

GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE FRIJOLILLO *Rhynchosia minima* (L) DC EN CONDICIONES DE SALINIDAD

Germination and Development of Frijolillo *Rhynchosia minima* (L) DC in Conditions of Salinity

Alberto Madueño-Molina¹, Diego García-Paredes^{1‡}, Jesús Martínez-Hernández² y
Candelario Rubio-Torres¹

RESUMEN

La salinidad del suelo es una condición que afecta la germinación y el desarrollo de las plantas. Sin embargo, algunas especies manifiestan tolerancia a la salinidad durante estas etapas del desarrollo, lo cual es importante para la supervivencia en estas condiciones ambientales. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del NaCl sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de frijolillo. Esta especie tiene interés particular por su potencial uso forrajero, ya que se desarrolla en los meses de estiaje en la región. Se colectó semilla de frijolillo en tres localidades de la llanura costera de Nayarit. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial A x B con cuatro repeticiones, el factor A representó las colectas y el factor B las condiciones de salinidad con NaCl. El estudio se realizó en condiciones de laboratorio; la semilla se escarificó con ácido sulfúrico concentrado. Se comparó la respuesta a la germinación y al desarrollo de plántulas de frijolillo con 11 concentraciones de salinidad con NaCl. Se depositaron 100 semillas de frijolillo en cajas Petri en las que se colocó papel filtro saturado con las soluciones salinas. Las cajas se depositaron en una cámara de germinación a 25 °C. Se evaluaron el porcentaje de germinación, y la longitud de la raíz y del vástago. Los resultados señalaron diferencias estadísticas entre colectas, dosis de NaCl y la interacción, para las variables evaluadas. La concentración de 320 mM de NaCl inhibió totalmente el crecimiento de raíz y vástago del frijolillo. En la colecta de Pimientillo (CPIM),

la dosis de 150 mM de NaCl causó daños severos en raíz y plántula, mientras que en las colectas de El Limón (CEL) y Villa Juárez (CVJ) se manifestó el mismo daño con la concentración de 250 mM de NaCl.

Palabras clave: leguminosa silvestre, cloruro de sodio, estrés.

SUMMARY

Soil salinity is a condition that affects plant germination and development. However, some species show some tolerance to salinity during those growth stages, which is important for survival under these environmental conditions. The objective of this work was to evaluate the effect of NaCl on seed germination and development of frijolillo seedlings. This species has special importance because of its potential use as a forage plant since it grows well during the dry months of the year in the region. Seeds were collected from three sites on the alluvial plains of the coast of Nayarit. A complete randomized design was used, with a factorial arrangement A x B with four replications. The factor A represented the collections and the factor B represented the NaCl concentrations. The study was realized under laboratory conditions, the seeds were scarified with concentrated sulfuric acid. The response to 11 levels with NaCl during germination and development of "frijolillo" seedlings was compared, using 100 seeds deposited in Petri boxes with filter paper saturated with the saline solutions. These boxes were deposited in a germination chamber at 25 °C. The values for percent of germination, length of root, and length of stem showed that these variables were significantly different. The level of 320 mM of NaCl fully inhibited the root and stem growth. However, the plants from seed collected at Pimientillo (CPIM) was severely damaged by 150 mM of NaCl. In materials collected from El Limón (CEL) and Villa Juárez (CVJ) the same level of damage was reached with 250 mM of NaCl.

¹ Centro Multidisciplinario de Investigación Científica, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 243, 63190 Tepic, Nayarit, México.

[‡] Autor responsable (juandieg@nayar.uan.mx)

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

Index words: wild legume, sodium chloride, stress.

INTRODUCCIÓN

El frijolillo es una especie herbácea de crecimiento indeterminado que se encuentra distribuida en la llanura costera de Nayarit durante el período de estiaje, aun en suelos afectados por la salinidad, lo que sugiere que tiene cierta resistencia a estas características. Esta especie tiene interés particular por su potencial uso forrajero, ya que se desarrolla en los meses de sequía en la región. La salinidad y la sequía son dos de los factores limitativos ambientales que afectan el establecimiento y desarrollo de las especies así como la producción agrícola.

