

Cribado de líneas públicas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) por su tolerancia a la salinidad en fase de germinación

por E. IGARTUA, M. P. GRACIA y J. M. LASA

Estación Experimental de Aula Dei, ZARAGOZA

Recibido el 20-XI-1986

ABSTRACT

Igartua, E., M.P. Gracia and J.M. Lasa, 1986. Screening for salt tolerance during the germination stage in public lines of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *An Aula Dei*, 18 (1-2): 77-85.

85 sorghum public lines (42 B and 43 R) were screened regarding to their germination and emergence ability in saline solutions ($\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$), with a EC of 0 (control), 10 and 20 dS m^{-1} . Suitable variability for selection was revealed by the occurrence of differences among cultivars, between saline levels. 12 lines with high (4), medium (4) and low (4) tolerance were selected with the criteria of relative emergence in the saline solutions (PRE).

INTRODUCCION

La salinidad del suelo y de las aguas de riego es uno de los factores limitantes de la producción de los cultivos, y una importante restricción para la expansión agrícola hacia zonas no cultivadas o infrautilizadas en el presente. La cuenca del río Ebro sufre especialmente este problema, con más de 300.000 ha. de suelos de algún modo afectados por sales (Alberto et al., 1983), y un agua de riego de baja calidad en la parte central del valle y en determinadas estaciones del año (Aragües, 1986).

Hay dos vías que pueden abordarse de modo conjunto, para paliar los daños que la salinidad produce en los cultivos: la tecnológica, mediante técnicas adecuadas de riego, cultivo o drenaje; y la biológica, por utilización de cultivares tolerantes a la salinidad. Esta última requiere menores costos económicos y gasto energético, y es la más eficaz cuando la salinidad del agua de riego es elevada, por lo que actualmente se considera de gran interés su desarrollo (Epstein et al., 1980; Tal, 1985; Hasegawa et al., 1986).

Un método rápido de identificar germoplasma, tolerante, es efectuar un cribado de materiales con respecto a su capacidad de germinación y/o emergencia en sustratos salinos. Esta metodología se ha aplicado ya en diversas especies (Donovan y Day, 1969; Jana et al., 1980; Larik y Hafiz,

1983; Norlyn y Epstein, 1984; Martínez, 1985; Allen et al., 1986), incluyendo el sorgo (Anichandani y Bhatt, 1965; Padoley, 1984).

Los efectos perjudiciales de las sales sobre los cultivos pueden ser de tres tipos: disminución del agua disponible para la planta (efecto osmótico), toxicidad (efectos específicos de iones), y desequilibrios nutricionales. Más concretamente, los efectos sobre la germinación y la emergencia se suelen traducir en una disminución del número total de semillas germinadas y en una menor velocidad de emergencia de las plántulas (Ayers y Westcot, 1976). Algunos autores citan a los efectos tóxicos como más importantes, mientras que el efecto osmótico sería más débil, suavizado además en especies o genotipos tolerantes por la función osmoreguladora de los propios iones (Younis y Hatata, 1971; Redmann, 1974; Mozafar y Goodin, 1986).

Los mecanismos de tolerancia a la salinidad no son aún bien conocidos. Greenway y Munns (1980), en su revisión sobre plantas no halofitas, señalan la existencia de variabilidad en caracteres morfológicos (suculencia, grosor foliar), en la osmoregulación (por iones o solutos orgánicos) y en el control de la absorción, transporte y exclusión de iones.

Los estados tempranos de desarrollo son los más vulnerables del ciclo de un cultivo. Es interesante, por tanto, contar con material tolerante en esta fase, pues a mayor rapidez en el establecimiento del cultivo menos tiempo estarán expuestas las plántulas a sufrir daños por patógenos o factores ambientales (Younis y Hatata, 1971; Shannon y Francois, 1977; Norlyn y Epstein, 1984), como la formación de costra en el suelo (Donovan y Day, 1969), muy común en el valle del Ebro, especialmente en determinados suelos salinos (Aragües, 1986).

