

VARIABILIDAD EN LA TOLERANCIA A LA SALINIDAD EN GENOTIPOS DE *LOTUS GLABER* MILL. SELECCIONADOS *IN SITU* EN UNA DEPRESIÓN SALINA DE LA PAMPA DEPRIMIDA BONAERENSE (ARGENTINA)

V. Y. Ixtaina^{1,2} y M. M. Mujica^{1,3}

¹Introducción al Mejoramiento Genético. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. CC 31. 1900 La Plata. Buenos Aires (Argentina).

²Becaria de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

³Dirección de Transferencia de Tecnología y Experimentación. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

RESUMEN

Lotus glaber es una leguminosa, forrajera, naturalizada en la Pampa Deprimida Bonaerense, Argentina. En esta región se realiza la cría vacuna más importante del país, basada en la utilización de pastizales. Inundaciones periódicas y un área significativa ocupada por depresiones salino-alcálinas limitan la presencia de forrajeras. La incorporación de forrajeras tolerantes aumentaría la productividad y calidad del pastizal. El objetivo fue analizar la variabilidad en tolerancia a la salinidad en genotipos de *L. glaber* pre-seleccionados en una depresión salina. Se realizó una prueba de cribado en condiciones semicontroladas a 12 genotipos de *L. glaber*, en un diseño totalmente aleatorizado, con cuatro repeticiones. El tratamiento salino consistió en la solución nutritiva de Hoagland más NaCl (200mM, primera y segunda semana; 250mM, tercera y cuarta; 280mM, quinta y sexta; 300mM, séptima y octava). El control se mantuvo sólo con la solución nutritiva. Se aplicó un ANOVA multifactorial y análisis de correlación simple. La salinidad no afectó a la supervivencia de los genotipos evaluados, pero se observó inhibición del crecimiento. Los caracteres afectados fueron: peso seco total y sus componentes, longitud de raíz y tallo principal, número de tallos en corona, número de hojas en tallo principal, longitud de entrenudos. Se encontraron modificaciones, con respecto al control, en la asociación de caracteres. La longitud de raíz, se correlacionó con peso seco total, de hojas, tallos y longitud de raíz/peso seco total en salinidad, pero no en el control. El tratamiento salino aumentó la variabilidad de los caracteres excepto longitud de raíz. La variabilidad observada es un indicador promisorio para obtener variedades tolerantes a la salinidad utilizando el germoplasma regional. El conocimiento

de las asociaciones de caracteres agronómicos es importante de considerar y profundizar para aplicar al diseño de criterios de selección. Los resultados sugieren que la estrategia inicial de la mejora genética debería basarse en caracteres como: peso seco, longitud de talo y raíz y nº de tallos en la corona.

Palabras clave: Estrés salino, alcalinidad, forrajera, leguminosa, pastizales.

INTRODUCCIÓN

La región denominada «Pampa Deprimida Bonaerense», situada en el centro este de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, abarca aproximadamente nueve millones de hectáreas. Se caracteriza por ser una llanura muy plana, de escasa pendiente (menores al 0,1 %), desagüe dificultoso, y suelos muy heterogéneos que presentan limitaciones como baja infiltración, exceso de salinidad, alcalinidad por sodio y una capa freática elevada (Tricart, 1973), además de la ocurrencia de inundaciones periódicas. Estas condiciones agroecológicas han condicionado que la actividad dominante sea la cría bovina bajo un sistema extensivo, la cual se sustenta principalmente sobre la productividad de sus pastizales, escasos en leguminosas (Montes, 1988). Teniendo en cuenta el potencial productivo de los pastizales y praderas de esta zona, la tasa de destete promedio (70 - 75%) y el rendimiento promedio de carne (70 - 80 kg ha⁻¹ año⁻¹) son factibles de mejorar mediante la incorporación de innovaciones productivas y tecnológicas (Rearte, 2004).

Lotus glaber Mill. es una leguminosa forrajera perenne, alógama, naturalizada en la región, presente en suelos con limitaciones de drenaje. Esta leguminosa podría ser estratégica para mejorar la productividad y calidad de los pastizales, habiendo sido considerada como “especie clave” (Quinos *et al.*, 1998).

Se ha detectado variabilidad inter e intrapoblacional en poblaciones mejoradas (Colares *et al.*, 1999) y naturales (Ixtaina y Mujica, 2003) para el vigor de las plántulas. En poblaciones naturales de *L. glaber* se han observado estrategias de supervivencia, tales como impermeabilidad de los tegumentos seminales y dormición endógena que regulan la dinámica del reservorio de semillas en el suelo (Mujica y Rumi, 1994). Además, *L. glaber* presenta una alta capacidad de resiembra y elevado potencial para la producción de semilla (Mujica y Rumi, 1992). Según Miñón *et al.* (1990) las poblaciones naturales de esta especie están excluidas de los bajos alcalinos por limitaciones edáficas. Sin embargo, se ha registrado la presencia de la misma en rangos de pH de 6,1 - 9; sodio de intercambio (5% a 30%) y concentración de sales (0,3 - 2,1 mmhos cm⁻¹) (Montes, 1988). Un análisis del comportamiento de la germinación de dos poblaciones de *L. glaber* en un rango de concentración salina, 0 - 220 mM de ClNa,

