

Efecto de un extracto vegetal en la germinación de semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones salinas

Marco A. Huez-Lopez¹

Z. Samani²

J. Lopez Elías¹

A. Álvarez Aviles¹

F. Preciado Flores¹

RESUMEN

La germinación y el establecimiento de plántulas de chile son normalmente lentos y extremadamente erráticos bajo condiciones de estrés salino. La tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas de chile (*Capsicum annuum* L. cv. Sandía) fue evaluada en cincuenta semillas colocadas en cada una de 60 cajas de Petri de plástico conteniendo diferentes soluciones. Los tratamientos incluyeron una solución control (agua de osmosis inversa, AOI), otro con solamente un extracto vegetal líquido, uno con solución Hoagland modificada, y seis tratamientos salinos para cada solución (extracto orgánico y solución Hoagland). El experimento fue realizado en una cámara de crecimiento a 25 °C bajo un diseño experimental completamente al azar. Los resultados mostraron que el porcentaje de germinación fue más alto en los tratamientos donde se aplicó el extracto orgánico a los tratamientos más salinos. Sin embargo no hubo diferencias entre todos los

tratamientos de ambas soluciones dando en promedio 93% de germinación contra 85% en el control. El mismo efecto fue observado en la longitud de la radícula. La longitud de la radícula de semillas germinadas con el extracto orgánico promedió 6.2 cm contra 5.4 cm de aquellas germinadas con la solución Hoagland. La longitud de la radícula del control promedió 4.4 cm. Un efecto contrario fue observado en la longitud del hipocotilo. Semillas germinadas con la solución Hoagland tuvieron una longitud promedio del hipocotilo de 5.4 cm contra 4.9 cm de aquellas germinadas con la solución del extracto orgánico. El control tuvo una longitud de 3.6 cm. Estos resultados indican el efecto osmocondicionador de la semilla de chile previo a la germinación y desarrollo de la radícula de la solución del extracto orgánico y el efecto de los nutrientes contenidos en la solución Hoagland sobre el crecimiento del hipocotilo.

Palabras clave: Solución orgánica, salinidad, germinación, radícula, hipocotilo

¹ Universidad de Sonora. Correo electrónico: mhuez@guayacan.uson.mx

² New Mexico State University.

ABSTRACT

Chile pepper germination and seedling establishment is normally slow and irregular under salt stress conditions. The chile pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Sandía) salt tolerance during seed germination was evaluated in 60 plastic Petri dishes containing different solutions. The treatments included a control solution (reverse osmosis water, ROW), other with only vegetal liquid extract, another with a modified Hoagland solution, and six saline treatments for each solution (organic extract and Hoagland solution). The experiment was carried out in a growth chamber at 25 °C under a random completely experimental design. The results showed that the germination rate was higher in the treatments where the organic extract was applied to the saline treatments. However, there were no differences between treatments for both solutions averaging a germination of 93% versus 85% in the control. The same effect was observed in the radicle length. The length in seeds germinated with the organic extract averaged 6.2 cm versus 5.4 cm from those germinated with the Hoagland solution. The radicle length in the control averaged 4.4 cm. A contrary effect was observed in the hypocotyls length. Seeds germinated with the Hoagland solution had an average length of 5.4 cm versus 4.9 cm from those germinated with the organic extract solution. The control had a length of 3.6 cm. These results pointed out the chile pepper seed priming effect of the organic extract previous to the germination and radicle growth, and the effect of the nutrients contained in the Hoagland solution on the hypocotyls growth.

Key words: Organic solution, salinity, germination, radicle, hypocotyls

INTRODUCCIÓN

La salinidad del suelo afecta grandes extensiones en las zonas áridas y semiáridas del mundo, la cual produce reducción en los rendimientos de muchos cultivos. El chile es una de las principales hortalizas que se consumen a nivel mundial, sin embargo, su establecimiento enfrenta serios problemas ambientales que reducen su productividad cuando se siembran o trasplantan en suelos con problema de salinidad.

Algunos autores han demostrado que el chile es sensible o moderadamente sensible a la salinidad durante diferentes etapas de desarrollo (Fernández y col., 1977; Bethke y Drew, 1992; Gunes y col., 1996; Pascale y col., 2003). La germinación de semillas es una etapa crucial en el desarrollo de la planta y la tolerancia a la salinidad durante esta etapa es crítica para el establecimiento de las plantas que crecen en los suelos salinos (Khan y col., 2000). Chartzoulakis y Klapaki (2000) demostraron que la salinidad causa una disminución en la tasa de germinación y germinación final de semillas de chile. El retardo o reducción en la tasa de germinación de muchas especies vegetales es debido a la disminución del potencial del agua del suelo, lo cual influye en la imbibición y elongación celular del embrión (Bradford, 1990).