La correlación de la tolerancia en fase de germinación con la de estados posteriores de desarrollo es una cuestión sobre la que hay datos muy dispares (Jana et al., 1980; Francois et al., 1984; Shannon, 1984; Martínez, 1985) dependiendo de las especies y de los criterios de evaluación adoptados. Está comprobado que la tolerancia a la salinidad varía a lo largo del ciclo de un cultivo (Francois et al., 1986; Maas et al., 1986), e incluso que distintos tejidos de una misma planta pueden presentar diferencias en su sensibilidad a la sal (Mozafar y Goodin, 1986). Shannon (1985) justifica estos comportamientos por la activación de distintos genes en cada órgano y etapa de desarrollo o en respuesta a distintos niveles de stress. Por tanto, el conocimiento de la tolerancia a la salinidad de un cultivo requiere un enfoque que integre todas las fases del mismo.

Diversos autores (Taylor et al., 1975; Pathamanabhan y Rao, 1976; Padoley, 1984) han puesto de manifiesto la existencia de variabilidad en el sorgo respecto a la respuesta a la salinidad. En lo referente a la fase de germinación, Prisco et al. (1978), citando a otros autores, mencionan que la tolerancia es menor que en etapas posteriores, en contraposición con lo encontrado por Francois et al. (1984).

El presente trabajo tiene como objetivo efectuar un cribado de líneas de sorgo por su capacidad de germinación y emergencia en soluciones salinas,

para una posterior comparación con la tolerancia a salinidad en otros estadíos.

MATERIAL Y METODOS

Se han utilizado 85 líneas procedentes de diversas colecciones mundiales; 42 mantenedoras (B) y 43 restauradoras (R) de la androesterilidad citoplásmica, multiplicadas y seleccionadas en 1986 por sus caracteres de producción y ciclo. Así mismo, se han empleado 4 híbridos comerciales (Double TX, PRB 864, P 8501, G 1400) como testigos.

Previamente a su puesta en germinación, las semillas se espolvorean con fungicida (ortho-difolatan 80). La germinación se realiza en bandejas de plástico, con papel plisado previamente humedecido con la solución correspondiente. Se asegura que haya una cantidad suficiente de solución poniendo una bayeta sintética embebida en ella en el fondo de la bandeja, que es tapada herméticamente (Martínez, 1985).

Las soluciones empleadas presentan conductividades eléctricas (CE) a 25°C de 0 (control), 10 y 20 dS m⁻¹, a base de cloruro sódico y cálcico al 50% en peso sobre agua destilada y desionizada.

La incubación se ha llevado a cabo en oscuridad a temperatura constante de 23°C, durante 14 días.

Cada variante consta de 4 repeticiones con 25 semillas cada una.

Tras un conteo de semillas germinadas (SG), plántulas con la primera hoja emergida (PPH) y plántulas anormales (PA), se han elaborado los índices:

— porcentaje relativo de emergencia (PRE), definido como:

$$\text{PRE} = \frac{\text{PPH tratamiento salino} \times 100}{\text{PPH tratamiento control (media de 4 repeticiones)}}$$

— porcentaje relativo de semillas germinadas (PRG), análogo al anterior.

Se ha elegido el PRE como criterio de selección ya que Martínez (1985), trabajando con cebada, destaca esta variable como un buen estimador de la tolerancia a la salinidad, pues junto a una buena capacidad de discriminación, presenta correlación positiva con la tolerancia en estado adulto.

RESULTADOS Y DISCUSION

En primer lugar, se analiza (Cuadro 1) el efecto de las diferentes concentraciones salinas sobre la germinación y la emergencia, en base al conjunto de todas las líneas estudiadas. Puede apreciarse que la disminución en cuanto a emergencia (PPH) es progresiva y significativa, mientras que en lo relativo a

CUADRO 1.- Valores promedio de SG, PPH y PA en los tres niveles de salinidad.

