MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

TOLERANCIA DE LA CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) A LA SALINIDAD: REVISION BIBLIOGRAFICA

A. MARTINEZ-COB

A. ROYO

R. ARAGÜES

Servicio de Investigación Agraria. Diputación General de Aragón.
Apdo. 727. 50080-ZARAGOZA

Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias
José Abascal, 56. Tfno. 441.31.93 Telex 48989 INIA E
28003 Madrid (España)

MADRID-1987

INDICE

Pág.

RESUMEN. 5

INTRODUCCION 5

EFECTOS DE LA SALINIDAD 6

MECANISMOS DE TOLERANCIA A SALINIDAD 7

FACTORES QUE AFECTAN A LA TOLERANCIA A SALINIDAD. 8

GENETICA Y MEJORA DE LA TOLERANCIA A LA SALINIDAD. 9

Genética 9

Selección y mejora 9

Variabilidad intraespecífica. 9

LISTA DE ABREVIATURAS DE LOS CULTIVARES CITADOS 13

SUMMARY 15

AGRADECIMIENTO. 16

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 16

TOLERANCIA DE LA CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) A LA SALINIDAD: REVISION BIBLIOGRAFICA

A. MARTINEZ–COB

A. ROYO

R. ARAGÜÉS

Servicio de Investigación Agraria
Diputación General de Aragón. Apdo. 727. 50080–Zaragoza

RESUMEN

Este trabajo presenta una revisión bibliográfica sobre la tolerancia de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) a la salinidad, y en él se exponen los efectos de la misma, los mecanismos de tolerancia, los factores que interaccionan con la salinidad y la genética y mejora de este carácter. A pesar de algunas discrepancias detectadas entre diversos autores, puede concluirse que la cebada es una especie de gran interés, dada su elevada tolerancia relativa a la salinidad, así como por la posibilidad de incrementar la misma a través de su mejora genética, aspecto este último derivado de su gran variabilidad intraespecífica. Así, para los más de 3000 cultivares estudiados en la bibliografía revisada en este artículo, el rango de salinidad que los mismos toleran varía entre unos 4 a 18 dS m^{-1} de conductividad eléctrica del extracto saturado, CE_e.

Palabras clave: salinidad; cebada; revisión bibliográfica; variabilidad intraespecífica.

INTRODUCCION

En diversas zonas del mundo, importantes superficies de terreno cultivable están prácticamente abandonadas o presentan fuertes condicionantes para el cultivo. Entre las razones que explican este fenómeno, se encuentra la progresiva salinización de los suelos y de las aguas de riego (SZABOLCS, 1979). Así, en España existen unas 840.000 ha de suelos afectados por sales, de las cuales 300.000 ha se hallan en Aragón (ALBERTO *et al.*, 1983).

Una de las alternativas para solucionar este grave problema es la utilización de cultivos más tolerantes a la salinidad, como la cebada, que es uno de los cultivos que toleran mejor la salinidad, tanto en la fase de germinación como en posteriores estados de crecimiento. Así, el valor umbral de salinidad, CE_u, de los genotipos de esta especie (aquél a partir del cual la producción empieza a disminuir respecto a la observada en condiciones no salinas), expresado en términos de conductividad eléctrica del extracto satu-

rado, CE_e, se situa alrededor de unos 8 dS m^{-1}, en su fase adulta (AYERS y WESTCOT, 1976; MAAS y HOFFMAN, 1977; SHANNON, 1984).

Asimismo, existe una gran variabilidad dentro de esta especie respecto a este carácter (AYERS, 1953; DONOVAN y DAY, 1969; SCHALLER *et al.*, 1981; SRIVASTAVA y JANA, 1984), aspecto esencial para incrementar su tolerancia a salinidad mediante programas de mejora, lo cual permitiría implantar esta especie, ya de por sí tolerante, en suelos con serios problemas de salinidad.

Por todo ello, este artículo presenta una revisión bibliográfica sobre el estado actual de conocimientos acerca de la tolerancia de este cultivo a la salinidad y recoge una lista de la variabilidad intraespecífica descubierta hasta ahora en esta especie mediante el empleo de diversos métodos de selección.