mostró que el porcentaje de semillas germinadas a los siete días disminuyó significativamente a partir de 120 mM hasta su inhibición total a 220 mM (Mujica y Rumi, 1998a). Esto sugiere la existencia de variabilidad en el germoplasma regional, la cual está siendo modelizada bajo la influencia de la heterogeneidad temporal y espacial que caracteriza a la región, determinando el desarrollo de un proceso de adaptación zonal en plena dinámica (Mujica, 2002). La capacidad de los genotipos de *L. glaber* para tolerar estas condiciones de salinidad - alcalinidad estaría determinada genéticamente. Esta variabilidad en el grado de tolerancia a condiciones salinas - alcalinas es muy importante, ya que *L. glaber* podría mejorar en producción y calidad la composición florística de los suelos bajos afectados por diferentes grados de alcalinidad y serias limitaciones de drenaje.

Existe suficiente evidencia de que la variabilidad genética presente en forrajeras ofrece la posibilidad de desarrollar variedades con mayor nivel de tolerancia (Smith *et al.*, 1981; Läuchi, 1984; Francois, 1988). Se ha observado variación en la tolerancia a la salinidad no sólo entre especies sino también entre cultivares de una misma especie (Tal y Shannon, 1983). Royo y Argües (2002), encontraron un aumento de la variabilidad en la producción de grano de cebada bajo tratamiento salino. Jaradat *et al.* (2004), señalaron que variedades locales (landraces) de *Hordeum vulgare* L. presentan una elevada diversidad que puede facilitar la mejora genética de esta especie. El análisis de la variabilidad es necesario para establecer la variación genética existente que puede ser utilizada en el plan de mejoramiento, lo que requiere de estudios formales sobre características morfológicas, fisiológicas y sobre la heredabilidad de la respuesta al estrés.

Los criterios elegidos para medir tolerancia a la salinidad son varios. El peso de los tallos (Hughes *et al.*, 1975), la reducción relativa del peso de los tallos respecto a plantas no salinizadas (Dudeck y Peacock, 1985), el peso o longitud de raíces (Kik, 1989), la relación de longitud de tallos/hojas (Horst y Beadle, 1984), el daño visual en tallos (Greub *et al.*, 1985), la supervivencia de la planta (Ahti *et al.*, 1980) y la germinación de semillas (Marcar, 1987) han sido usadas como medidas de tolerancia a la salinidad en especies forrajeras.

El rendimiento relativo en condiciones salinas respecto a las condiciones no salinas es el criterio utilizado habitualmente para expresar tolerancia a la salinidad, aunque tiende a sobreestimar la del material menos productivo en condiciones no salinas y no refleja necesariamente la máxima productividad en condiciones salinas. A pesar de estas limitaciones, este enfoque es el adoptado para generar las tablas de tolerancia de los cultivos a la salinidad (Maas y Hoffman, 1977; van Genuchten, 1983; Maas, 1990), ya que permite comparar cultivos cuyas producciones se expresan en unidades diferentes y,

en principio, es menos sensible a las variables de espacio y tiempo. Royo y Argües (2002), sostienen que la relación entre la producción obtenida en el tratamiento salino/producción obtenida en el control es el índice más consistente para expresar tolerancia a la salinidad cuando existe un único tratamiento salino, pero esta expresión sería específica para ese nivel de salinidad y no extrapolable a otros niveles. Esto implica que es fundamental, cuando se realizan pruebas de cribado para planes de mejoramiento, establecer previamente el nivel de salinidad del suelo para el que se desea efectuar el cribado (Royo y Argües, 2002).

El criterio para evaluar tolerancia varía, dependiendo del nivel de estrés salino. En un nivel bajo o moderado, la capacidad de producción del genotipo es el principal criterio, mientras que la capacidad de supervivencia es el principal criterio a altos niveles de salinidad (Epstein *et al.*, 1980).

Marcum (1999) encontró en ciertas especies de la familia cloroideas que la longitud relativa y el peso relativo de la raíz aumentaron bajo condiciones salinas en especies tolerantes a la salinidad. Jaradat *et al.* (2004), observaron en *H. vulgare* que las accesiones con mayor número y longitud de raíces bajo estrés salino, resultaron ser las más tolerantes a la salinidad. Otros autores encontraron que el crecimiento aumentó con la concentración salina hasta cierto punto a partir del cual se observó una disminución del mismo (Dudeck *et al.*, 1983; Qian *et al.*, 2000). Según Francois y Maas (1999), en la mayoría de los cultivos la pérdida de rendimiento puede ser significativa antes de que el daño foliar sea aparente. Se ha encontrado que bajo estrés salino *Atriplex halimus* L. (Poljakoff - Mayber, 1975), *Sorghum halepense* L. (Maas *et al.*, 1986) y *Tessaria absinthioides* Hook. et Arn. (Degano, 1999) manifestaron una disminución de la altura y entrenudos de las plantas. Según estos autores, este achaparramiento del vegetal tendría un efecto beneficioso, debido a que la disminución del área transpiratoria actuaría como un medio de escape al efecto perjudicial de las sales. Qian *et al.* (2004), señalan que la salinidad indujo un mayor grado de resistencia estomática en *Poa pratensis* L. Shalhevet *et al.* (1995) sostienen que durante el proceso de ajuste osmótico el alargamiento de los órganos se suspende para conservar el estado de turgencia de los mismos.