Se considera a la salinidad como la presencia en el suelo de sales solubles en cantidades mayores que las normales. Las altas concentraciones de sales en el suelo inhiben el crecimiento de las plantas de diferentes formas; se puede causar decremento del contenido de agua en la planta, acumulación de iones en cantidades tóxicas y reducción de la disponibilidad de nutrimentos (Kuiper, 1984; Ashraf, 1994). El Na^+ , al ser un elemento altamente higroscópico, atrapa las moléculas del agua del suelo, lo que provoca que disminuya el agua de hidratación para otros nutrimentos, y afecta también la estructura del suelo al disgregar sus partículas. En los suelos salinos, se reduce la absorción y traslocación de K^+ y Ca^{2+} , estos elementos son requeridos en el suelo para mantener la selectividad y la integridad de la membrana celular de la raíz (Wyn Jones y Lunt, 1967; Fageria, 1983). Las altas concentraciones de Na^+ deterioran la selectividad de la membrana y favorecen la acumulación pasiva de Na^+ en raíces y tallos (Kramer *et al.*, 1977). Levitt (1980) indicó que las sales sódicas, en particular el NaCl, provocan un mayor castigo salino que otras sales y el NaCl es una de las sales más comunes en las zonas agrícolas.

Para algunas especies vegetales, el estrés salino es más inhibitorio durante la germinación de la semilla que en algunas otras etapas del desarrollo (Bewley y Black, 1982; Mayer y Poljakoff-Mayber, 1982). La tolerancia a la salinidad en la germinación y durante etapas tempranas de crecimiento es indispensable para la posterior supervivencia y el desarrollo de la planta en suelos salinos (Rogers *et al.*, 1995). En muchas especies de plantas, la sensibilidad al NaCl varía en las diferentes etapas de desarrollo, por lo que la sensibilidad mostrada por

alguna especie durante la germinación y emergencia no es una garantía de que el desarrollo posterior de la planta pueda continuar sin complicaciones para completar su ciclo de vida (Maas y Hoffman, 1977; Norlyn y Epstein, 1984).

En el presente trabajo, se evaluó el efecto de la salinidad con NaCl sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de poblaciones de *Rhynchosia minima* (L) DC (frijolillo), que se colectaron de tres sitios de la llanura costera de Nayarit, con el fin de analizar su grado de tolerancia a la salinidad en etapas tempranas de su desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se desarrolló en condiciones de laboratorio. Se utilizó semilla de frijolillo escarificada en ácido sulfúrico concentrado durante 30 min. Se comparó la respuesta a la germinación y supervivencia de plántulas de frijolillo, con diferentes concentraciones de salinidad con NaCl. La semilla se colectó en forma masal en las localidades de Villa Juárez (CVJ), Pimientillo (CPIM) y El Limón (CEL), ubicadas en la llanura costera de Nayarit.

Soluciones Salinas

Se evaluaron 11 concentraciones de salinidad con NaCl, cuyas características relativas a la conductividad eléctrica y potencial osmótico estimado se describen en el Cuadro 1.

El potencial osmótico se estimó de acuerdo con los siguientes valores y cálculos:

24 Meq de NaCl = -1.0 atm,

1 Meq = peso molecular de soluto (g)/(número de valencia)(1000)

1 Meq NaCl = $58.44/(1000) = 0.05844$

-1 atm de PO con NaCl = $(0.05844)(24) = 1.40256$ g de NaCl

-1.0 MPa = -9.868 atm, por lo tanto: -1.0 MPa de PO con NaCl = 13.84046 g de NaCl.

En consecuencia, 5.844 g de NaCl = -0.42224 MPa.

Desarrollo del Experimento

En cajas Petri se colocaron hojas de papel filtro previamente saturadas con las soluciones salinas antes descritas, el control se preparó con agua cuyas características fueron: pH en agua, 6.6; CE, 0.6 dS m^{-1} ; Ca, 0.254 meq L^{-1} ; Mg, 0.340 meq L^{-1} ; Na, 0.217 meq L^{-1} ; K, 0.163 meq L^{-1} ;

Cuadro 1. Dosis de NaCl utilizadas y sus equivalencias en conductividad eléctrica y potencial osmótico.