EFECTOS DE LA SALINIDAD

Los síntomas más comunes causados por la salinidad en la cebada, y en la mayoría de las especies, son la reducción de la altura final de la planta, la disminución de la producción y el retraso en su ritmo de crecimiento (GREENWAY, 1962 a; IYENGAR *et al.*, 1977; GILL, 1979; FOWLER y HAMM, 1980), aún cuando para este útlimo, FOWLER y HAMM (1980) y ABO–ELENIN *et al.*, (1981) han observado, por el contrario, un adelanto en la fecha de espigado inducido por la salinidad.

Asimismo, se produce una reducción de los diversos componentes de la producción: número de espigas maduras, número de granos por espiga, peso hectolítrico y peso de mil semillas. También se produce una reducción en el número de tallos y hojas (GREENWAY, 1962a; IYENGAR *et al.*, 1977; BOLE y WELLS, 1979; FOWLER y HAMM, 1980), aunque, según SINGH (1983), esta reducción es menor que la que se presenta en la producción de grano. Finalmente, mientras GREENWAY (1965) no observó que el cloruro sódico afectara a la formación del grano, GILL (1979) afirmó que las aguas de riego conteniendo cloruros de sodio y calcio y sulfato de sodio producían un alargamiento del período efectivo de llenado del grano.

Otros efectos causados por la salinidad son la disminución del tamaño de estomas, el aumento en el número de éstos (GILL y DUTT, 1982b) y el oscurecimiento del color verde de las hojas (PAL *et al.*, 1984).

No todas las partes de la planta se ven afectadas por igual. Normalmente, el desarrollo de las partes aéreas se reduce más que el de la zona radicular (BOWER y TAMIMI, 1979) y la producción se reduce menos que el crecimiento vegetativo (AYERS *et al.*, 1952; BERNSTEIN y HAYWARD, 1958; GREENWAY, 1965), de tal manera que éste puede verse seriamente afectado pero con producciones normales de grano (BERNSTEIN, 1960). No obstante, PAL *et al.*, (1984) informaron de una disminución similar en la producción de paja y grano causada por salinidad.

La salinidad produce una disminución en el porcentaje de semillas germinadas y un aumento en el tiempo de germinación y emergencia (AYERS, 1952, 1953; BOLE y WELLS, 1979; GILL y DUTT, 1982 a), así como una disminución de la tasa de absorción de agua por las semillas en germinación (AYERS, 1952; CHAPMAN *et al.*, 1978).

Igualmente, en relación con los procesos fisiológicos y bioquímicos, en la cebada se han observado desequilibrios nutricionales ocasionados por salinidad (PAL *et al.*, 1984). Así, IYENGAR *et al.*, (1977) detectaron acumulación de sodio, potasio, calcio y magnesio en los tallos y de sodio y cloruro en las semillas, mientras que no observaron que el contenido de cloruros en tallos se viera afectado. Por su parte, GREENWAY (1962a) encontró un mayor contenido de sodio y cloruro en espigas que en tallos.

Asimismo, GREENWAY (1965) no encontró que la salinidad redujera la fotosíntesis, la translocación de carbohidratos ni el nivel de síntesis protéica por debajo de los niveles óptimos, mientras que CHAUHAN *et al.*, (1980) observaron un aumento en la acumulación de proteína; BLOOM y EPSTEIN (1984) detectaron una mayor tasa de respiración radicular y EL–SHOURBAGY *et al.*, (1980) encontraron cambios en los contenidos de ADN y ARN, en los tallos, y en los de proteínas y aminoácidos, en las raíces.

MECANISMOS DE TOLERANCIA A SALINIDAD

En respuesta al descenso del potencial osmótico del agua del suelo causado por la salinidad, las plantas realizan un proceso de osmorregulación (ajuste osmótico) mediante el cual su potencial osmótico también disminuye, lo que conduce al mantenimiento del flujo de agua desde el suelo hasta la raíz (BERNSTEIN, 1961).

El ajuste osmótico en plantas glicófitas se realiza, al parecer, por la acumulación de sustancias orgánicas (GREENWAY y MUNNS, 1980). Así, GILL (1979) y CHAUHAN *et al.*, (1980) mostraron que en las variedades de cebada tolerantes a salinidad se producen procesos de acumulación de diversas sustancias orgánicas, tales como almidón, azúcares y prolina.