Según algunos autores los genotipos más productivos en condiciones no salinas serían menos tolerantes a la salinidad (Pasternak y De Malach, 1994; Shannon, 1997; Royo y Argües, 2002).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la variabilidad en el grado de tolerancia a la salinidad de un conjunto de genotipos de *L. glaber* preseleccionados *in situ* en una depresión salina de la Pampa Deprimida Bonaerense.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se conformó una colección de genotipos de *L. glaber* recolectados en la costa del Arroyo "El Pescado", partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires, Argentina (35° 05' S, 57° 3' O). La flora del sitio de recolección se caracterizó por la presencia de *Distichlis sp.* y con baja frecuencia de *Agropyrum elongatum* Host. y *L. glaber*. Se recogió material vegetativo de genotipos de *L. glaber* los cuales fueron clonados según la técnica de Mujica y Rumi (1998b).

Se realizó una prueba de cribado para tolerancia a la salinidad durante ocho semanas en condiciones semicontroladas a 12 genotipos de *L. glaber*. Para minimizar el "efecto clon" se seleccionaron ocho trozos homogéneos de cada genotipo, cada uno de los cuales se trasplantó a envases de plástico de 330 cm³ con arena esterilizada. Los mismos se colocaron en grupos de seis en bandejas de plástico de cuatro cm de profundidad, conteniendo solución nutritiva Hoagland hasta un nivel marcado previamente en cada una de las bandejas. Luego de una semana, se comenzó con el tratamiento salino. Cuatro repeticiones fueron sometidas a tratamiento salino mientras que las otras cuatro fueron usadas como control. El diseño experimental fue totalmente aleatorio con cuatro repeticiones. Para el tratamiento salino, se le agregó cloruro de sodio (NaCl) a la solución nutritiva hasta lograr una concentración de 200mM (18,28 dS m⁻¹) durante las dos primeras semanas, 250 mM (22,85 dS m⁻¹) en la tercera y cuarta semana, 280 mM (25,59 dS m⁻¹) en la quinta y sexta, y 300 mM (27,4 dS m⁻¹) las últimas dos semanas. El control se mantuvo sólo con solución nutritiva Hoagland. En ambos casos la solución se renovó semanalmente. Diariamente se verificó que el nivel de la misma fuera el marcado en cada bandeja y cuando fue necesario se completó hasta el mismo con agua.

A los 56 días del comienzo de la prueba de cribado, se cosechó de cada individuo las hojas, tallos y raíces. De cada unidad experimental se determinó longitud de raíz, longitud de tallo principal, longitud de entrenudos del tallo principal, número de tallos en la corona y número de hojas desplegadas en el tallo principal. Cada una de las partes se colocó por separado en sobres individuales y se secaron a 65 °C durante cuatro días hasta peso constante para determinar materia seca de hojas, tallos y raíces. Se determinó peso seco total, peso seco aéreo, peso seco de raíz, y se calculó la relación peso seco aéreo/peso seco de raíz, longitud del tallo principal/peso seco total, longitud del tallo principal/longitud de raíz.

Todos los datos fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) multifactorial para analizar el efecto de genotipo, tratamiento salino y la interacción genotipo x tratamiento. Se realizó un ANOVA unifactorial para peso seco total, peso seco y longitud de raíces considerando la interacción genotipo x tratamiento. La

comparación de medias se realizó mediante el Test de Tuckey para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación entre las variables (Statgraphics, 1997).

RESULTADOS

A pesar de que la salinidad fue aumentada hasta un nivel de 300 mM, el total de los genotipos evaluados sobrevivieron a la experiencia. Sin embargo se observó una inhibición del crecimiento en el tratamiento salino comparado con el control (Tabla 1 y 2).

TABLA 1

Análisis de la varianza de los caracteres evaluados en 15 genotipos de *Lotus glaber* cultivados bajo condiciones salinas (NaCl) y control. Se indica cuadrado medio de genotipos, salinidad e interacción genotipo x salinidad.

Analysis of variance of the characters evaluated in 15 Lotus glaber genotypes cultivated under salinity conditions (NaCl) and control. Mean squares of genotypes, salinity and genotypes x salinity interaction are presented.

