture, seed.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones que actualmente se dedican a estudiar los efectos del campo magnético en las semillas buscan como propósito estimular la respuesta post-germinación de las mismas (Socorro, 2003, De Souza *et al*, 2007). Para ello se han propuesto diferentes hipótesis entre la cuales se destacan los trabajos de Kavi y Reddy en 1977

sobre las modificaciones en la capacidad de absorción de agua (Martínez *et al*, 1999).

Los aspectos teóricos que sustentan estas hipótesis consideran mecanismos osmóticos a nivel celular, causados por posibles modificaciones de las concentraciones iónicas dentro de las células del

tejido embrionario (García y Arza, 2001). Los resultados experimentales que se han obtenido sugieren una estrecha relación entre los efectos sobre los portadores de carga dentro de las células y los efectos fisiológicos durante el crecimiento (García *et al.*, 2001).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la capacidad de absorción de agua en semillas tratadas con campos magnéticos. Para ello se realizaron diferentes ensayos experimentales en tres variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de soya (*Glycine Max* Merrill(L)) de las variedades Conquista, Incasoy-24 e Incasoy-27. Los tratamientos magnéticos se realizaron a través de un magnetizador (Socorro, 2003) durante 30 segundos de exposición. El valor de inducción magnética utilizado fue 150 mT para la variedad Conquista, 100 mT para la variedad Incasoy-24 y 200 mT para la Incasoy-27. Estos regímenes de exposición se seleccionaron sobre la base de experiencias anteriores (Socorro *et al.*, 2006) para la obtención de efectos estimulantes en indicadores fisiológicos post-germinación.

Inmediatamente al tratamiento, se colocaron semillas tratadas en placas petri con 10 mL de agua en cada caso (tres placas por variante experimental). Ello permitió que estas pudieran embeberse a través del papel de filtro humedecido. Se mantuvo un control por cada tratamiento.

Se realizaron evaluaciones del contenido de humedad "CW" en las semillas, expresados mediante el método de base húmeda (gramos de masa de agua / gramos de masa húmeda de la semilla) (Ellis *et al.*, 1985; De Jesús *et al.*, 2008).

Estas se realizaron a los 3, 10, 30 min y 1, 2, 3, 4 y 5 horas. Los valores de CW en función del tiempo se ajustaron por medio de la ecuación siguiente (Klaassen, 1999):

$$CW = (CW_0 - CW_F) \text{Exp}(-kt) + CW_F$$

Donde k es la constante que determina la cinética de absorción de agua, CW_0 y CW_F son los

respectivos contenidos de humedad inicial y final. Al utilizar la siguiente transformada considerando como referencia $CW_F=70\%$:

$$h = \ln[70\% - CW]$$

Se obtiene una relación lineal entre h y t donde figura k como pendiente:

$$h = b - kt$$

Se realizó un análisis de regresión lineal mediante el programa SSPS (Versión 11.5 para Window) para comparar los valores de k entre tratamientos y controles, utilizando el coeficiente de Fischer.

Semillas tratadas fueron igualmente sembradas en placas petri durante 2 y 4 días. En esas fechas se les realizaron cortes histológicos para separar los cotiledones del tejido embrionario y evaluar en cada caso el contenido de humedad de forma independiente. Se seleccionaron 5 muestras para cada evaluación y 6 réplicas por variante experimental. Los valores de contenido de humedad de ambas partes de la semilla fueron procesados como porcentaje del total de agua absorbida por cada una y realizada una comparación entre tratamientos y controles mediante una t de Student.

Para el estudio de la susceptibilidad a la absorción de soluciones salinas se llevó a cabo una evaluación de electro-conductividad de los materiales tratados (Capote *et al.*, 2002; 2008). Se colocaron las semillas en tubos de ensayo con 10 mL de soluciones de KCl a concentraciones (0, 1, 2, 3, 5, 8 y 10%). Luego de la imbibición de las mismas durante una hora se filtró la solución y las semillas se colocaron en 20 mL de agua destilada durante una hora, para luego evaluar la conductividad eléctrica de la nueva solución, mediante un conductímetro digital Hanna Instruments 9932. Estos valores se dividieron entre las respectivas masas de las muestras de semillas utilizadas, para obtener la conductividad eléctrica específica ($\text{mS} \times \text{cm}^{-1} \times \text{g}^{-1}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de las curvas de imbibición transformadas a la recta de ecuación (3) se muestran en la tabla 1.