NIVELES	SG *	PPH	PA
0	80.1 a	63.3 a	3.5 a
10	80.5 a	47.6 b	3.9 a
20	76.4 b	16.1 c	3.5 a

* valores seguidos por distinta letra indican diferencias significativas para $\alpha=0.01$.

la germinación (SG), el nivel 10 no afecta, siendo únicamente diferente el resultado para la concentración máxima estudiada.

CUADRO 2.- Análisis de varianza entre líneas, nivel 0 dS m⁻¹.

FUENTE	GL	VARIANZA.SG	VARIANZA.PPH
Líneas	88	891.9 **	1764.5 **
Error	267	57.3	264.0

** . significativo para $\alpha=0.01$.

Este mayor efecto sobre la capacidad de emergencia que sobre el poder germinativo en sí, puede estar influido también por la ralentización del proceso provocada por la salinidad, ya descrita por Lyles y Fanning (1964) y Francois et al. (1984).

La frecuencia de aparición de plántulas anormales ha sido independiente ($\alpha = 0.43$) de la concentración salina, en contra de lo defendido por Prisco et al. (1968).

CUADRO 3.- Análisis de varianza entre líneas, niveles de 10 y 20 dS m⁻¹.

FUENTE	GL	10 dS/m		20 dS/m	
		VAR.PRG	VAR.PRE	VAR.PRG	VAR.PRE
Líneas	88	427.1 **	2528.6 **	328.0 **	2054.2 **
Error	267	105.1	1010.7	113.7	426.7