Caracteres	Genotipos	Salinidad	Genotipo x salinidad
Peso Seco Total	211 300,000 ***	8,780 x 10 ⁶ ***	91 979,600 ***
Peso Seco de Raíz	12 493,200 ***	754 908,000 ***	7 161,350 ***
Peso Seco de Hojas	44 920,700 ***	1,080 x 10 ⁶ ***	14 304,800 ***
Peso Seco de Tallos	25 972,700 ***	1,100 x 10 ⁶ ***	16 250,100 ***
Peso Seco Parte aérea/Peso Seco de raíz	2,330 ***	0,018 ns	0,550 **
Nº de tallos en la corona	5,460 ***	178,760 ***	2,460 ***
Longitud del tallo principal	10 060,700 ***	799 168,000 ***	4 297,960 ***
Longitud de la raíz	11 852,500 ***	180 961,000 ***	4 183,390 ***
Longitud tallo principal/ Longitud de la raíz	0,3620 ***	7,605 ***	0,085 **
Nº hojas en tallo principal	7,260 ***	536,760 ***	4,420 ***
Longitud tallo principal/Peso Seco Total	0,057 ***	0,113 ***	0,009 n.s.
Longitud de entrenudos	46,10 ***	1 713,04 ***	10,9328 ***

ns: no significativo

* : significativo para $\alpha = 0,05$

** : significativo para $\alpha = 0,01$

***: significativo para $\alpha = 0,001$

El análisis de la varianza indicó un efecto altamente significativo ($\alpha=0,001$) de genotipos para todos los caracteres; efecto altamente significativo ($\alpha=0,001$) del tratamiento salino para todos los caracteres excepto para la relación entre peso seco aéreo y peso seco de raíz; e interacción genotipo x tratamiento para todos los caracteres con excepción de la relación entre longitud de tallo principal y peso seco total (Tabla 1).

El rendimiento de los genotipos fue reducido significativamente ($\alpha=0,01$) por el tratamiento salino (Tablas 1 y 2). Se observó una disminución para peso seco total, peso seco de raíz y longitud de raíz en el tratamiento salino, aunque la longitud de raíz fue poco afectada (Tabla 2).

Se observaron diferencias significativas en peso seco total y peso seco de raíz entre genotipos para el control y el tratamiento salino (Tabla 2).

TABLA 2
Efecto de la salinidad por NaCl sobre el peso seco total, el peso seco y la longitud de raíz.
Effect of NaCl salinity on total dry weight, root dry weight and root length.

Genotipos	Peso Seco Total (mg)			Peso Seco de Raíz (mg)			Longitud de Raíz (mm)		
	Control (0 mM de ClNa)	Salinidad (300mM de ClNa)	Porcentaje del control	Control (0 mM de ClNa)	Salinidad (300mM de ClNa)	Porcentaje del control	Control (0 mM de ClNa)	Salinidad (300mM de ClNa)	Porcentaje del control
6	1 197,75	428,25	35,75	253,50	124,25	49,01	233,00	155,00	66,52
7	1 050,75	327,75	31,19	339,50	90,50	26,65	365,00	156,25	42,80
9	753,00	224,00	29,74	189,75	61,25	32,27	140,00	108,75	77,67
10	741,50	238,75	32,19	233,25	68,00	29,15	175,00	112,50	64,28
13	995,50	314,50	31,59	322,50	107,00	33,17	224,25	136,25	60,75
14	865,00	197,50	22,83	280,00	76,50	27,32	192,50	117,25	60,91
15	777,75	281,75	36,22	251,25	90,00	35,82	248,25	128,75	51,86
19	694,50	280,50	40,39	231,50	89,75	38,77	254,25	176,25	69,32
20	1 421,75	283,50	19,94	377,25	63,00	16,70	162,50	103,00	63,38
21	657,00	198,00	30,14	169,00	48,50	28,70	165,75	122,50	73,90
22	920,75	355,50	38,61	284,50	101,25	35,58	237,50	129,50	54,52
23	441,00	124,75	28,29	169,00	52,75	31,21	215,00	125,00	58,14
D.M.S	294,73	168,74		111,71	49,83		58,45	31,10	

D.M.S.: diferencia mínima significativa

El tratamiento salino aumentó la variabilidad de todos los caracteres excepto longitud de raíz (Tabla 3). La variabilidad encontrada en N° de hojas en el tallo principal (CV = 8,69%; CV= 12,48%) fue baja para el control y el tratamiento salino, respectivamente, en comparación con el resto de los caracteres. La mayor variabilidad se encontró para número de tallos en la corona en el tratamiento salino (CV=52%).

TABLA 3
Coefficientes de variación (C.V. %) de los caracteres evaluados bajo condiciones de salinidad y control.

Coefficient of variability (C.V. %) of the characters evaluated under salinity conditions and control.

Caracteres	Control	Salinidad
Peso Seco Total	31,40	35,32
Peso Seco de Raíz	29,12	35,32
Peso Seco de Hojas	34,34	39,77
Peso Seco de Tallos	38,93	44,70
Peso Seco Parte aérea/Peso Seco de raíz	27,42	31,03
N° de tallos en la corona	34,91	51,45
Longitud del tallo principal	20,52	23,73
Longitud de la raíz	28,00	18,08
Longitud tallo principal/ Longitud de la raíz	24,18	25,58
N° hojas en tallo principal	8,69	12,48
Longitud tallo principal/Peso Seco Total	27,01	32,82
Longitud de entrenudos	21,10	22,55

Se encontró una correlación estadísticamente significativa entre peso seco total relativo ((peso seco total en el control / peso seco total en el tratamiento salino)*100) y peso seco de raíz relativo ((peso seco raíz en el control / peso seco raíz en el tratamiento salino)*100) ($r = 0,78$; $\alpha = 0,001$).