La mayoría de los estudios del efecto de sales en la germinación de semillas han usado soluciones monosalinas como el cloruro de sodio o bisalinas tales como el cloruro de sodio más el cloruro de calcio como las sales experimentales. Otros estudios han demostrado un mejoramiento en la germinación de semillas de diferentes especies bajo

condiciones normales o bajo estrés salino en respuesta al uso de hormonas vegetales de crecimiento u otras sustancias orgánicas (Asraf y Foolad, 2005).

Smidova (1962) demostró que las sustancias húmicas extraídas de extractos vegetales tienen un efecto bioestimulante y ejercen un aumento en la germinación de semillas. Según Hernández y col., (1993), la disminución en la germinación bajo condiciones salinas debido a la toxicidad específica por NaCl es causada por la elevada generación de radicales súper óxidos que provocan un estrés oxidativo en las mitocondrias. La captura de estos radicales libres por parte de las sustancias húmicas disminuye el estrés oxidativo, ejerciendo un efecto bioprotector y aumentando la germinación (Ramos, 2000).

El uso de extractos líquidos obtenidos a partir de residuos de zacates representa una alternativa ambiental valiosa para resolver problemas de contaminación causados por la acumulación de desechos y a la vez producir fertilizantes orgánicos a bajo costo.

Bajo la hipótesis de que la germinación y el establecimiento de plántulas son normalmente lentos y extremadamente erráticos bajo condiciones de estrés salino, los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de la adición de un extracto

vegetal líquido extraído de residuos de zacates en la germinación y desarrollo temprano de plántulas de chile 'Sandía' bajo condiciones de salinidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento consistió en determinar la tolerancia a la salinidad en la germinación de semillas de chile tipo Anaheim cv. Sandía y su efecto en el desarrollo de la plántula. Para ello se colocaron cincuenta semillas en cada caja Petri de plástico con diferentes soluciones. Los tratamientos incluyeron una solución control (agua de ósmosis inversa), solución con solamente el extracto orgánico líquido (TABLA I), uno con solución Hoagland modificada (TABLA II), y seis niveles salinos para cada solución (extracto orgánico y solución Hoagland). La conductividad eléctrica para cada uno de los tratamientos se presenta en la TABLA III. El extracto orgánico fue extraído de residuos de zacates a través de un proceso de biolavado con

agua en condiciones anaeróbicas al cual se le agregó estiércol vacuno como material inicial de descomposición de dichos residuos. El proceso de biolavado consistió en recircular diariamente la solución extraída de residuos de zacates del campo de golf de la Universidad Estatal de Nuevo México por un período de cuatro semanas hasta alcanzar un pH ácido entre 5 y 6.

Al comparar y analizar los resultados obtenidos en el ensayo, se rechaza la hipótesis planteada, ya que la tasa de germinación y la germinación final no fueron afectadas significativamente por los tratamientos salinos. Se confirma el efecto osmoacondicionador sobre la germinación de semillas por la presencia de solutos en las soluciones salinas.

Tabla I. Propiedades físico-químicas del fertilizante orgánico líquido extraído de residuos de zacates.

Propiedad	Valor
Materia orgánica	2.78 %
pH	5.7
Conductividad eléctrica	22.7 dS/m
Nitrógeno	0.70 %
Fósforo	0.55 %
Potasio	0.33 %
Ca	1100 ppm
Na	267 ppm
Mg	290 ppm
Fe	49 ppm
Mn	8 ppm
Zn	0.51 ppm

El experimento fue realizado en una cámara de crecimiento a 25 °C en los laboratorios de la Universidad Estatal de Nuevo México bajo un diseño experimental completamente al azar con 15 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: germinación final (%), tasa de germinación (%), longitud de radícula (cm) y la longitud del hipocotilo (cm). Se consideró como semilla germinada aquella donde la radícula fue visible. Las semillas germinadas fueron contadas diariamente durante 21 días y la germinación final (GF, %) fue obtenida mediante la siguiente relación:

$$GF(\%) = \frac{\text{No. Semillas germinadas}}{\text{No. total de semillas usadas}} \times 100$$

Tabla II. Composición de la solución nutritiva modificada de Hoagland (Adaptada de Epstein, 1972)