Tratamiento	NaCl	Concentración	CE [†]	PO [‡]
	g L ⁻¹	mM	dS m ⁻¹	MPa
01	0.00	0.00	0.00	0.00
02	5.84	100	9.12	-0.42
03	8.77	150	13.67	-0.63
04	11.69	200	18.23	-0.84
05	14.61	250	22.79	-1.05
06	17.53	300	27.61	-1.27
07	18.70	320	29.17	-1.35
08	19.87	340	30.99	-1.43
09	21.04	360	32.82	-1.52
10	22.21	380	34.64	-1.60
11	23.38	400	36.47	-1.69

[†] Conductividad eléctrica; [‡] Potencial osmótico.

CO₃, 0.0 meq L⁻¹; HCO₃, 3.2 meq L⁻¹; cloruros, 2 meq L⁻¹; sulfatos, 1.2 meq L⁻¹. Sobre el papel saturado, se depositaron 100 semillas de frijolillo previamente escarificadas, se cubrieron con la tapa transparente y se colocaron en una cámara de germinación a 25 °C. Las variables evaluadas fueron: **Porcentaje de germinación.** Este valor se obtuvo cuantificando las semillas germinadas respecto al total, durante siete días. Se consideró como semilla germinada cuando la raíz medía 2 mm aproximadamente.

Longitud de raíz. Se midió la longitud promedio alcanzada por la raíz a siete días desde el inicio de la germinación.

Longitud de vástago. Se midió la longitud promedio alcanzada por el vástago de la plántula a siete días desde el inicio de la germinación.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial A x B con cuatro repeticiones, al factor A le correspondieron las tres colectas y al factor B las 11 concentraciones de NaCl. Para la unidad experimental se usó una caja de Petri con 100 semillas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre colectas, dosis de NaCl y la interacción entre colectas y NaCl, para las variables germinación, longitud de raíz y longitud de vástago (Cuadro 2). Lo anterior indica que la interacción de las variables independientes, representadas por las colectas, y el gradiente de

Cuadro 2. Efecto de las colectas y el gradiente de salinidad con NaCl sobre germinación, longitud de raíz y longitud de vástago en frijolillo.

Factor	Germinación	Longitud raíz	Longitud vástago
	--- % ---	----- mm -----	
Colectas[†]			
CVJ	52.50 a	25.16 a	16.09 a
CEL	51.09 b	23.16 b	15.55 a
CPIM	32.18 c	16.16 c	10.75 b
NaCl (en mM)[‡]			
0	100.00 a	51.25 b	35.08 b
100	99.58 a	61.25 a	43.08 a
150	86.00 b	44.75 c	25.83 c
200	69.25 c	35.00 d	15.67 d
250	62.66 d	18.92 c	10.50 e
300	46.33 e	11.58 f	10.50 e
320	16.25 f	7.00 g	04.83 g
340	8.83 g	2.50 h	04.25 g
360	4.75 h	1.92 hi	03.50 gh
380	3.33 h	1.50 hi	03.50 gh
400	0.83 i	0.75 i	01.67 h

[†] n = 44; [‡] n = 12.

salinidad con NaCl tiene un efecto sobre las variables dependientes evaluadas (% de germinación, longitud de raíz y longitud de vástago).

Efecto del Factor Colectas

Al analizar el porcentaje de germinación en las colectas, se encontró que CVJ fue estadísticamente superior a las otras, seguida por CEL, mientras que CPIM fue la que obtuvo el menor valor, con promedios de 52.50, 51.09 y 32.18, respectivamente. Los valores de la longitud de raíz y la longitud de vástago fueron mayores en CVJ, en comparación con las otras dos colectas (Cuadro 2). Lo anterior señala la variabilidad en los materiales de frijolillo evaluados y que pudieran ser utilizados en programas de mejoramiento para resistencia a condiciones de salinidad. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Abel y MacKenzie (1964), El-Samad y Shaddad (1997) y Pantalone *et al.* (1997), quienes identificaron la variación que existe en la tolerancia a las sales en genotipos de la misma especie.

Efecto de la Concentración Salina en el Porcentaje de Germinación

En general, la germinación disminuyó a partir de la concentración de 150 mM de NaCl (Cuadro 3). Se observa también que, para las colectas de Villa

Cuadro 3. Efecto del gradiente de salinidad con NaCl sobre germinación, longitud de raíz y longitud de vástago en frijolillo proveniente de tres colectas.