Del análisis de correlación de variables surgió la existencia de modificaciones en la asociación de algunos caracteres bajo el tratamiento salino (Tabla 4). Esta variación se observa principalmente para longitud de raíz, que presenta correlación con peso seco total, peso seco de hojas, peso seco de tallos y longitud de raíz/peso seco total en el tratamiento salino, pero no están asociadas en el control. Se encontró lo contrario entre longitud de raíz y peso seco aéreo/peso seco de raíz, longitud del tallo principal y longitud de entrenudos. El tratamiento salino también afectó la asociación entre peso seco total y número de hojas en el tallo principal, pues se comportan como variables independientes en el control pero están correlacionadas ($\alpha = 0,05$) en el tratamiento.

El peso seco total y sus componentes peso seco de raíz, de tallo y de hojas, se encuentran altamente correlacionados ($\alpha = 0,001$) entre sí, tanto para el control como para el tratamiento salino.

TABLA 4
Coeficientes de correlación simple para los caracteres analizados en el control y en salinidad ().

Correlation coefficients for the studied characters of control and salt treated plants ().

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,82 *** (0,85 ***)											
2	0,96 *** (0,93 ***)	0,67 *** (0,66 ***)										
3	0,95 *** (0,96 ***)	0,66 *** (0,80 ***)	0,89 *** (0,87 ***)									
4	0,42 ** (0,31 *)	-0,16 ns (-0,19 ns)	0,58 *** (0,58 ***)	0,55 *** (0,29 *)								
5	-0,03 ns (-0,23 ns)	-0,05 ns (-0,17 ns)	-0,06 ns (-0,20 ns)	0,02 ns (-0,21 ns)	0,06 ns (-0,10 ns)							
6	0,38 ** (0,59 ***)	0,47 *** (0,59 ***)	0,22 ns (0,55 ***)	0,40 ** (0,64 ***)	-0,04 ns (0,15 ns)	0,20 ns (-0,10 ns)						
7	0,11 ns (0,47 ***)	0,33 * (0,53 ***)	-0,05 ns (0,37 **)	0,10 ns (0,44 **)	-0,29 * (-0,14 ns)	-0,07 ns (-0,23 ns)	0,47 *** (0,21 ns)					
8	0,25 ns (0,21 ns)	0,11 ns (0,17 ns)	0,29 * (0,25 ns)	0,25ns (0,27 ns)	0,29 * (0,25 ns)	0,27 ns (0,08 ns)	0,34 * (0,76***)	-0,64 *** (-0,43**)				
9	0,13 ns (0,32 *)	0,26 ns (0,31 *)	0,05 ns (0,27 ns)	0,10 ns (0,34 *)	-0,20 ns (0,04 ns)	-0,06 ns (-0,13ns)	0,16 ns (0,40**)	0,18 ns (0,23ns)	-0,08 ns (0,19 ns)			
10	-0,77 *** (-0,72 ***)	-0,53 *** (-0,55 ***)	-0,83 *** (-0,65***)	-0,70 *** (-0,60***)	-0,51 *** (-0,22 ns)	0,15 ns (0,11 ns)	0,20 ns (0,03ns)	0,15 ns (-0,38 **)	-0,07 ns (0,29 *)	-0,05 ns (-0,02 ns)		
11	0,31 * (0,42 **)	0,35 * (0,44 **)	0,19 ns (0,42 **)	0,34 * (0,47 ***)	0,03 ns (0,13 ns)	0,19 ns (-0,1 ns)	0,92 *** (0,83***)	0,39 ** (0,11ns)	0,37 ** (0,70***)	-0,25 ns (-0,17 ns)	0,22 ns (0,07 ns)	

- 1: Peso Seco Total
- 2: Peso Seco de Raíz
- 3: Peso Seco de Hojas
- 4: Peso Seco de Tallos
- 5: Peso Seco Parte aérea/Peso Seco de raíz
- 6: N° de tallos en la corona

- 7: Longitud del tallo principal
- 8: Longitud de la raíz
- 9: Longitud tallo principal/ Longitud de la raíz
- 10: N° hojas en tallo principal
- 11: Longitud tallo principal/Peso Seco Total
- 12: Longitud de entrenudos

DISCUSIÓN

A pesar de la disminución del crecimiento observada, no se detectó daño en ninguno de los órganos de las plantas. Esto concuerda con Francois y Maas (1999) quienes encontraron una pérdida de rendimiento en la mayoría de los cultivos antes de que se evidencie daño foliar. Según Epstein *et al.* (1980) a diferentes niveles de salinidad existen distintos criterios para medir tolerancia a la salinidad. Para el nivel utilizado en nuestro ensayo, sería la capacidad de producción y no la capacidad de supervivencia un criterio de tolerancia, debido a que los niveles de salinidad utilizados no llegan a ser extremadamente altos. De acuerdo a lo detectado por Shannon (1985), en estos niveles de salinidad los mecanismos fisiológicos para el mantenimiento de la capacidad de producción no serían los mismos que si se aumentaran las condiciones a mayores niveles de salinidad.