Compuesto	Concentración de la solución madre (g L ⁻¹)	Volumen de la solución madre por L de la solución final (ml)	Modificada a la mitad de la dosis. (ml L ⁻¹)
Acido fosfo-amónico, NH ₄ H ₂ PO ₄	132.06	1.0	0.5
Nitrato de potasio, KNO ₃	101.10	6.0	3.0
Nitrato de calcio, Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	236.15	4.0	2.0
Sulfato de magnesio, MgSO ₄ 7H ₂ O	246.50	2.0	1.0

Tabla III. Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) en los diferentes tratamientos de germinación en semillas de chile 'Sandía'

Solución salina dS m^{-1}	Con la solución Hoagland modificada	Con el fertilizante liquido orgánico
Control(DW)	1.17	0.92
S1 (1.0)	S1H (2.08)	S1O (1.90)
S2 (2.0)	S2H (3.24)	S2O (2.88)
S3 (4.0)	S3H (5.09)	S3O (4.78)
S4 (6.0)	S4H (7.05)	S4O (6.52)
S5 (8.0)	S5H (8.46)	S5O (8.26)
S6 (10.0)	S6H (10.4)	S6O (10.0)

Tabla IV. Efecto de las diferentes soluciones en la longitud de la radícula e hipocotilo de semillas de chile 'Sandía'

Tratamiento	Radícula (cm)	Hipocotilo (cm)
Control	4.41 b	3.66 f
Sol. Hoag.	5.88 ab	5.12 abcdef
Sol. Org.	4.48 ab	3.82 def
S1H	5.43 ab	5.47 abc
S1O	6.35 ab	5.72 ab
S2H	5.62 ab	5.43 abcd
S2O	6.92 a	5.69 ab
S3H	4.97 ab	6.32 a
S3O	5.05 ab	5.34 abcd
S4H	6.55 ab	5.84 ab
S4O	6.40 ab	4.77 abcdef
S5H	5.40 ab	5.24 abcdef
S5O	6.61 ab	4.39 bcdef
S6H	4.74 ab	4.06 cdef
S6O	5.92 ab	3.75 ef

Medias seguidas con la misma letra a lo largo de la columna no son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$

La longitud de la radícula y del hipocotilo fue medida de 10 semillas germinadas seleccionadas aleatoriamente de cada repetición. Los datos de germinación fueron transformados (arcoseno)

antes del análisis estadístico. Un ANOVA fue usado para determinar la presencia de diferencias significantes entre medias. La prueba de Tukey fue llevada a cabo para determinar si ocurrieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El por ciento en la germinación final es presentado en la figura 1. De acuerdo con el ANOVA ($P = 0.0234$), la única diferencia significativa presente fue entre aquellos tratamientos con 2.0 y 7.0 dS m^{-1} con la solución del extracto orgánico. La salinidad de ambas soluciones tuvo relativamente poco impacto en la germinación final. Hubo un incremento en ésta del 8% y del 5% con la solución orgánica y Hoagland comparado al control (88%). Los tratamientos salinos con ambas soluciones promediaron 93% de germinación. Miyamoto y col (1985) reportan que semillas de chile germinaron bien a 21 dS m^{-1} . Por otra parte, Flynn y col (2002) reportan un decremento de 19% en la germinación de semillas de chile a una concentración de 7 dS m^{-1} utilizando solamente agua de osmosis inversa.

Las figuras 2 y 3 muestran el efecto de la salinidad sobre el porcentaje de germinación a través del tiempo. En ambas figuras puede verse que la velocidad de germinación de las semillas fue mayor para los tratamientos más salinos. Una germinación mayor del 50% fue observada a los 7 días de iniciado el ensayo para los tratamientos salinos adicionados con la solución orgánica y Hoagland. También se observó que más del 90% de germinación fue alcanzado a los 13 días en