NaCl mM	Germinación			Longitud de raíz			Longitud de vástago		
	CVJ [†]	CEL [‡]	CPIM [§]	CVJ	CEL	CPIM	CVJ	CEL	CPIM
	%			mm					
0	100.0 a	100.0 a	100.0 a	51.0 b	57.5 b	45.3 b	33.8 b	38.3 b	33.3 b
100	99.3 a	100.0 a	99.5 a	64.0 a	67.8 a	52.3 a	45.8 a	44.3 a	41.0 a
150	96.0 b	89.0 b	73.0 b	48.0 c	44.3 c	42.0 c	29.5 c	29.8 c	18.3 c
200	82.3 c	80.5 c	45.0 c	42.5 d	41.0 d	21.5 d	16.3 d	17.3 d	13.5 d
250	74.8 d	81.3 c	32.0 d	28.0 e	17.0 e	11.8 e	13.3 de	11.5 e	6.8 e
300	63.8 e	71.0 d	4.3 e	17.3 f	12.8 f	4.8 f	9.8 ef	7.8 ef	4.5 ef
320	29.8 f	18.8 e	0.3 f	12.5 g	8.0 g	0.5 g	7.0 fg	6.5 f	1.0 fg
340	14.8 g	11.8 f	0.0 f	5.0 h	2.5 h	0.0 g	6.3 g	5.0 f	0.0 g
360	7.8 h	6.5 g	0.0 f	3.8 h	2.0 hi	0.0 g	5.5 g	5.0 f	0.0 g
380	6.8 h	3.3 h	0.0 f	2.5 h	2.0 hi	0.0 g	5.0 g	4.3 f	0.0 g
400	2.5 i	0.0 i	0.0 f	2.3 h	0.0 i	0.0 g	5.0 g	0.0 g	0.0 g

[†] Villa Juárez; [‡] El Limón; [§] Pimientillo.

Juárez y El Limón, la germinación decreció más de 50% por encima de 300 mM de NaCl, mientras que, para la colecta Pimientillo, la disminución mayor que 50% de germinación se presentó con NaCl más bajo. Por otra parte, CVJ mostró semillas que fueron capaces de germinar en todo el gradiente de salinidad evaluado, CEL tuvo semillas que germinaron hasta 380 mM, mientras que CPI no mostró ninguna semilla germinada superior a 320 mM (Cuadro 3). Resultados similares fueron mencionados por Wang y Shannon (1999), quienes encontraron que con valores de conductividad eléctrica, en el extracto de saturación del suelo, de 11 dS m⁻¹ redujeron significativamente la emergencia de semillas y el crecimiento de plántulas de soya. Promila y Kumar (2000) estudiaron la germinación de semilla y la elongación de la raíz de frijol mungo (*Vigna radiata* Wilczek) y encontraron que la concentración de 180 mM de NaCl redujo la germinación de las semillas, aunque no impidió la emergencia de la radícula. Sin embargo, con esta concentración de NaCl la elongación de la radícula cesó completamente después de 36 h. Rogers *et al.* (1995) también reportaron una disminución en la germinación de *Trifolium repens* L., a medida que se incrementó la concentración de NaCl.

En la Figura 1, se describe el comportamiento general de la germinación de las tres colectas en el gradiente de salinidad. Se aprecia que a medida que se incrementó la concentración de NaCl, disminuyó la germinación con una tendencia tipo cuadrática, observándose una mejor respuesta de las colectas CEL y CVJ. En la Figura 2, se analiza

el comportamiento de la germinación de acuerdo con la ecuación de Maas y Hoffman (1977):

$$Y = 100 - p(CE_e - CE_i),$$

donde: Y = es el número o porcentaje de semillas germinadas, p = pendiente; porcentaje de reducción de la respuesta por cada unidad de incremento en la conductividad eléctrica, CE_e = conductividad eléctrica en extracto de saturación, CE_i = conductividad eléctrica hasta la cual se espera se mantenga la máxima respuesta.