** . significativo para $\alpha=0.01$.

PORCENTAJE RELATIVO GERMINACION

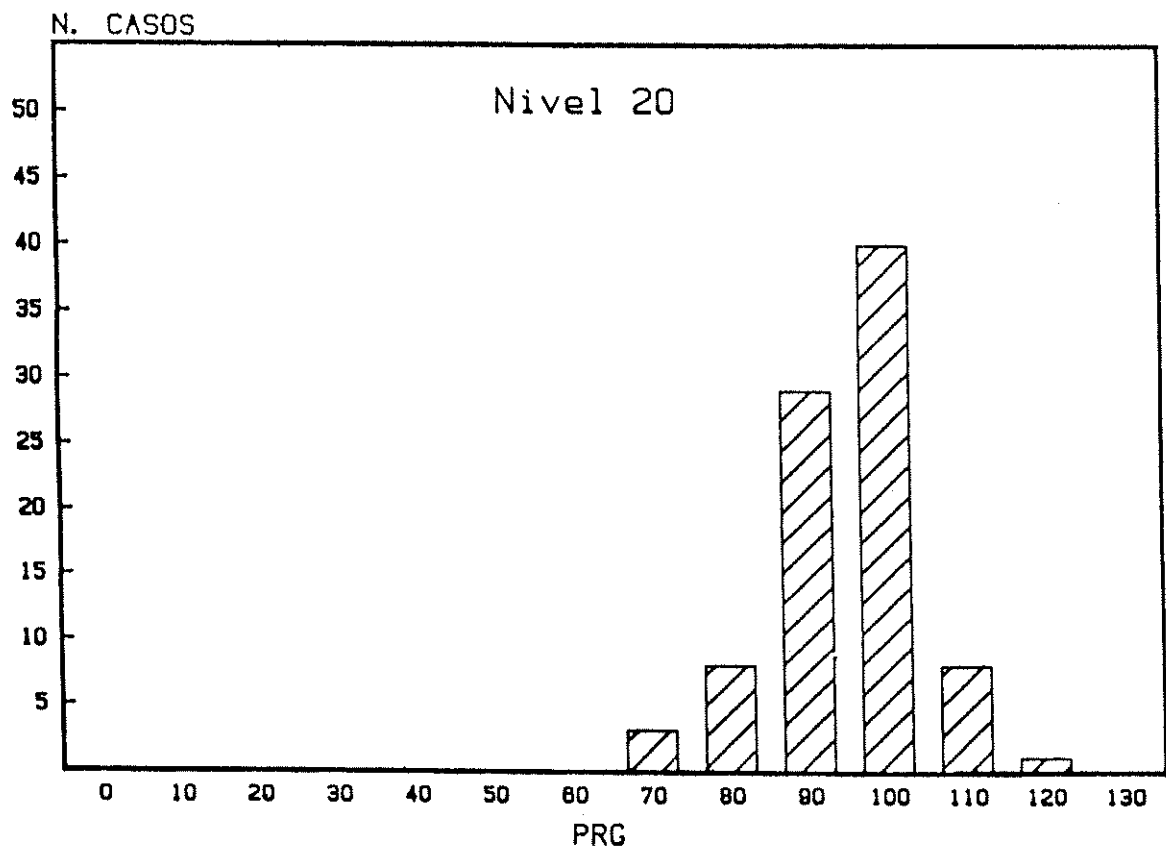
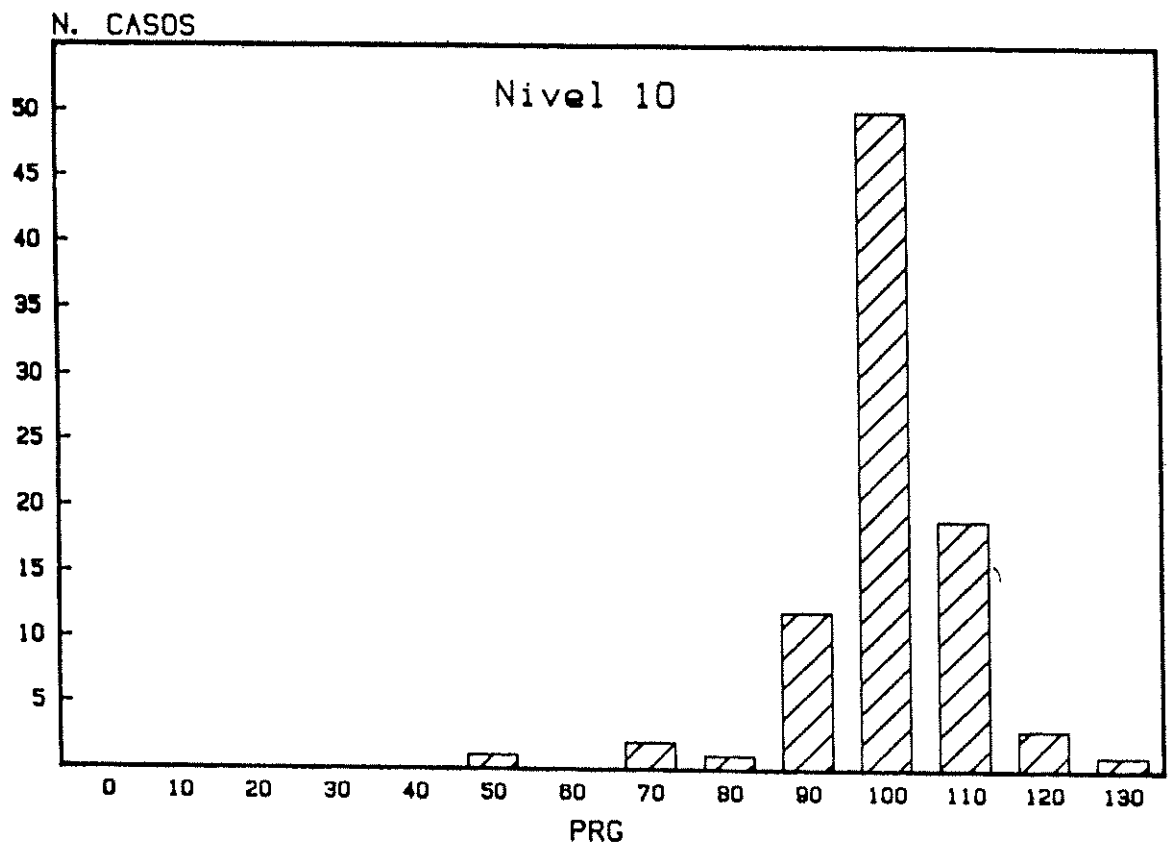