A diferencia de lo encontrado por Marcum (1999) ni el peso relativo de la raíz ni su longitud relativa aumentó en ninguno de los genotipos bajo estrés salino. Esto puede atribuirse a que en el estudio realizado por dicho investigador las concentraciones salinas utilizadas fueron superiores (600 mM de NaCl) a las de nuestro ensayo. Debido a que no se realizaron mediciones durante la experiencia, no fue posible corroborar lo mencionado por Dudeck *et al.* (1983) y Qian *et al.* (2000), quienes observaron que el crecimiento aumentaba con la concentración salina hasta cierto nivel, a partir del cual se producía una disminución.

El crecimiento relativo ha sido utilizado como criterio de tolerancia a la salinidad en muchos estudios (Maas y Hoffamn, 1977; van Genuchten, 1983; Dudeck y Peacock, 1985; Marcar, 1987; Francois, 1988; Maas, 1990; Marcum, 1999) y el U. S. Salinity Laboratory caracteriza la tolerancia a la salinidad sobre la base del 50% de pérdida de rendimiento comparado con los tratamientos no salinos (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). En los resultados de este estudio, ninguno de los genotipos bajo tratamiento salino alcanzó el 50% del peso seco total del control. Esto podría atribuirse a que el nivel de concentración salino final alcanzado fue más elevado que el utilizado en las mencionadas experiencias. Mujica y Rumi (1998a), en un análisis del comportamiento de la germinación de dos poblaciones de *L. glaber*, señalan una inhibición total de la misma a una concentración de 220 mM de ClNa, lo que indicaría una mayor sensibilidad a la salinidad en esta etapa fenológica que en estadíos más avanzados. En el presente estudio, y a diferencia de lo observado por algunos autores (Pasternak y De Malach, 1994; Shannon, 1997; Royo y Argües, 2002), se ha encontrado que en general los genotipos más productivos en condiciones no salinas fueron también los más productivos en condiciones salinas ($r=0,70$; $\alpha=0,01$). Esto puede atribuirse a que el material se recogió en condiciones naturales salinas y existiría una adaptación previa a estas condiciones.

La correlación encontrada en el tratamiento salino, pero no en el control, entre longitud de la raíz y peso seco total, peso seco de hojas y peso seco de tallos manifiesta la importancia de la longitud de la raíz bajo condiciones salinas en la producción de materia seca total, pero principalmente de materia seca aérea. De acuerdo con Kik (1989), que considera que la longitud de raíces es un buen criterio para medir tolerancia a la salinidad, se ha observado que este carácter fue menos afectado por la salinidad que el peso seco total o el peso seco de raíz.

En concordancia con varios autores (Poljakoff - Mayber, 1975; Maas *et al.*, 1986; Degano, 1999), se ha observado una inhibición general del crecimiento de todos los órganos. Esto sería beneficioso ya que, según estos autores, la disminución del área transpiratoria actuaría como medio de escape a la salinidad. Shalhevet *et al.* (1995) indica que para conservar el estado de turgencia de los órganos el alargamiento de los mismos se suspende, lo cual puede observarse en el efecto del tratamiento salino sobre la longitud de tallos, entrenudos, raíces y en la relación entre longitud de tallo principal y peso seco total. Este último parámetro indicaría que la disminución con la sal en el peso seco total habría sido menor que la longitud del tallo, afectando la relación entre estos dos caracteres.

En concordancia con Royo y Argües (2002), la variabilidad fue mayor en el tratamiento salino que en el control para todos los caracteres, excepto para longitud de raíz. El efecto de genotipos encontrado para todos los caracteres indicaría la existencia de variabilidad en el germoplasma regional. Algunos autores han indicado la existencia de variabilidad genética en forrajeras, lo que ofrece la posibilidad de desarrollar variedades con mayor nivel de tolerancia (Smith *et al.*, 1981; Läuchi, 1984; Francois, 1988). También Tal y Shannon (1983) encontraron variación en la tolerancia a la salinidad no sólo entre especies sino también entre cultivares de una misma especie.

Al igual que Jaradat *et al.* (2004) que trabajó con "landraces" de *H. vulgare*, el material vegetal utilizado en este estudio ha sido recogido en una zona salina y conserva una elevada variabilidad que puede facilitar la mejora genética.

CONCLUSIONES

La variabilidad observada es un indicador promisorio para la obtención de variedades tolerantes a la salinidad utilizando el germoplasma regional. El conocimiento de las asociaciones de caracteres agronómicos es importante de considerar y profundizar para aplicar al diseño de criterios de selección.