La mayor CE en la que las colectas manifestaron una germinación de 100% fue de 8.27 dS m⁻¹ para CPIM, 12.25 dS m⁻¹ para CEL y 15.18 dS m⁻¹ para CVJ, mientras que la CE para la cual se espera que la germinación de cada una de las colectas sea igual a cero fue de 28.66, 36.83 y 36.45 dS m⁻¹, respectivamente. Se observa que la tolerancia de las colectas CEL y CVJ es similar entre sí y que la tolerancia de CPIM es siempre menor. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Bayuelo-Jiménez *et al.* (2002), quienes evaluaron 14 especies silvestres de *Phaseolus* y encontraron que *P. lunatus* y *P. filiformis* toleraron valores de 180 mM de NaCl (15.7 dS m⁻¹).

Efecto de la Concentración Salina en la Longitud de Raíz

En general, CVJ produjo las raíces más largas y fue estadísticamente superior a CEL y CPIM con promedios de 25.16, 23.16 y 16.16 mm,

respectivamente (Cuadro 2). Al analizar el factor concentración de NaCl, se encontró que con una dosis de 100 mM de NaCl, las tres dosis produjeron raíces más largas que el control (Cuadro 3). Este comportamiento de la raíz, con relación al mayor aumento de biomasa, en ciertas condiciones de salinidad ha sido reportado por diversos autores (Poljakoff y Lerner, 1994; Kafkafi y Bernstein, 1996; Sánchez-Bernal *et al.*, 2003). Además, señalaron que el crecimiento del tallo es más afectado que la raíz. Al respecto, Levy (1992) mencionó que lo anterior puede ser un mecanismo de inducción de la raíz para localizar espacios de menor concentración salina en el suelo y así evadir el efecto del estrés osmótico.

En general, la mayor concentración de NaCl disminuyó gradualmente el crecimiento de la raíz. Sin embargo, a partir de 340 mM de NaCl la disminución es más marcada, en especial en CPIM, donde no hubo elongación de raíz (Cuadro 3). Por lo que respecta al daño ocasionado por la salinidad, se observó que las raíces de CVJ y CEL mostraron una coloración café con sus meristemos necrosados a partir de 250 mM, mientras que CPIM mostró este daño a partir de 150 mM.

El comportamiento individual de cada una de las tres colectas en el gradiente de salinidad fue de tipo cúbico, con valores máximos de 66.83, 60.91 y 52.57 mm a 70, 70 y 60 mM de NaCl para

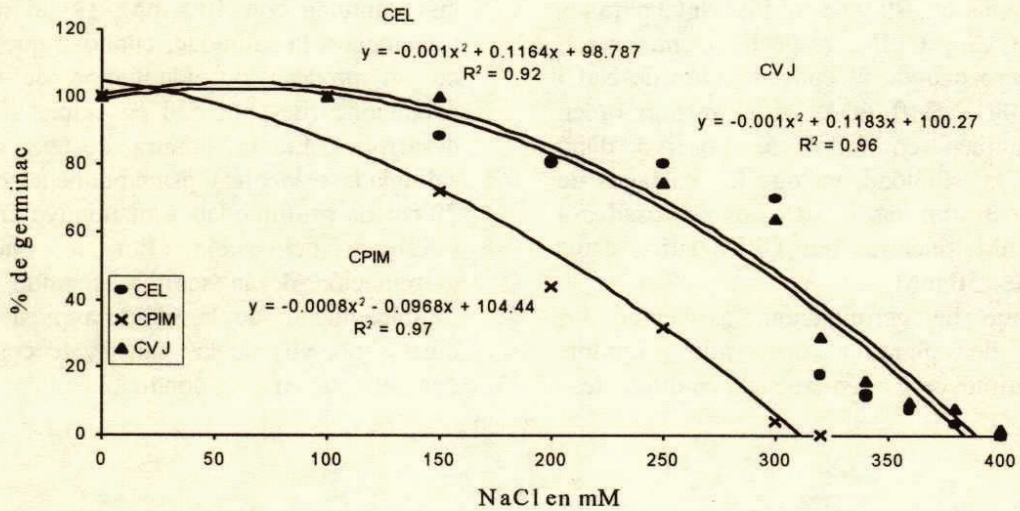


Figura 1. Germinación de semilla de tres colectas de frijolillo en un gradiente salino con NaCl.