En el caso de la variedad Conquista se pudo apreciar un incremento significativo de la cinética de absorción ($k=0.074$ para el tratamiento) y ($k=0.063$ para el control). Para el caso Incasoy-24 aunque hubo una tendencia al incremento de k en el tratamiento (0.108 por encima del 1.01 del control), esta diferencia no fue significativa. Para la variedad Incasoy-27 no hubo diferencia alguna. El ajuste por regresión lineal de las rectas de ecuación (3) se muestra en la figura 1.

Aunque los valores de inducción magnética empleados, han provocado efectos estimulantes en indicadores fisiológicos post-germinación para cada especie en experiencias anteriores (Socorro *et al*, 2006), en este caso no todos inciden en el proceso de absorción de igual manera. Por ejemplo, la variedad Incasoy-27 con 200 mT, no experimentó cambio alguno en el régimen de absorción durante las primeras horas posterior a la siembra. En el caso de las semillas de la variedad conquista tratadas con 150 mT, se obtuvo un mayor contenido de agua respecto a la masa total, en relación a los controles.

Tabla 1. Resultados del análisis de regresión lineal a la ecuación (3) y cuantificación de las diferencias entre tratamientos y controles

		k	b
	T	0,074 ± 0,007 a	3,847 ± 0,018 a
Conq.	C	0,063 ± 0,008 b	3,851 ± 0,020 a
		Significativo $0,01 < \alpha < 0,05$	No Significativo $\alpha > 0,1$
	T	0,108 ± 0,015 a	3,864 ± 0,040 a
IS24	C	0,1	
		No Si	
	T	0,1	
IS27	C	0,1	
		No Si	

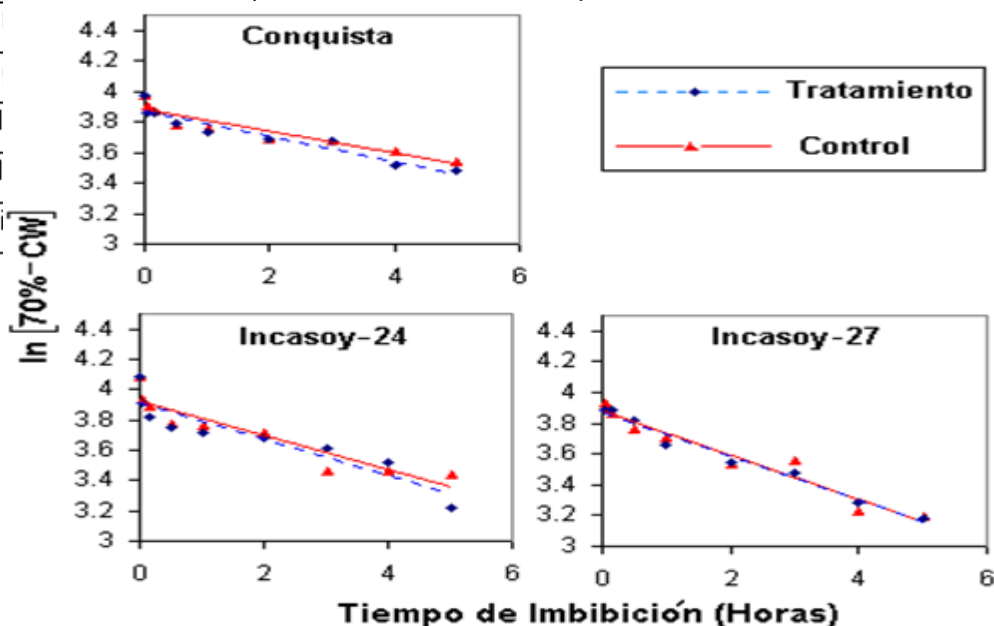


Figura 1. Dependencia de $\ln(70\%-CW)$ y el tiempo de imbibición. CW es el contenido de agua en la semilla referido sobre base húmeda

A pesar de que se puede suponer que los efectos fisiológicos del tratamiento magnético, estarían dados por un mayor flujo de agua hacia los tejidos de la semilla durante el proceso de imbibición, pudieran incidir otras causas relacionadas con la actividad enzimática, donde el ión calcio juega un papel activo (Barceló *et al.*, 1992; Socorro, 2003). De igual modo otros autores han obtenido incrementos del crecimiento y desarrollo en etapas posteriores al ciclo vegetativo, en los rendimientos y hasta variaciones significativas en la composición bioquímica de las semillas cosechadas (Pietruszewski, 1993,

Pietruszewski *et al.*, 2007). Ello permite suponer además una posible relación entre la acción del campo magnético y la actividad de los reguladores del crecimiento.

