

GERMINACION POTENCIAL DE DOS CULTIVARES DE CRAMBI (Crambe abyssinica, Hochst) , EN CONDICIONES CONTROLADAS DE SALINIDAD

Charlie Sánchez ¹, José Luis Chan C.² y James L. Fowler ¹

RESUMEN

El efecto de la salinidad sobre el potencial germinativo de crambi (Crambe abyssinica, Hochst) fue investigado en los cultivares Meyer y Prophet, en ocho niveles de cantidades isoequivalentes de CaCl₂ y NaCl (0, 60, 120, 180, 240, 300, 360 y 420 meq/l). Los conteos se realizaron cada tercer día, del tercer al onceavo día en el experimento 1, y del segundo al doceavo día en el experimento 2. Para cada experimento, en cajas de Petri, se pusieron a germinar 25 y 50 semillas en un germinador de temperatura controlada a 20 ± 1°C. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y modelos de superficie de respuesta.

En general, el porcentaje y la velocidad de germinación disminuyeron conforme la concentración de sal aumentó. Cuando la concentración de sales fue igual o menor a 240 meq/l germinaron el 50% o más del total de las semillas al final del período de incubación, pero cuando la concentración de sales fue igual o mayor que 300 meq/l, el porcentaje final de germinación disminuyó drásticamente, de tal manera que en la concentración más alta de sales (420 meq/l) prácticamente no hubo germinación.

SUMMARY

The effects of salt stress on crambe (Crambe abyssinica, Hochst) germination was investigated in cultivars Meyer and Prophet, at eight levels of isoequivalent amounts of CaCl₂ and NaCl (0, 50, 120, 180, 240, 300, 360 and 420 meq/l). Counts were made every other day, from the 3rd to 11th day in experiment 1, and from the 2nd to 12th day in experiment 2. For each experiment, 25 and 50 seeds were seeded for germination in Petri dishes in a controlled temperature chamber at 20 ± 1°C. Data were analyzed through analysis of variance and response surface regression models.

In general, germination percentage as well as germination rate decreased as salt concentration increased. When salt concentration was equal or smaller than 240 meq/l, 50% or more germination was observed; but when salt concentration was equal or greater than 300 meq/l, final seed germination decreased drastically, in such a way that at the highest salt concentration tested (420 meq/l), there was practically no seed germination.

INTRODUCCION

Recientemente se han estudiado algunas especies del género Crambe para determinar

¹ New Mexico State University, Dept. of Crop and Soil Sciences, Las Cruces, U.S.A.

² Investigador. INIFAP-CIANOC-CAEZAC.

su potencial como cultivo en la región árida del suroeste de los Estados Unidos de América, lo que aunada a las características del centro de origen de este género y la adaptación mostrada por varias de sus especies a climas áridos y semiáridos del Mediterráneo (Leppik y White, 1975), se considera al crambi como un cultivo potencial para las zonas áridas y semiáridas de México. Como los suelos y el agua para riego de estas regiones, en general contienen cantidades considerables de sales, y ante la ausencia de información relacionada con la tolerancia o susceptibilidad de crambi a la salinidad durante la germinación, se consideró necesario realizar el presente estudio pues la posible adaptación de esta especie a ambientes salinos podría aumentar su potencial como cultivo comercial.

La germinación es uno de los procesos fisiológicos más críticos para los cultivos. En el caso particular de los suelos salinos, con frecuencia las fallas de germinación son resultado de altas concentraciones de sales en el estrato de siembra, ya que las sales tienden a acumularse en la capa superficial (2-3 cm), debido al movimiento ascendente de la solución del suelo y la consecuente evaporación del agua en la superficie (Bernstein y Hayward, 1958; Bernstein, 1974). En estos casos, el cultivo puede sufrir más por salinidad durante su etapa inicial de crecimiento que en etapas posteriores, cuando las raíces exploran capas inferiores del suelo. Hoffman (1981) indica que en un suelo limo-arenoso irrigado con agua salina (7.5 mol/m^3 de cloruros) al evapotranspirarse el 50% del agua del suelo la concentración de cloruros aumentó a 15 mol/m^3 , y al evapotranspirarse el 90% del agua la concentración aumentó a 75 mol/m^3 .