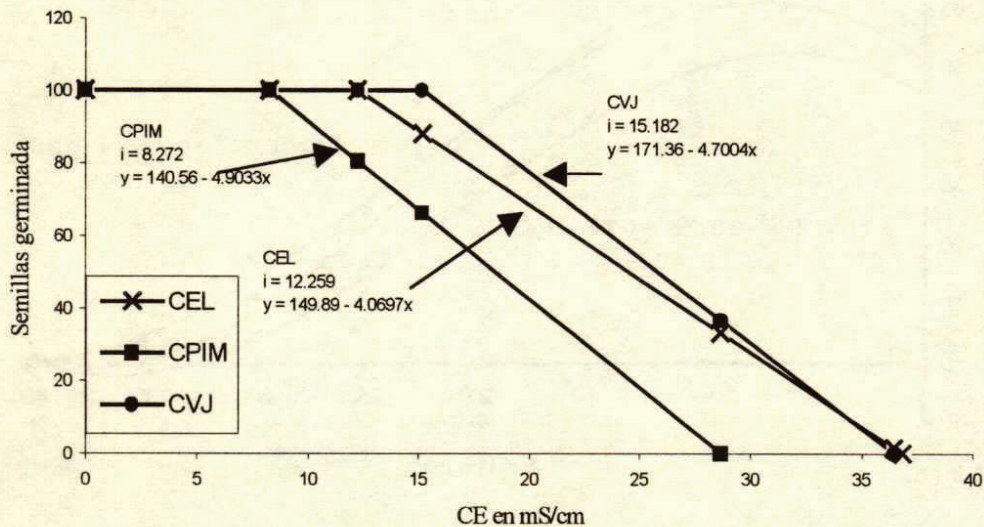


Figura 2. Respuesta a la germinación de semilla de frijolillo en un gradiente de salinidad de acuerdo con la ecuación de Maas y Hoffman (1977).

las colectas CEL, CVJ y CPIM, respectivamente, y con valor igual a cero cuando la concentración de NaCl fue de 350, 400 y 325 mM, en el mismo orden (Figura 3).

Efecto de la Concentración Salina en la Longitud de Vástago

El análisis del Cuadro 3 permite observar que con una concentración de 100 mM de NaCl, las tres colectas produjeron vástagos más largos que el control y que a partir de 320 mM se inhibe su crecimiento. El comportamiento individual de cada una de las tres colectas en el gradiente de salinidad fue de tipo cúbico, con valores máximos de 45.07, 43.53 y 36.89 mm a 65, 70 y 65 mM de NaCl para las colectas CEL, CVJ y CPIM, respectivamente, y con valor igual a cero cuando la concentración de NaCl fue de 350, 400 y 340 mM, en el mismo orden (Figura 4). También en tallos se observó daño ocasionado por la salinidad, ya que los vástagos de CVJ y CEL mostraron sus meristemas necrosados a partir de 250 mM, mientras que CPIM sufrió estos daños a partir de 150 mM.

El porcentaje de germinación, así como las características de plántula observadas durante la etapa de germinación y emergencia en diferentes

concentraciones de NaCl, son pruebas que permiten identificar variedades tolerantes a salinidad. Kuruvadi (1988) señaló que existe una alta correlación positiva entre la tasa de germinación en soluciones osmóticas y la tasa de emergencia en el campo, por lo que estas pruebas tienen valor predictivo. Sin embargo, la germinación de las semillas en condiciones salinas no son, necesariamente, una garantía de que el desarrollo posterior de la planta pueda continuar sin complicaciones para completar su ciclo de vida, como lo señalaron Norlyn y Epstein (1984).

En el caso particular del frijolillo, su capacidad para germinar con altas concentraciones de NaCl (50% con 300mM) y el excelente comportamiento de las plántulas con 100 mM, es un indicador de su tolerancia a la salinidad, cualidad que puede provenir de un proceso de adaptación de esta especie a condiciones de salinidad en etapas tempranas de su desarrollo. En la llanura costera de Nayarit, la salinidad se localiza principalmente en los primeros 20 cm de profundidad y disminuye en los horizontes inferiores del suelo. Por lo que una rápida germinación de la semilla, seguido por un rápido establecimiento de la plántula puede minimizar los efectos nocivos de las sales y le confieren ventajas competitivas en tales condiciones.