Los resultados sugieren que la estrategia inicial del mejoramiento genético de la tolerancia de *L. glaber*, debería basarse en la selección de caracteres asociados al comportamiento agronómico como: peso seco, longitud de raíz y tallo y nº de ramas en la corona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHTI, K.; MOUSTAFA, A.; KAEVER, H., 1980. Tolerance of turfgrass cultivars to salt. *Proceedings of the 3rd International Turfgrass Research Conference*, 165-171.
- COLARES, M.; MUJICA, M.M.; RUMI, C.P., 1999. Analysis of the early expression characters of *Lotus glaber* Mill. (= *Lotus tenuis* Waldst. et Kit. ex Wild.). Publicado en internet, disponible en *Lotus Newsletter U.S.A.* <http://www.psu.missouri.edu/ln/>
- DEGANO, C.A.M., 1999. *Respuestas morfológicas y anatómicas en Tessaria absinthioides (Hook. Et. Arn.) DC. a la salinidad.* Revista Brasileira de Botânica, **22**, 1-13.
- DUDECK, A.E.; SINGH, S.; GIORDANO, C.E.; NELL, T.A.; MCCONNELL, D. B., 1983. *Effects of sodium chloride on Cynodon turfgrasses.* Agron. J., **75**, 927-930.
- DUDECK, A.E.; PEACOCK, C.H., 1985. *Salinity effects on warm - season turfgrasses.* Proceedings of the 33rd Annual Florida Turfgrass Conference. Tomo **33**, 22-24.
- EPSTEIN, E.; NORLYN, J.D.; RUSH, D.W.; KINGSBURY, R.W.; KELLEY, D.W.; CUNNINGHAM, G.A.; WRONA, A.F., 1980. *Salinity culture of crops: a genetic approach.* Science, **210**, 399-404.
- FRANCOIS, L.E., 1988. *Salinity effects on three turf bermuda grasses.* Hort. Science, **23**, 706-708.
- FRANCOIS, L.E.; MAAS, E.V., 1999. *Crop response and management of salt - affected soils.* En: Handbook of Plant and Crop Stress, 169-201. Ed. M. PESSARAKI. Editorial Marcel Dekker Inc. New York (Estados Unidos).
- GREUB, L.J.; DROLSOM, P.N.; ROHWEDER, D.A., 1985. *Salt tolerance of grasses and legumes for roadside use.* Agronomy J., **77**, 76-80.
- HORST, G.L.; BEADLE, N.B., 1984. *Salinity affects germination and growth of tall fescue cultivars.* J. Am. Soc. Hortic. Sci., **109**, 419-422.
- HUGHES, T.D.; BUTLER, J.D.; SANKS, G.D., 1975. *Salt tolerance and suitability of various grasses for saline roadsides.* J. Environ. Qua., **4**, 65 - 68.
- IXTAINA, V.Y.; MUJICA, M.M., 2003. *Variabilidad inter e intrapoblacional e interacción poblaciones-ambiente en el vigor de plántula de Lotus glaber.* Actas XXXII Congreso Argentino de Genética, XXXVI Congreso Chileno de Genética, IV Jornadas Argentino - Chilenas de Genética, Córdoba, Argentina. Genetic Journal of Basic and Applied Genetics, **XV**, 127.
- JARADAT, A.A.; SHAHID, M.; AL-MASKRI, A., 2004. *Genetic Diversity in the Batini Barley Landrace from Oman.* Crop Sci., **44**,997-1007. .
- KIK, C., 1989. *Ecological genetics of salt resistance in the clonal perennial, Agrostis stolonifera L.* New Phytologist, **113**, 453-458.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J., 1977. *Crop salt-tolerance current assessment.* J. Irrig. Drainage Div., ASCE **103** (IR2), 115-134.
- MAAS, E.V.; POOS, J.A.; HOFFMAN, G.J., 1986. *Salinity sensitivity of sorghum of three growth stages.* Irrigation Science, **7**, 1 -11.
- MAAS, E.V., 1990. *Crop salt tolerance.* En: *Agricultural salinity assessment and management*, 262-304. Ed. K.K. TANJI. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice n° 71. Nueva York (Estados Unidos.).
- MARCAR, N.E., 1987. *Salt tolerance in genus Lolium (Ryegrass) during germination and growth.* Aust. J. Agric. Res., **38**, 297-307.
- MARCUM, K.B., 1999. *Salinity tolerance mechanisms of grasses in the subfamily Chloridoideae.* Crop Science, **39**, 1153-1160.