Numerosos estudios (Ayers y Hayward, 1948; Ayers, 1952; Abel y Mackenzie, 1964; Ghorashy et al., 1972; Ungar, 1978) han demostrado que la velocidad y el porcentaje de germinación son adversamente afectadas conforme aumenta la salinidad, aunque la tolerancia a la concentración de sales es variable entre especies vegetales. Por ejemplo, la respuesta en porcentaje de emergencia de semillas de cebolla combinando salinidad y humedad en el suelo, fue ilustrada por Ayers (1952); cuando el suelo contenía 58% de humedad aprovechable se observó el 100% de emergencia; sin embargo, al agregar 0.05, 0.10 y 0.15% de NaCl la emergencia disminuyó a 90, 50 y 2%, respectivamente.

En el proceso de germinación, las semillas pueden presentar un ajuste osmótico interno con respecto al ambiente que las rodea, esto es, a través de la absorción

de solutos. Este mecanismo ocurre a expensas de sacrificar tiempo para lograr la germinación, y también a expensas de aumentar el riesgo de toxicidad por iones específicos (Shannon y Francois, 1977).

La susceptibilidad de las plantas a la salinidad también difiere dentro de especies y puede variar con la etapa de desarrollo en que se encuentre la planta (Nieman y Shannon, 1976), aunque otros investigadores indican que la mayoría de los cultivos parecen responder a este factor en forma similar durante las etapas de su desarrollo (Bernstein y Hayward, 1958; Bernstein, 1974).

Para aquellos cultivos cuya tolerancia a la salinidad es similar en los diferentes estadios de crecimiento, grupo en el cual hipotéticamente se ubica el crambi, las pruebas de germinación en los medios salinos pueden ser indicadores útiles de la tolerancia general a la salinidad, con la ventaja de que tales pruebas normalmente son rápidas y baratas (Nieman y Shannon, 1976). El objetivo de esta investigación fue determinar la tolerancia de dos cultivares de crambi, a medios salinos durante la germinación de las semillas.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en la Universidad Estatal de Nuevo México, E.U.A.; en él se evaluaron los cultivares Meyer y Prophet, en dos experimentos, los que fue necesario establecer debido a la diferencia en germinación obtenida al inicio de cada experimento, bajo condiciones estandar (A.O.S.A., 1960), del cultivar Meyer (73 y 99%, respectivamente). Los porcentajes respectivos de Prophet fueron 86 y 88%.

En cajas de Petri de vidrio (90 x 15 mm) se colocaron 25 y 50 semillas, en los Exps. 1 y 2, respectivamente, sobre tres discos de papel filtro (Whatman No. 1) a los cuales se les agregó 5 ml de agua destilada o de solución conteniendo cantidades equivalentes de NaCl y CaCl₂. La respuesta de la germinación a la salinidad se evaluó en las siguientes concentraciones: 0, 60, 120, 180, 240, 300, 360 y 420 meq/l; esta gama de concentraciones fue determinada con base en resultados de pruebas preliminares.

Los valores de la conductividad eléctrica y de potencial osmótico de las soluciones utilizadas se muestran en el Cuadro 1; el potencial osmótico de las soluciones fue determinado con un osmómetro de presión de vapor (Wescor, Inc. Modelo 5130 C). Las cajas de Petri con tapaderas fueron distribuidas en las charolas de un germinador a

temperatura constante de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ (Skagg y Larsen, 1969), de acuerdo con un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 y 5 repeticiones (una repetición/bloque/charola) en cada experimento, respectivamente. Se consideró como semilla germinada a la que al momento del conteo se le pudo observar la radícula a simple vista (Scott *et al.*, 1984). Los conteos se realizaron en el Exp. 1 a los 3, 5, 7, 9 y 11 días, y en el Exp. 2 a los 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días de incubación. En el transcurso de cada experimento, se agregó agua destilada a las cajas de Petri para mantener la humedad en el medio de germinación y a la solución salina cercana a la concentración establecida en cada tratamiento.

Cuadro 1. Descripción de las soluciones utilizadas en la germinación de crambi.