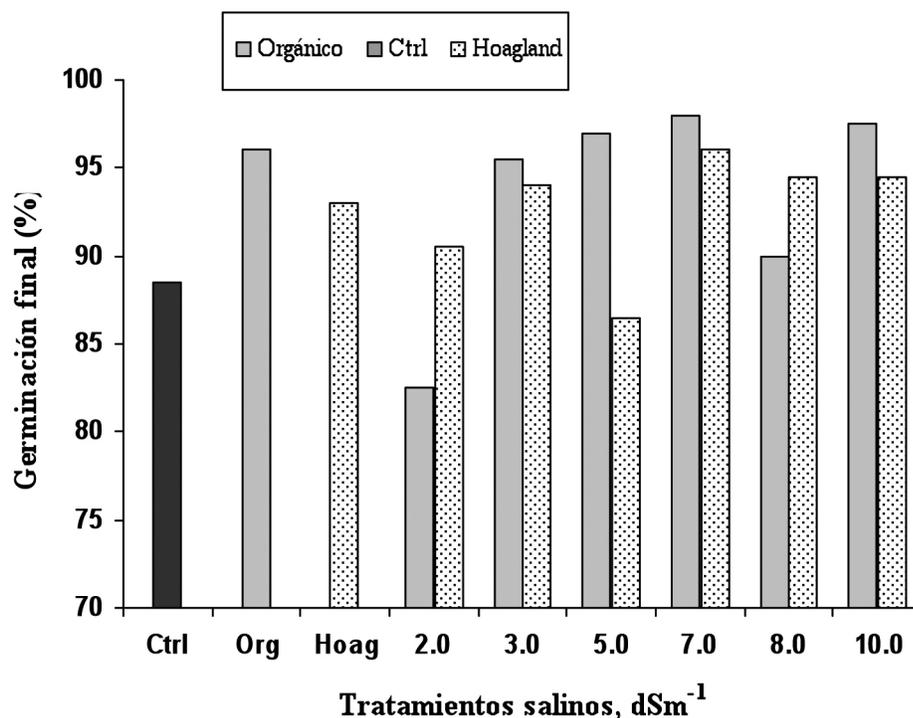


Figura 1. Germinación final de semillas (%) de chile ‘Sandía en diferentes soluciones salinas. Valores para niveles de salinidad teniendo la misma letra son significativamente no diferentes ($P > 0.05$) del control (Prueba de Tukey).

ambos tratamientos adicionados con las soluciones. Estos resultados apoyan el reporte previo de Chartzoulakis y Klapaki (2000) quienes reportaron que chile es relativamente tolerante a la salinidad durante la germinación pero se vuelve más sensible durante la emergencia y etapas tempranas de desarrollo.

Los resultados del ANOVA mostraron diferencias altamente significativas en ambas longitudes de la radícula ($P < 0.001$) y longitud del hipocotilo ($P =$

0.0012). La relación radícula-hipocotilo fue mayor en los tratamientos con solución orgánica (1.28) comparada con aquellos con solución Hoagland (1.02). Esto indica que el crecimiento de la radícula fue menos susceptible a las condiciones salinas del medio que el del hipocotilo. Esta diferencia podría estar basada en el hecho de que el ajuste osmótico ocurre primeramente en la raíz (Shalhevet y col., 1995). Sin embargo, la mayor longitud del hipocotilo se presentó en los tratamientos con la solución Hoagland.

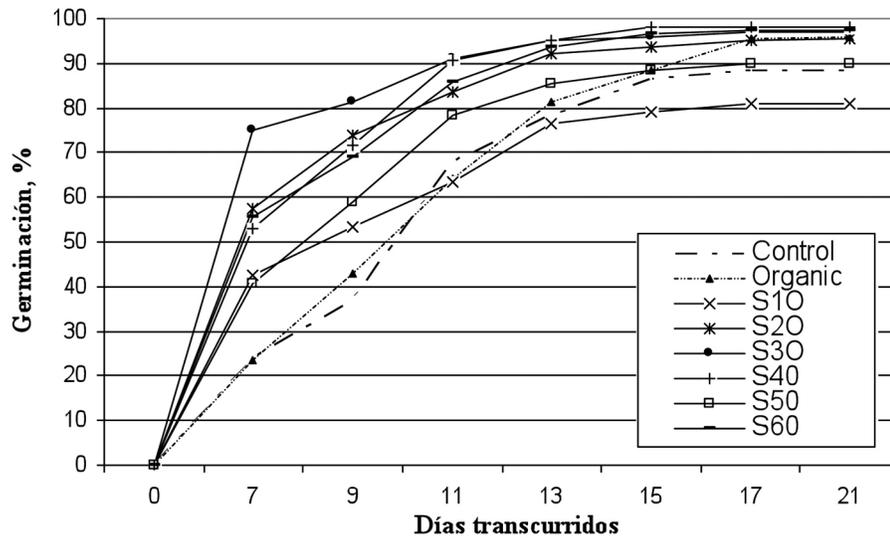


Figura 2. Tasa de germinación de semillas de chile (%) ‘Sandía’ influenciada por los niveles de salinidad adicionados con el extracto orgánico líquido comparados con el control después de 21 días de incubación.