- MIÑÓN, D.P.; SEVILLA, G.H.; MONTES, L.; FERNÁNDEZ, O., 1990. *Lotus tenuis*: leguminosa forrajera para la Pampa Deprimida. Boletín Técnico, Unidad Integrada de Balcarce - INTA, Balcarce, **98**, 8.
- MONTES, L., 1988. *Lotus tenuis*. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, **8** (5), 367-376.
- MUJICA, M.M.; RUMI, C.P., 1992. Producción de semilla de *Lotus tenuis*: análisis de su distribución y de la variación de determinantes del rendimiento por planta. *Primeras Jornadas Nacionales de Producción de Semillas y Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras Libro de resúmenes*, 27. Fac. de Agr. U.B.A. Buenos Aires (Argentina).
- MUJICA, M.M.; RUMI, C.P., 1994. Presencia de dos tipos de dormición en las semillas de *Lotus tenuis*. *Revista de la Facultad de Agronomía, UNLP*, **Tomo LXX**, 5-12.
- MUJICA, M.M.; RUMI, C.P., 1998a. Effects of salinity on the germination of *Lotus glaber* Mill.(=*Lotus tenuis* Waldst. et Kit. ex Wild.). Publicado en internet, disponible en *Lotus Newsletter U.S.A.* <http://www.psu.missouri.edu/lnl/v30/Mujica.htm>
- MUJICA, M.M.; RUMI, C.P., 1998b. A technique of vegetative propagation by ítem cuttings was fitted to *Lotus glaber*. Publicado en internet, disponible en *Lotus Newsletter U.S.A.* <http://www.psu.missouri.edu/lnl/v30/Mujica2.htm>
- MUJICA, M. M., 2002. Pautas para una estrategia regional de conservación participativa y uso sustentable de recursos genéticos de *Lotus glaber* En: *Taller Interdisciplinario Sobre Aspectos Genéticos, Moleculares y Fisiocológicos de Lotus sp. y sus simbioses*. Chascomús (Argentina).
- PASTERNAK, D.; DE MALACH, Y., 1994. Crop irrigation with saline water. En: *Handbook of plant and crop stress*, 599-622. Ed. M. PESSARAKII. Editorial Marcel Dekker, Inc. Nueva York (Estados Unidos).
- POLJAKOFF-MAYBER, A., 1975. Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. En: *Plants in saline environment*, 97-117. Ed. POLJAKOFF-MAYBER. Gale J. eds. New York (Estados Unidos)
- QIAN, Y.L.; ENGELKE, M.C.; FOSTER, M.J., 2000. Salinity effects on Zoysiagrass Cultivars and Experimental Lines. *Crop. Sci.*, **40**, 488-492.
- QIAN, L.; FOLLETT, R. F.; WILHELM, S.; KOSKI, A. J.; SHAHBA, M. A., 2004. Carbon Isotope Discrimination of Three Kentucky Bluegrass Cultivars with Contrasting Salinity Tolerance. *Agron. J.*, **96**, 571-575.
- QUINOS, P.M.; INSAUSTI, P.; SORIANO, A., 1998. Facilitative effect of *Lotus tenuis* on *Paspalum dilatatum* in lowland grassland of Argentina. *Oecología*, **114**, 427-431.
- REARTE, D., 2004. Panorama Ganadero. *4ª Jornada de Invernada de la Cuenca del Salado. Libro de resúmenes*, 37-39. General Belgrano. Buenos Aires (Argentina).
- ROYO, A.; ARGÜES, R., 2002. Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, **17** (3), 409-422.
- SHANNON, M.C., 1985. Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant Soil*, **89**, 227-241.
- SHANNON, M.C., 1997. Adaptation of plants to salinity. *Advan. Agron.*, **60**, 75-120.
- SMITH, D.; DOBRENZ, A.K.; SCHONHORST, M.H., 1981. Response of alfalfa seedling plants to high levels of chloride - salts. *J. Plant Nutr.*, **4**, 143-174.
- STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. 1997. *Statgraphics Plus for Windows*. Versión 3.1. Rockville (Estados Unidos).
- TAL, M.; SHANNON, M.C., 1983. Salt tolerance in wild relatives of the cultivated tomato: Responses of *Lycopersicon esculatum*, *L. cheesmanii*, *L. peruvianum*, *Solanum pennellii* and F1 hybrids to high

salinity. *Aust. J. Plant. Physiol.*, **10**, 109-117.

TRICART, F., 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. INTA, Colección Científica, XII, 1-202.

U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Ed. L.A. RICHARDS. USDA Handb. 60. U.S. Gov. Print. Office, 160 pp. Washington DC (Estados Unidos).

VAN GENUCHTEN, M.T.H., 1983. *Analyzing crop salt tolerance data: Model description and user's manual*. Washington: USDA-ARS-USSL Research Report n° 120, 50 pp. Riverside. California (Estados Unidos).

VARIABILITY IN THE SALT TOLERANCE IN *LOTUS GLABER* MILL. GENOTYPES SELECTED *IN SITU* IN A SALINE BASIN OF THE FLOODING PAMPAS (PROVINCE OF BUENOS AIRES, ARGENTINA)

SUMMARY

Lotus glaber is a legume naturalized in the Flooding Pampas, Province of Buenos Aires, Argentina. This region is the most important bovine production area of the country, based on the utilization of natural grasslands. Periodical flooding and a significant area occupied by saline and alkaline lowlands, limit the presence of grassland species. The introduction of salt tolerant species would increase productivity and quality of natural grasslands. Twelve *L. glaber* genotypes, collected in a saline basin, were screened for salinity tolerance under semi-controlled conditions. Hoagland nutritive solution plus NaCl was used *versus* the nutritive solution only for the control. Salinity did not affect genotypes survival, but growth inhibition was observed. The affected characters were: total dry weight and its components, root and main stem length, number of stems in the crown, number of leaves in the main stem and internodes length. Root length correlated with total, leaves, and stems dry weight and the relationship root length/total dry weight in the salinity treatment, but not in the control. The salinity treatment increased the characters variability, except root length. The observed variability is a promissory indicator to obtain salinity tolerant varieties using regional germplasm. The results suggest that the initial strategy of a breeding programme should be based in characters as: dry weight, stems and root length, and number of stems in the crown.

Key words: Saline stress, alkalinity, forages, legumes, natural grasslands.