Concentración de sal ^{1/} (meq/l)	Conductividad eléctrica (nmhos/cm)	Potencial osmótico (MPa)
0	0.3	-0.020
60	0.6	-0.227
120	1.2	-0.442
180	1.7	-0.694
240	2.3	-0.909
300	2.7	-1.123
360	3.2	-1.364
420	3.7	-1.604

^{1/}Cantidades isoequivalentes de NaCl y CaCl₂.

La evaluación estadística de la información se basó en análisis de varianza y en el cálculo de superficies de respuesta a través de regresión múltiple, incluyendo la combinación factorial de los niveles de sal en el medio de germinación y el tiempo de incubación, en cada cultivar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en los análisis de varianza se resumen en el Cuadro 2, observándose diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) en todos los efectos

principales y en todas las interacciones, con excepción de T x Cv y T x Cv x Sal del Exp. 1 (T = días de incubación; Cv = cultivares; Sal = concentración de sales en la solución del medio de germinación).

Cuadro 2. Niveles de significancia obtenidos del análisis de varianza, en los experimentos 1 y 2.

Factor de variación	Nivel de significancia	
	Exp. 1	Exp. 2
Tiempo de incubación (T)	* *	* *
Cultivar (Cv)	* *	* *
Salinidad (Sal)	* *	* *
T x Cv		* *
T x Sal	* *	* *
Cv x Sal	* *	* *
T x Cv x Sal		* *

* * Diferencia significativa ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 3. Promedio del porcentaje de germinación de crambi, cultivares Meyer y Prophet, en diferentes concentraciones de sal. Experimento 1.

Concentración de sal ^{1/}	Días de incubación				
	3	5	7	9	11
	Prophet				
0	81	82	82	84	86
60	81	88	88	88	88
120	75	91	92	92	92
180	53	76	81	82	84
240	12	36	51	53	56
300	3	15	22	23	42
360	0	4	5	12	14
420	0	0	0	0	0
	Meyer				
0	32	50	53	56	60
60	39	47	48	51	53
120	31	46	47	49	51
180	12	37	40	44	45
240	5	24	29	29	30
300	0	11	14	18	24
360	0	2	4	5	5
420	0	0	0	0	0

^{1/} Cantidades isoequivalentes de NaCl y CaCl₂ (meq/l).

Cuadro 4. Promedio del porcentaje de germinación de crambi, cultivares Meyer y Prophet en diferentes concentraciones de sal. Experimento 2.

Concentración de sal ^{1/}	Días e incubación					
	2	4	6	8	10	12
	Prophet					
0	62	78	82	84	85	85
60	46	75	82	83	85	85
120	32	63	74	74	76	76
180	5	34	55	57	60	61
240	0	6	28	28	34	34
300	0	0	8	8	8	8
360	0	0	3	3	4	4
420	0	0	0	0	1	1
	Meyer					
0	96	98	99	100	100	100
60	93	97	98	98	98	98
120	65	72	90	91	93	93
180	29	39	62	66	72	73
240	15	19	43	44	47	47
300	5	7	26	28	33	33
360	0	0	7	7	10	10
420	0	0	1	1	2	2

^{1/} Cantidades isoequivalentes de NaCl y CaCl₂ (meq/l).

Los resultados muestran que la germinación de las semillas, bajo las condiciones experimentales indicadas, en general tendió a aumentar significativamente conforme transcurrieron los días de incubación en el período de 2 a 7 días; también el promedio de germinación de los cultivares mostró diferencias singificativas entre ambos, en los dos experimentos. Esta diferencia entre cultivares se atribuye principalmente al potencial de germinación de la semilla, tal y como se observó en la prueba de germinación estandar al principio de los experimentos. El efecto principal de la salinidad fue claro y definitivo, ya que se observó una marcada tendencia a disminuir la germinación cuando la concentración de sales rebasó niveles superiores a 120 meq/l (Cuadros 2 y 3).