FIG. 1.— Distribución del porcentaje relativo de germinación (PRG) en ambos niveles salinos.

PORCENTAJE RELATIVO EMERGENCIA

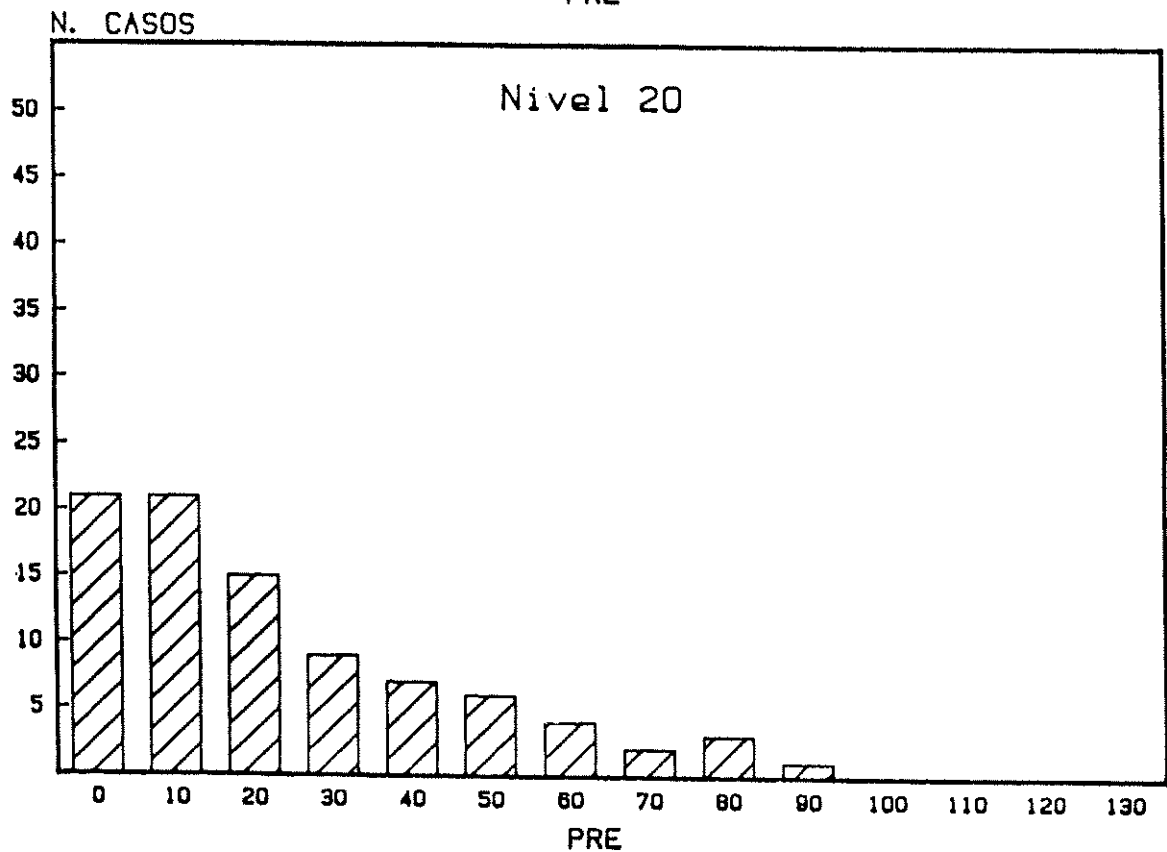
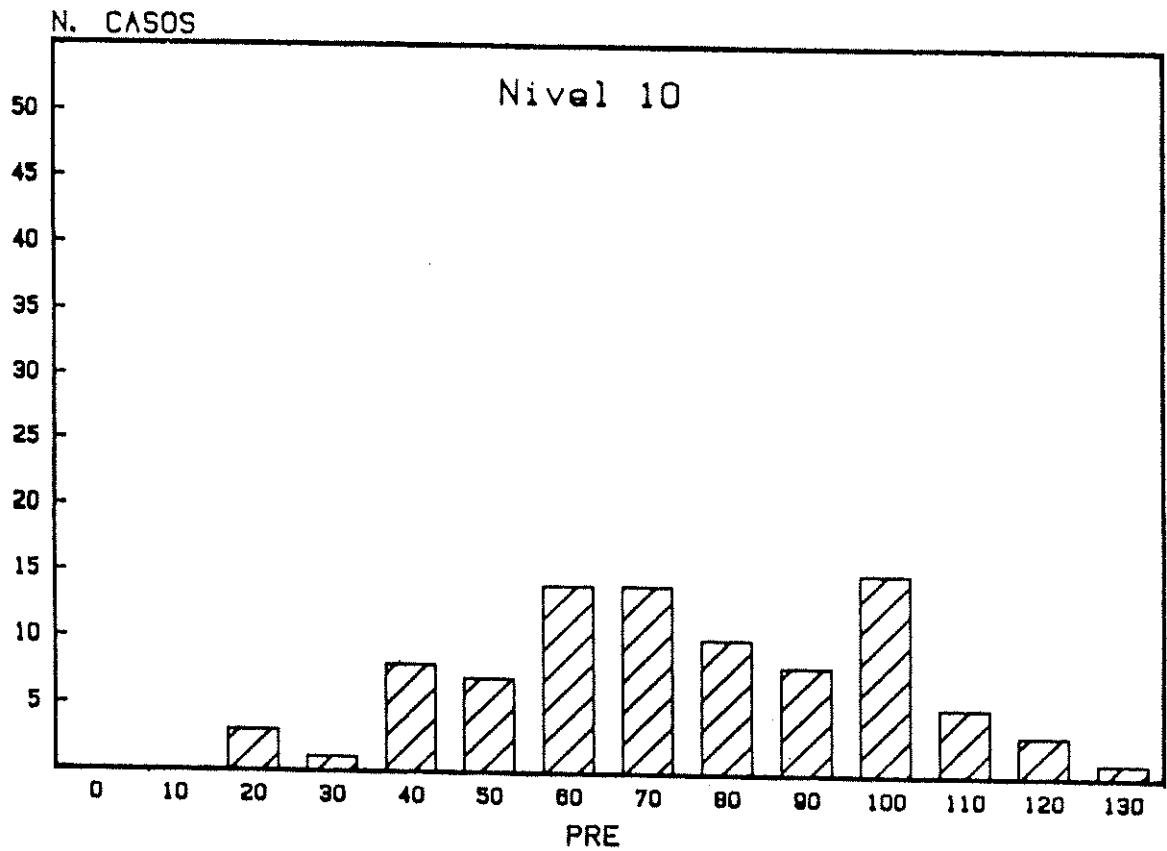


FIG. 2.- Distribución del porcentaje relativo de emergencia (PRE) en ambos niveles salinos.

A continuación se procedió al análisis de la variabilidad existente entre las líneas estudiadas. Los resultados obtenidos con la solución control (Cuadro 2) muestran distintas capacidades de germinación (SG) y emergencia (PPH). Para evitar enmascaramientos debidos a estas diferencias iniciales, se continuaron los análisis empleando únicamente las variables PRE y PRG como indicadores de las alteraciones inducidas por la salinidad.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza en los dos niveles de salinidad, comprobándose en ambos un comportamiento diferencial de las líneas para las dos variables.