La tabla 2 muestra los valores del contenido de humedad a los 2 y 4 días en las tres variedades sometidas a los respectivos tratamientos. Se observa que los cotiledones y los embriones no manifiestan igual comportamiento durante el proceso de imbibición.

Tabla 2. Valores del contenido de humedad CW (base húmeda) en diferentes tejidos de la semilla a los dos y cuatro días de sembradas, para tratamientos y controles

		Cotiledón		Plántula	
		2 Días	4 Días	2 Días	4 Días
Conq.	T	0,630 ± 0,004	0,702 ± 0,002	0,870 ± 0,002*	0,905 ± 0,002
	C	0,625 ± 0,004	0,711 ± 0,002*	0,838 ± 0,008	0,904 ± 0,003
IS24	T	0,604 ± 0,005	0,631 ± 0,006*	0,847 ± 0,012	0,880 ± 0,013
	C	0,604 ± 0,004	0,602 ± 0,016	0,829 ± 0,013	0,867 ± 0,009
IS27	T	0,638 ± 0,006	0,722 ± 0,009	0,904 ± 0,003	0,913 ± 0,008
	C	0,627 ± 0,005	0,718 ± 0,007	0,893 ± 0,010	0,912 ± 0,004

(*Diferencia significativa entre T y C, $\alpha < 0.05$)

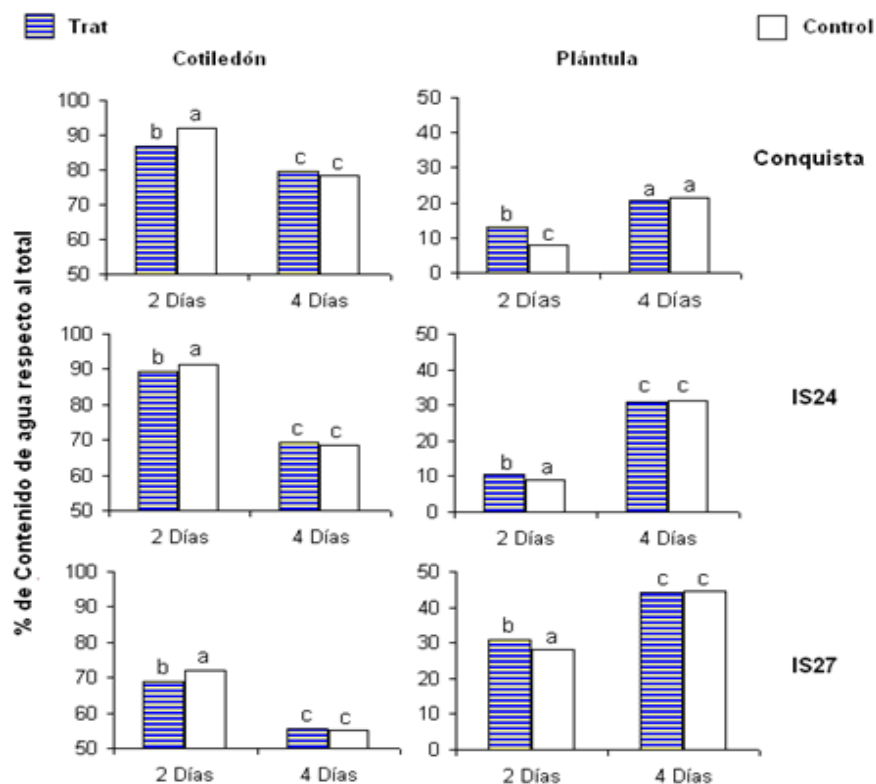


Figura 2. Valores del porcentaje de contenido de agua en cotiledones y plántulas (tratadas y controles) para cada una de las tres variedades a los dos y cuatro días posterior a la siembra. (Las letras a, b y c muestran las diferencias significativas para $\alpha < 0.05$)

En la figura 2 se muestran los valores del contenido de agua en porcentaje respecto al agua total en la semilla. Se puede apreciar que para las tres variedades, en las semillas tratadas la mayor parte del agua es absorbida por el tejido embrionario y no por el cotiledón, a los dos días de la siembra. Ello sugiere que los mecanismos de acción del campo magnético pueden incidir sobre la capacidad de imbibición dentro del tejido embrionario con mayor intensidad respecto al resto de la semilla.