Las interacciones T x Sal y Cv x Sal, que resultaron con diferencias significativas (Cuadro 4), indican que el comportamiento de la germinación con respecto al tiempo y cultivares, fue diferente a través de los tratamientos de salinidad. Asimismo esos efectos se integran en la interacción de segundo orden (T x Cv x Sal) del Exp. 2

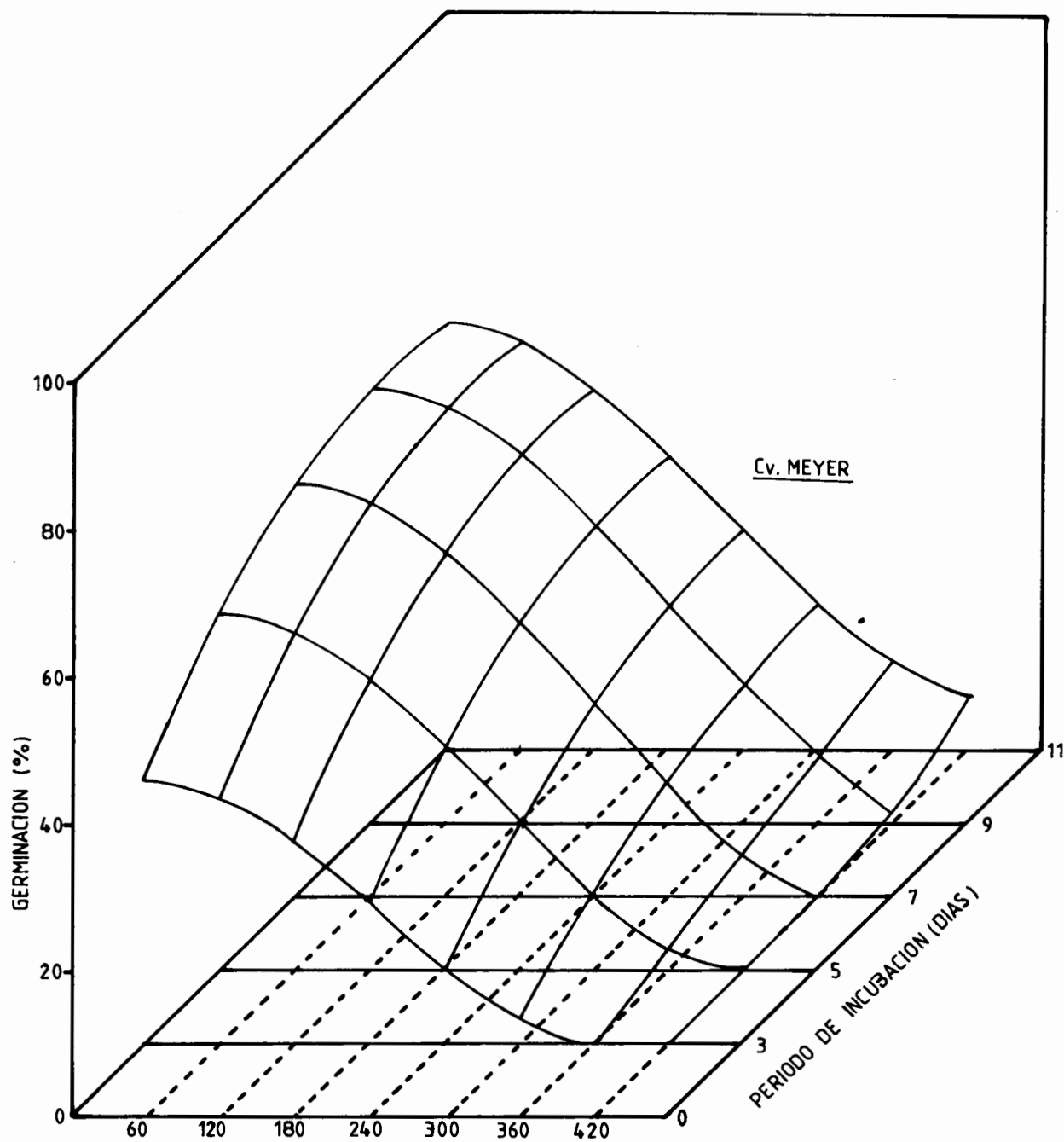
De esta manera se tiene que la germinación de semillas de crambi puede ser muy rápida (menos de 6 días) cuando el medio de germinación está libre de sales (agua destilada); sin embargo, cuando la concentración de sales en el medio de germinación es de 180 meq/l o mayor, la germinación es más lenta y progresivamente un mayor número de semillas pierde la capacidad de germinar (Figuras 1 y 2). La capacidad de las semillas para germinar en medios salinos depende de procesos internos de osmorregulación a través de los cuales es posible mantener el flujo de agua del medio de germinación a la semilla (Nieman y Shannon, 1976), manteniendo el tejido hidratado para que continúe la germinación.