Sin embargo en las Figs. 1 y 2, se aprecia que la capacidad discriminatória del PRE es mayor que la del PRG en ambos niveles, a pesar de la mayor varianza del error del primero. Así mismo, una cierta salinidad en el sustrato, parece aumentar la capacidad germinativa de algunas líneas.

CUADRO 4.— *Coefficientes de correlación entre las variables estudiadas.*

	PPH,0	SG,0	PPH,10	SG,10	PPH,20	PRE,10	PRE,20
PPH, 0						.15 NS	.24 NS
SG, 0	.76 **					-.10 NS	.05 NS
PPH,10	.73 **	.45 **					.53 **
SG,10	.75 **	.92 **	.53 **			.07 NS	.07 NS
PPH,20	.43 **	.25 NS	.64 **	.26 **		.48 **	
SG,20	.72 **	.94 **	.48 **	.95 **	.27 NS	.01 NS	.09 NS

CUADRO 5.— *PRE de las líneas seleccionadas.*

TOLERANCIA	LINEAS	PRE,10	PRE,20
ALTA	KS-22	86.5	48.1
	KS-24	84.6	64.1
	IA-17	113.3	78.7
	KS-3	96.7	88.9
MEDIA	G-68027	72.7	0.0
	OK-24	60.5	1.2
	MELOLAND	73.9	23.2
	N-4610	66.7	13.0
BAJA	KS-4	31.5	1.1
	N-4692	42.9	0.0
	IA-9	46.0	0.0
	KS-33	19.3	4.5
	PROMEDIO	74.0	23.6

En el Cuadro 4, se presentan los valores de los coeficientes de correlación entre las variables estudiadas en los diversos niveles de salinidad. Los relativos a SG con PPH decrecen conforme se incrementa el nivel de salinidad, indicando que la disminución del PPH, conforme aumenta ésta, no se produce de un modo homogéneo en todas las líneas, mostrando así diferentes grados de tolerancia a la salinidad.

Así mismo, la capacidad de germinación y el PRE no muestran correlación significativa alguna, indicando la falta de utilidad de la germinación "per se", como indicador de la tolerancia.

A la vista de la variabilidad existente entre las líneas estudiadas, con relación a la capacidad relativa de emergencia (PRE) en solución salina, y su correlación con la tolerancia a la salinidad en estado adulto (Martínez, 1985), se elige esta variable como criterio de selección.

En el Cuadro 5 se presentan los valores de PRE de las doce líneas seleccionadas, por su alta, media y baja tolerancia a la salinidad, para su posterior empleo en estudios de tolerancia en estado adulto.

RESUMEN

Se ha efectuado un cribado de 85 líneas públicas de sorgo (42 B y 43 R), de acuerdo con su capacidad de germinación y emergencia en soluciones salinas a base de cloruros sódico y cálcico, con CE de 0 (control), 10 y 20 dS m⁻¹. La aparición de diferencias entre niveles salinos y entre líneas revela la existencia de distintos grados de tolerancia a la salinidad entre éstas. Se han seleccionado 12 líneas con tolerancias altas (4), media (4) y baja (4), utilizando como criterio de selección el porcentaje relativo de emergencia en los tratamientos salinos (PRE).