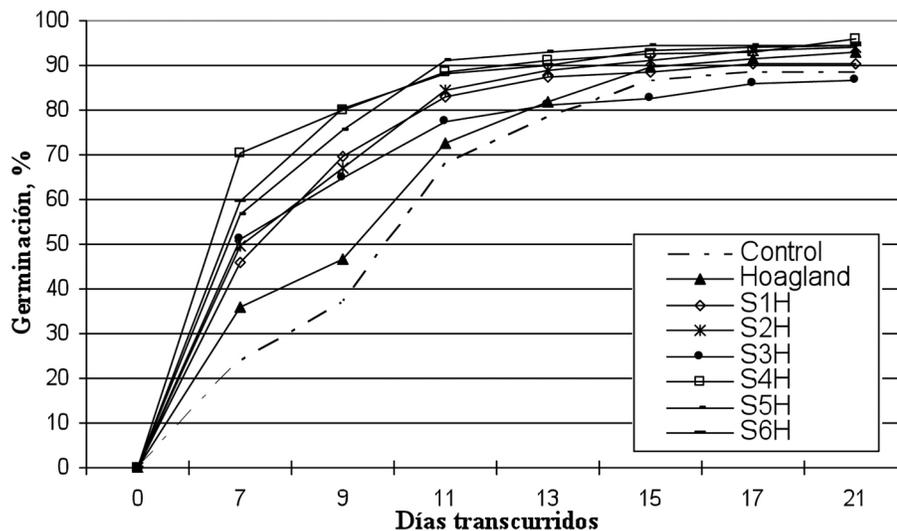


Figura 3. Tasa de germinación (%) de semillas de chile influenciada por los niveles de salinidad adicionados con la solución Hoagland comparados con el control después de 21 días de incubación.

CONCLUSIONES

Al comparar y analizar los resultados obtenidos en el ensayo, se rechaza la hipótesis planteada, ya que la tasa de germinación y la germinación final no fueron afectadas significativamente por los tratamientos salinos. Se confirma el efecto osmocondicionador sobre la germinación de semillas por la presencia de solutos en las soluciones salinas. Sin embargo, esto no significa que después de esta etapa fenológica, el cultivo podría tolerar los mismos niveles de salinidad.

Por otra parte, el mayor desarrollo de la radícula observado en los tratamientos con solución orgánica demuestran el efecto osmótico de los solutos orgánicos que no permiten la absorción de los iones tóxicos presentes en las soluciones salinas. Así mismo, se observó el efecto nutricional de la solución Hoagland en la mayor elongación del hipocotilo lo que puede darle mayor vigor a la semilla en la emergencia.

La utilización de extractos líquidos de residuos orgánicos puede ser una opción en el pretratamiento (incremento en la imbibición) que se le da a las semillas antes de la siembra, como fuente de fertilizantes y además de disminuir la contaminación producida por la acumulación y descomposición de estos desechos orgánicos en los rellenos sanitarios.

REFERENCIAS

- Asraf, M., and M.R. Foolad 2005. Pre-sowing seed treatment-ashotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non saline conditions. *Adv. Agron.* 88:223-271.
- Bethke, P.C., and M.C. Drew. 1992. Stomatal and non-stomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant Physiol.* 99: 219-226.
- Bradford, K.J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. *Plant Physiol.* 94:840-849.
- Chartzoulakis, K., and G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hort.* 86: 247-260.
- Fernández, F.G., M. Caro, and A. Cerda. 1977. Influence of NaCl in the irrigation water on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Plant Soil.* 46: 405-411.
- Flynn, R., R. Phillips, A. Ulery, R. Kochevar, L. Liess, and M. Villa. 2002. Chile seed germination as affected by temperature and salinity. New Mexico Chile Task Force. Report 2. New Mexico State University.
- Gunes, A., A. Inal, and M. Alpaslan. 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.* 19: 359-396.
- Hernández, J.A., Corpos, F.J., Gómez, M., Del Río, L.A. and Sevilla, F. 1993. Salt induced oxidative stress mediated by activated oxygen species in pea leaf mitochondria. *Physiol. Plant.* 89:103-110.
- Khan, M.A., L.A. Ungar, and A.M. Showalter. 2000. Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon reurvum*. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31:2763-2774.
- Miyamoto, S., K. Piela, and J. Petticrew. 1985. Salt effect on germination and seedling emer-

- gence of several vegetable crops and guayule. *Irrig. Sci.* 6:159-170.
- Pascale, S.D., C. Ruggiero, G. Barbieri, and A. Maggio. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 48-54.
- Ramos R. R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante. Facultad de Ciencias. España. Disponible en: http://descargas.cervantesvirtual.com/servelet/SirveObras/o4703959799125806410046/003979_1.pdf
- Shalhevet J., M.G. Huck., and B.P. Schroeder (1995). Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agron. J.*: 87: 512-516.
- Smidova, N. 1962. Effect of sodium humate on swelling and germination of plants roots. *Biol. Plant.* 4:112-118.