Por ejemplo, en la variedad conquista se observaron diferencias entre tratamientos y controles, para el caso del tejido embrionario (plántula) a los dos días con relación al resto de la semilla (cotiledones + testa), donde no se aprecia diferencia significativa.

Por otra parte, los resultados de las evaluaciones de la conductividad eléctrica por unidad de masa, en los filtrados con soluciones de KCl, mostraron diferencias significativas en la variedad Incasoy-24. En este caso,

las soluciones salinas donde las semillas tratadas fueron embebidas, mostraron menores valores de conductividad eléctrica específica por unidad de concentración (pendiente “ A_c ” de las rectas de la Fig. 3), con respecto a las muestras no tratadas con campo magnético.

El empleo de la medición de electro-conductividad en soluciones filtradas a partir de la interacción de soluciones salinas con determinados tejidos, ha sido utilizada para relacionar la tolerancia o susceptibilidad del material biológico a este tipo de estrés (Capote *et al*, 2008). Los resultados obtenidos sugieren la posibilidad de que el campo magnético pudiera provocar variaciones en el umbral de tolerancia a la salinidad. Según el estadígrafo utilizado, para las variedades conquista e Incasoy-27, estas diferencias no fueron significativas (tabla 3), lo cual indica que las características morfo-fisiológicas de cada variedad y cada régimen de exposición puede influir en ello.

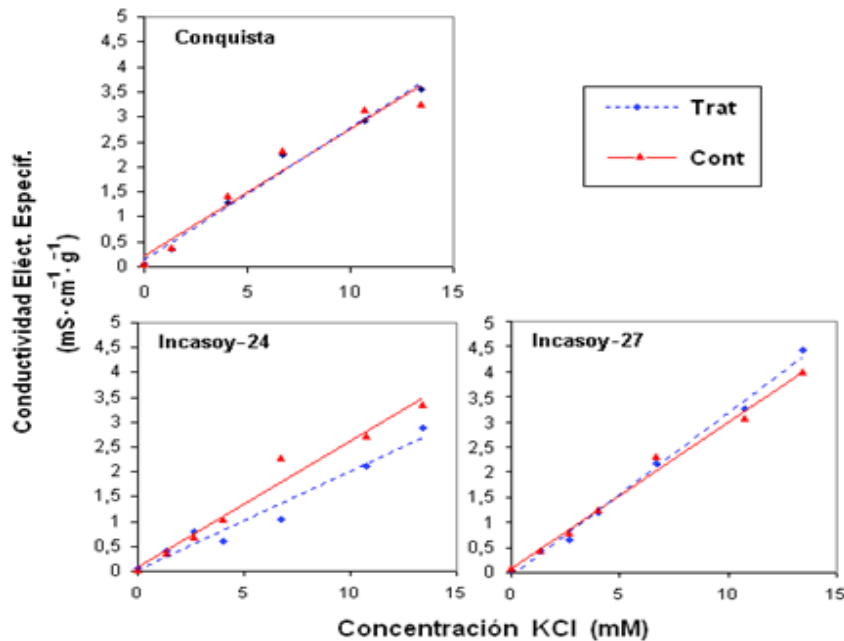


Figura 3. Variación de la conductividad eléctrica específica “y” respecto a la concentración de Cloruro de Potasio “x” para tratamientos y controles en las tres variedades. El ajuste de regresión mostrado es lineal. ($y=A_c \times x + b$)

Tabla 3. Valores de los coeficientes de la pendiente A_c ($mS \times cm^{-1} \times g^{-1} \times mM^{-1}$), obtenida por regresión de las rectas de la figura 3

	Conquista	Incasoy-24	Incasoy-27
T	$0,26 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,02$
C	$0,25 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,02^*$	$0,29 \pm 0,02$

De manera general, este comportamiento relacionado con una mayor capacidad de absorción de agua, pudiera estar relacionado con las posibles

modificaciones de tipo osmótica que pudieran ocurrir en el embrión (tejido vivo), de acuerdo a lo que plantean las predicciones por modelos biofísicos (García y Arza, 2001). Este resultado confirma la posibilidad de aceptar el mecanismo de absorción de agua como una de las posibles justificaciones de los efectos fisiológicos que ocasiona el tratamiento magnético de semillas. No obstante cabe la posibilidad de la existencia de otros mecanismos los cuales deberán ser estudiados en investigaciones futuras.