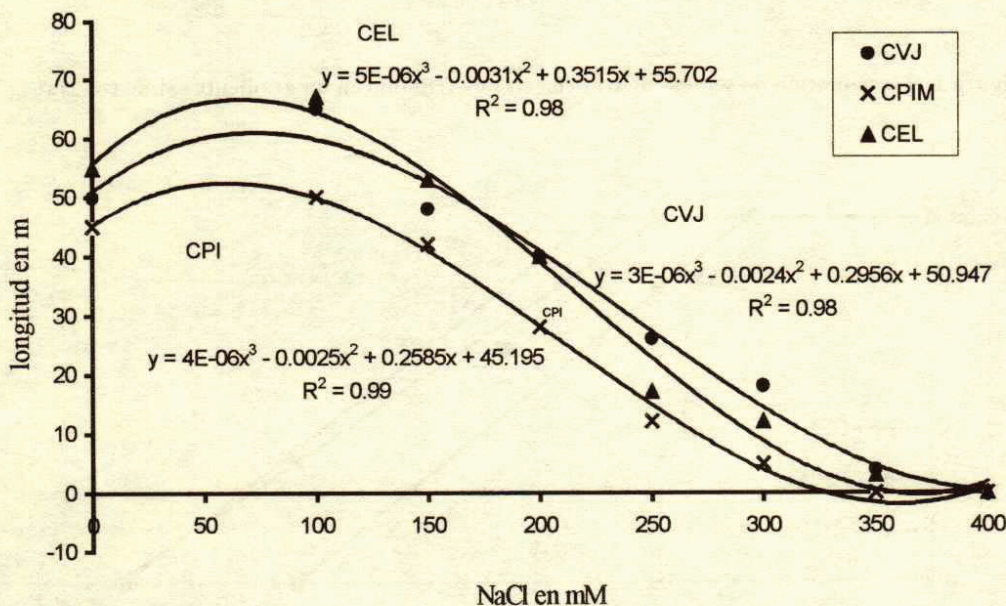


Figura 3. Efecto de la concentración de NaCl sobre el crecimiento de raíz de plántulas de frijolillo.

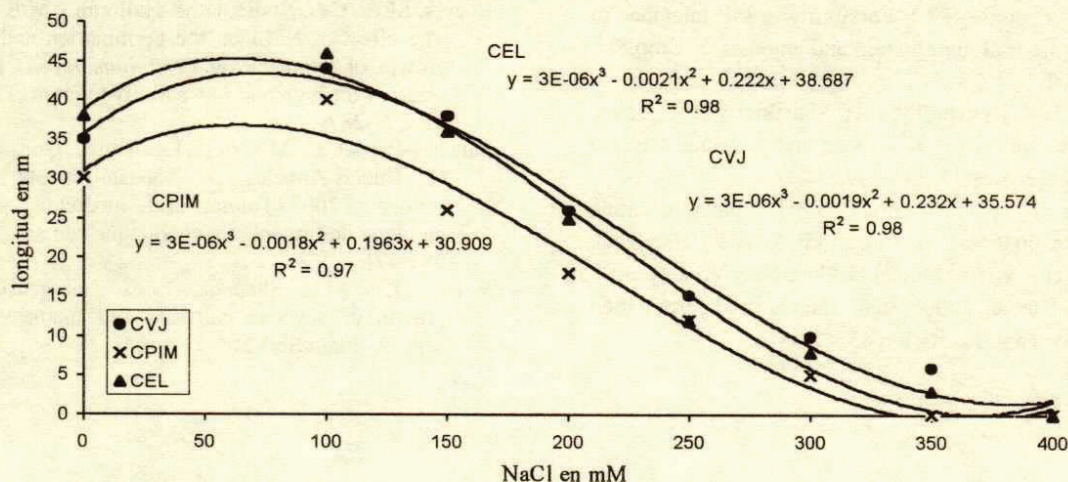


Figura 4. Efecto de la concentración de NaCl sobre el crecimiento de plántulas de frijolillo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo mediante la beca otorgada (Registro 55116) y el financiamiento del proyecto CONACYT 0707-B.