Se registró una diferencia significativa asociada con la germinación de los cultivares y su respuesta a la concentración de sal; se debe señalar que este efecto, aparentemente asociado con la carga genética de cada cultivar, está confundido también con la calidad de la semilla utilizada; o sea, con el potencial de germinación de cada lote de semilla incluido en el experimento.

Otra respuesta relevante se observó en el Exp. 1 (Cuadro 2), donde en los tratamientos con baja concentración de sal (60 y 120 meq/l), la germinación de las semillas del cultivar Prophet pareció estimularse. Este efecto ha sido considerado por algunos investigadores como índice de tolerancia a la salinidad en el medio de germinación (Miyamoto *et al.*, 1982). Sin embargo, esta respuesta de Prophet no se corroboró en el Exp. 2.

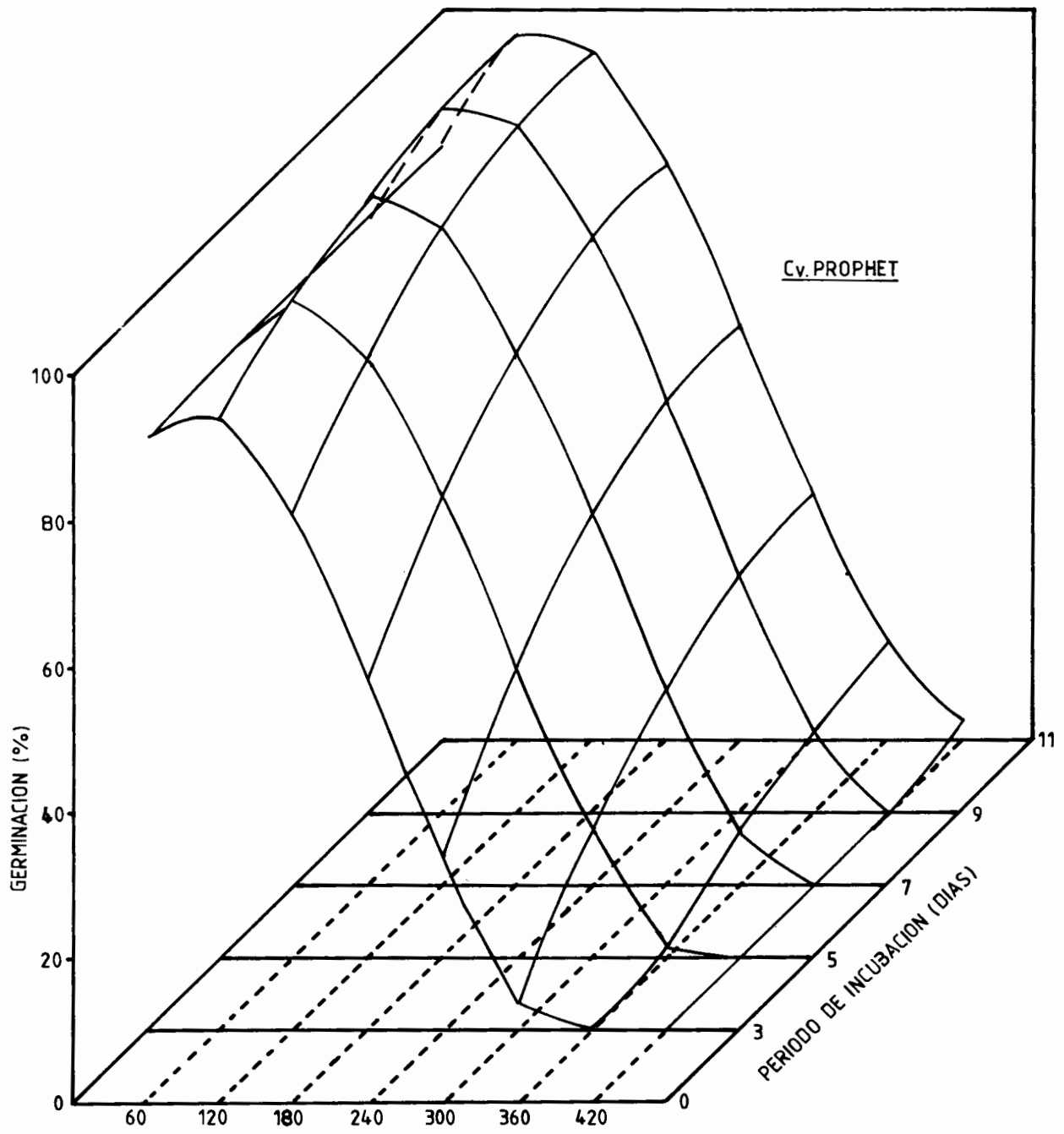
CONCLUSIONES

Ambos cultivares, Meyer y Prophet, mostraron menor porcentaje y mayor retraso en la germinación al incrementarse la concentración de sales en el medio de germinación. Cuando la concentración de sales fue igual o menor a 240 meq/l germinaron el 50% o más del total de las semillas al final del período de incubación, pero cuando la concentración de sales fue igual o mayor que 300 meq/l, el porcentaje final de germinación disminuyó drásticamente, de tal manera que en la concentración más alta (420 meq/l) prácticamente no hubo germinación.



CONCENTRACION DE SALES (MEQ/E)

Figura 1. SUPERFICIE DE RESPUESTA ESTIMADA PARA LA GERMINACION DE CRAMBI, Cv. MEYER EN FUNCION DE CONCENTRACION DE SALES EN EL MEDIO DE GERMINACION Y EL TIEMPO DE INCUBACION. EXPERIMENTO 1.



CONCENTRACION DE SALES (MEQ/E)

Figura 2. SUPERFICIE DE RESPUESTA ESTIMADA PARA LA GERMINACION DE CRAMBI, Cv. PROPHET, EN FUNCION DE CONCENTRACION DE SALES EN EL MEDIR DE GERMINACION Y EL TIEMPO DE INCUBACION. EXPERIMENTO 1.

BIBLIOGRAFIA

- Abel, G. H, and A.J. Mackenzie. 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Sci.* 4:157-161.