REFERENCIAS

- Abichandani, C.T. y Bhatt, P.N. (1965). Salt tolerance of germination of 'bajra' (*Pennisetum typhoides*) and jowar (*Sorghum vulgare*) varieties. *Ann. Arid Zone*, 4: 36-42.
- Alberto, F.; Machín, J. y Aragües, R. (1983). Razones y distribución espacial de la salinidad de los suelos y aguas superficiales de la Cuenca del Ebro. Seminario "El Sistema Integrado del Ebro", Barcelona, 23-25 feb. 1983.
- Allen, S.G.; Dobrenz, A.K. y Bartels, P.G. (1986). Physiological response of salt-tolerant and non-tolerant alfalfa during germination. *Crop Sci.*, 26: 1004-1008.
- Aragües, R. (1986). Calidad del agua y efectos sobre el suelo. Diputación General de Aragón; Zaragoza.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.S. (1976). Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper, n.º 29.
- Donovan, T.J. y Day, A.D. (1969). Some effects of high salinity on germination and emergence of barley (*Hordeum vulgare* L. emend Lam.), *Agron. J.*, 61: 236-238.
- Epstein, E., Norlyn, J.D.; Rush, D.W.; Kingsbury, R.W.; Kelley, D.B.; Cunningham, G.A. y Wrona, A.F. (1980). Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210, 24 oct. 399-404.

- Francois, L.E.; Donovan, T. y Maas, E.V. (1984). Salinity effects on seed yield, growth, and germination of grain sorghum. *Agron. J.*, 76: 741-744.
- Greenway, H. y Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31: 149-190.
- Hasegawa, P.M.; Bressan, R.A. y Handa, A.K. (1986). Cellular mechanisms of salinity tolerance. *HortSci.*, 21: 1317-1323.
- Jana, M.K.; Jana, S. y Acharya, S.N. (1980). Salt stress tolerance in heterogeneous populations of barley. *Euphytica*, 29: 409-417.
- Larik, A.S. y Hafiz, H.M.I. (1983). Genotypic response to salinity. *Genetica Agraria*, 37: 355-360.
- Lyles, L. y Fanning, C.D. (1964). Effects of presoaking, moisture tension, and soil salinity on the emergence of grain sorghum. *Agron. J.*, 56: 518-520.
- Maas, E.V.; Poos, J.A. y Hoffman, G.J. (1986). Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. *Irrig. Sci.*, 7: 1-11.
- Martínez, A. (1985). Cribado de cultivares de cebada (*Hordeum vulgare* L.) por su tolerancia a la salinidad. Tesis de Master, CIHEAM.
- Mozafar, A. y Goodin, J.R. (1986). Salt tolerance of two differently drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedling stage. *Plant Soil*, 96: 303-316.
- Norlyn, J.D. y Epstein, E. (1984). Variability in salt tolerance of four triticale lines at germination and emergence. *Crop Sci.*, 24: 1090-1092.
- Padoley, V.R. (1984). Salt tolerance of some sorghum cultivars at germination stage. *PKV Res. J.*, 8: 61-62.
- Pathamanabhan, G. y Rao, J.S. (1976). Note on potassium as a possible index for screening sorghum varieties for salt tolerance. *Indian J. Agric. Sci.*, 46: 392-394.
- Prisco, J.T., Souto, G.F. y Reboucas Ferreira, L.G. (1978). Overcoming salinity inhibition of shorgum seed germination by hydration-dehydration method. *Plant Soil*, 49: 199-206.
- Redmann, R.E. (1974). Osmotic and specific ion effects on the germination of alfalfa. *Can. J. Bot.*, 52: 803-808.
- Shannon, M.C. (1985). Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant Soil*, 89: 227-241.
- Shannon, M.C. y Francois, L.E. (1977). Influence of seed pretreatments on salt tolerance of cotton during germination. *Agron. J.*, 69: 619-622.
- Tal, M. (1985). Genetics of salt tolerance in higher plants: theoretical and practical considerations. *Plant Soil*, 89: 199-226.
- Taylor, R.M.; Young, Jr., E.F. y Rivera, R.L. (1975). Salt tolerance in cultivars of grain sorghum. *Crop Sci.*, 15: 734-735.
- Younis, A.F. y Hatata, M.A. (1971). Studies on the effects of certain salts on germination, on growth of root, and of metabolism. I. Effects of chlorides and sulphates of sodium, potassium and magnesium on germination of wheat grains. *Plant Soil*, 34: 183-200.