CONCLUSIONES

Se obtuvo que las semillas de la variedad Conquista tratadas a 150 mT experimentaron una mayor cinética de absorción de agua durante las primeras 5 horas de imbibición. Para el resto de las variedades no se observó diferencia. En las tres variedades se pudo apreciar que el tejido embrionario retiene mayor cantidad de agua a los dos días posteriores a la siembra, en el caso de semillas tratadas. Los estudios de electroconductividad mostraron que el tratamiento magnético de 100 mT provoca una mayor resistencia de la variedad Incasoy-24 en cuanto a la absorción de sales de KCl.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barceló, J.; Rodrigo, N.; Sabarter, B. y Sánchez, R. (1992). Fisiología Vegetal. *Ediciones Pirámide.S.A*, Madrid 662 pp.
2. Capote, A.; Socorro, A.; Rodríguez, N.; Pérez, O. y Marrero, N. (2002). Fitotoxicidad de los filtrados de cultivos de *Alternaria solani* Sorauer. I. Efecto sobre la permeabilidad celular en hojas y callos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Protección Vegetal* (17(1)): 30-33.
3. Capote, A.; Fernández, L.; Cabrera, M.; Penichet, H.; Socorro, A.; Pérez, O.; Mendoza, M.J.; Palacios, Z. y Acuña, G. (2008). Efecto de la salinidad sobre la germinación in vitro de embriones de maíz (*Zea mays* L.). *Agrotecnia de Cuba* (32(1)) *In Press*.
4. De Jesús, P.; Braga, M.A. y Carneriro, S. (2008). Métodos para la determinación de contenido de humedad de semillas. *Revista Brasileña de Almacenamiento* (33(1)): 1-8.
5. De Souza, A.; García, D.; Sueiro, L.; Gilart, F.; Porras, E. y Licea, L. (2006). Pre-Sowing Magnetic Treatments of Tomato Seeds Increase the Growth and Yield of Plants. *Bioelectromagnetics* (27): 247-257.
6. Ellis, R.H.; Hong, T.D. y Roberts, E.H. (1985). Handbook of seed technology for genebanks. *International Board for Plant Genetic Resources. Vol. 1: Principles and Methodology*. Rome, Italy, 1985, 667 pp.
7. García, F. y Arza, L. (2001). Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part I: Theoretical Considerations. *Bioelectromagnetics*. (22): 589-595.
8. García, F.; Arza, L. y Almanza, I. (2001). Influence of a stationary magnetic Field on water relations in lettuce seeds. II: Experimental results. *Bioelectromagnetics*. (22): 596-602.
9. Klaassen, G. (1999). Seed drying. *12th International course on seed production and seed technology. International Agricultural Centre*. Wageningen, Netherlands.
10. Martínez, Elvira; Carbonell, María V. y Duarte, Carmen (1999). Efecto del tratamiento magnético en la germinación del arroz (*Oriza sativa* L.). *Alimentaria* (Jul-ago): 95-99.
11. Pietruszewski S. (1993). Effect of magnetic seed treatment on yields of wheat. *Seed Science Technology* (21): 621-626.
12. Pietruszewski, S.; Muszyński, S. y Dziwulska, A. (2007). Electromagnetic fields and electromagnetic radiation as non-invasive external stimulants for seeds (selected methods and responses). *International Agrophysics* (21): 95-100.
13. Socorro, A. (2003). Factores que modifican la acción estimuladora de los campos magnéticos sobre semillas de especies vegetales de interés agrícola. Tesis presentada para optar por el título de *Master en Biología Vegetal*. Facultad de Biología. Universidad de La Habana.
14. Socorro, A.; Fraga, N.; Lago, E. y Pérez, M., (2006). Tratamiento magnético de semillas de soya (*Glycine max* Merrill(L)): Estudio en condiciones de laboratorio. *Proc. XVI Forum de base del INIFAT*.

Recibido: 14/09/2010

Aceptado: 29/01/2011