- Association of Official Seed Analysts (A.O.S.A.). 1960. Rules for testing seeds. *Proc. Assoc. Official Seed Anal.* 49: 1-71.
- Ayers, A. D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agron. J.* 44: 82-84.
- Ayers, A. D. and H. E. Hayward. 1948. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crop plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 13: 224-226.
- Bernstein, L. 1974. Crop growth and salinity. *In: J. van Schiefgaarde (ed.) Drainage for Agriculture. A.S.A. Monograph 17:39-54. Am. Soc. Agron., Madison, Wis.*
- Bernstein, L. and H. E. Hayward. 1958. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 9: 25-46.
- Ghorashy, S. R., N. Sionit, and M. Kheradnan. 1972. Salt tolerance of sunflower varieties (*Carthamus tinctorius* L.) during germination. *Agron. J.* 64: 154-157.
- Hoffman, G. J. 1981. Alleviating salinity stress. *In: G.E. Arkin and H. M. Taylor (eds). Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress. ASAE Monograph No. 4: 305-346. Michigan, U.S.A.*
- Leppik, E. E. and G. A. White. 1975. Preliminary assessment of *Crambe* germplasm resources. *Euphytica* 24: 681-689.
- Miyamoto, S., K. Sosnovske, and J. Tipton. 1982. Salt and water stress effects on germination of guayule seeds. *Agron. J.* 74: 303-307.
- Nieman, R. H. and M.C. Shannon. 1976. Screening plants for salinity tolerance. *In: M.J. Wright and S. A. Ferrari (ed.). Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Spec. Pub. pp. 359-367.*
- Scott, S. J., R. A. Jones, and W. A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24: 1192-1199.
- Shannon, M.C. and L.E. Francois. 1977. Influence of seed pretreatments on salt tolerance of cotton during germination. *Agron. J.* 69: 619-622.
- Skagg, D.P. and A. L. Larsen. 1969. Recommendation for germination of *Crambe* seed. *Proc. Assoc. Official Seed Anal.* 59: 51-57.
- Ungar, I.A. 1978. Halophyte seed germination. *Bot. Rev.* 44: 233-264.