CONCLUSIONES

- Las colectas Villa Juárez (CVJ) y El Limón (CEL) mostraron capacidad para germinar en condiciones de alta salinidad, con más de 50% de germinación en la solución de 300 mM de NaCl.
- La salinidad afectó la velocidad de germinación, ya que con soluciones de 0 a 250 mM de NaCl se requirieron 72 h para alcanzar su máximo porcentaje, mientras que con concentraciones mayores se requirieron más de 120 h.
- En forma general, la salinidad inhibió por completo el crecimiento de la raíz y vástago de frijolillo, a partir de 320 mM de NaCl, sin embargo, a partir de 150 mM en la colecta Pimientillo (CPIM) y 250 mM en las colectas CVJ y CEL, causó daños severos a esas estructuras de la plántula.

LITERATURA CITADA

- Abel, G.H. y A.J. Mackenzie. 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Sci.* 4: 157-161.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13: 17-42.
- Ayers, A.D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agron. J.* 44: 224-226.

- Bayuelo-Jiménez, J.S., D.G. Debouck y J.P. Lynch. 2002. Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. *Crop Sci.* 42: 2184-2192.
- Bewley, J.D. y M. Black. 1982. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: viability, dormancy and environmental control.* Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- El-Samad, A.H.M. y M.A.K. Shaddad. 1997. Salt tolerance of soybean cultivars. *Biol. Plantarum* 39: 263-269.
- Fageria, N.K. 1983. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. *Plant Soil* 70: 309.
- Jones, R.G.W. y O.R. Lunt. 1967. The function of calcium in plants. *Bot. Rev.* 33: 407.
- Kafkafi, U. y N. Bernstein. 1996. Root growth under salinity stress. pp. 435-451. *In: Waisel, Y., A. Eshel y U. Kafkafi. Plant roots: the hidden half.* Marcel Dekker, New York.
- Kramer, D., A. Lauchli, A. Yeo y J. Gullasch. 1977. Transfer cells in roots of *Phaseolus coccineus*: ultrastructure and possible function in exclusion of sodium from the shoot. *Ann. Bot.* 41: 1031.
- Kuiper, P.J. 1984. Functioning of plant cell membranes under saline conditions: membrane lipid composition and ATPases. pp. 77-91. *In: Staples, R.C. y G.H. Toenniessen (eds.). Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement.* John Wiley, New York.
- Kuruvadi, S. 1988. Características de planta que contribuyen a la mejor adaptación de los cultivos a regiones semidesérticas. Folleto de Divulgación. Vol. 11. No. 4. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Levitt, J.D. 1980. *Responses of plants to environmental stresses.* Academic Press, New York
- Levy, D. 1992. The response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to salinity: plant growth and tuber yields in the arid deserts of Israel. *Ann. App. Biol.* 120:547-555.
- Maas, E.V. y G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrigation Drainage Division* 103: 115-134.
- Mayer, A.M. y A. Poljakoff-Mayber. 1982. *The germination of seeds.* Pergamon Press, Oxford, UK.

- Norlyn, J.D. y E. Epstein. 1984. Variability in salt tolerance in four triticale lines at germination and emergence. *Crop Sci.* 24: 1090-1092.
- Pantalone, V.R., W.J. Kenworthy, L.H. Slaughter y B.R. James. 1997. Chloride tolerance in soybean and perennial Glycine accessions. *Euphytica* 97: 235-239.
- Poljakoff-Mayber, A. y H.R. Lerner. 1994. Plants in saline environments. pp. 65-96. *In*: Pessarakli, M. (ed.). *Handbook of plant and crop stress*. Marcel Dekker. New York.
- Promila, K. y S. Kumar. 2000. *Vigna radiata* seed germination under salinity. *Biol. Plantarum* 43: 423-426.
- Rogers, M.E., C.L. Nodle, G.M. Halloran y M.E. Nicolas. 1995. The effect of NaCl on the germination and early seedling growth of white clover (*Trifolium repens* L.) populations selected for high and low salinity tolerance. *Seed Sci. Tech.* 23: 277-287.
- Sánchez-Bernal, E., M. Ortega-Escobar, V. González-Hernández, G. Ruelas-Ángeles, J. Kohashi-Shibata y N. García-Calderón. 2003. Tolerancia de tubérculos de papa cv. Alfa en etapa de brotación a condiciones de salinidad. *Terra* 21: 481-491.
- Wang, D. y M.C. Shannon. 1999. Emergence and seedling growth of soybean cultivars and maturity groups under salinity. *Plant Soil* 214: 117-124.