No obstante, otro mecanismo mediante el que estas plantas resisten a la salinidad de su medio es la exclusión de iones, principalmente de sodio y cloruro. En la cebada, los trabajos de GREENWAY (1962 a y b) mostraron que las variedades sensibles tenían mayores contenidos en cloruro y sodio y menores en potasio que las tolerantes y CHAUHAN *et al.*, (1980) y PAL *et al.* (1984) detectaron unas relaciones potasio–sodio mayores en las variedades tolerantes.

LYNCH *et al.*, (1982) informaron de posibles mecanismos de exclusión de sodio en los tejidos en crecimiento de cebada. A este respecto, se han localizado mecanismos transportadores internos de potasio y cloruro y otro externo de sodio en el plasmalema de raíces de cebada (SHANNON, 1984).

En definitiva, la tolerancia a salinidad de la cebada, y otras especies, parece implicar bien procesos de exclusión de sales, bien acumulación de sustancias orgánicas en el citoplasma, bien estrategias basadas en la capacidad de la planta para acumular sales en sus vacuolas y así disminuir los potenciales osmóticos internos con el fin de mantener el gradiente de potencial osmótico y el potencial de turgencia necesarios para el alargamiento celular (SHANNON, 1984; TAL, 1984).

FACTORES QUE AFECTAN A LA TOLERANCIA A SALINIDAD

La evaluación de la tolerancia a salinidad se ve complicada por las múltiples interacciones que existen entre la salinidad y diversas variables ambientales, edáficas, hídricas y de la planta.

Así, diversos autores señalan que la cebada es más tolerante en cualquier etapa de su vida que en las fases de emergencia y plántula (BERNSTEIN, 1960; AYERS y WESTCOT, 1976; MAAS y HOFFMAN, 1977). Por el contrario, GREENWAY (1965) niega este hecho ya que, según él, esta impresión se ha debido a que la salinidad afecta más a la componente vegetativa que a la reproductora de la planta. Asimismo, BERNSTEIN y HAYWARD (1958) y SHANNON (1984) han afirmado que los valores de CE_{50}, aquellos en que la producción de grano y la emergencia se reducen en un 50 p. 100, expresados asimismo en términos de CE_e, son bastante similares, o incluso mayores en la fase de emergencia.

Del mismo modo, la tolerancia a salinidad está influida por el período durante el que la planta está expuesta a la salinidad. Así, AYERS *et al.*, (1952) informaron de una mayor producción de grano en cebada cuando el estrés se impone con las plántulas ya establecidas que cuando se aplica desde la fase de germinación.

En la cebada, BERNSTEIN *et al.*, (1974) observaron disminuciones erráticas en tolerancia a salinidad cuando los niveles de fósforo o de nitrógeno eran deficientes. Pero, HULSBOS (1977) informó que la aplicación de abonos nitrogenados aumentaba la tolerancia de diversos cereales, mientras que la de fosfato tuvo poco o ningún efecto.

En la cebada y otros cultivos se ha observado una interacción entre el clima y la salinidad. Así FOWLER y HAMM (1980) informaron que la tolerancia había sido mayor en años de buenas condiciones vegetativas. Igualmente, estos autores contemplaron una interacción entre salinidad y sequía.

Finalmente, se han detectado otros factores diversos que interaccionan con la tolerancia a salinidad, tanto en la cebada como en otras especies, entre los cuales se encuentran: la temperatura (UNGAR, 1978; EL–SHARKAWI y SPRINGUEL, 1979), la humedad relativa (HOFFMAN y JOBES, 1978), las prácticas de cultivo (SHANNON, 1979), los manejos y frecuencias de riego (BERNSTEIN y FRANCOIS, 1975), la localización de

las sales en el perfil del suelo (FRANCOIS, 1981), el nivel de ozono en la atmósfera (OGATA y MAAS, 1973), la aireación del suelo (ACEVES–N *et al.*, 1975), la polución del aire (SHANNON, 1979), la luz (NIEMAN y POULSEN, 1971; SHANNON, 1979) y los pretratamientos de las semillas (SHANNON y FRANCOIS, 1977).

GENETICA Y MEJORA DE LA TOLERANCIA A LA SALINIDAD

Genética

Se conoce relativamente poco de la genética de este carácter, aunque parece ser que se trata de un rasgo complejo en el que estarían implicados muchos genes (SHANNON, 1984). Bien pudiera ser que en distintas fases del desarrollo intervinieran diferentes loci, lo cual facilitaría el estudio de su genética.

En la cebada se ha observado que su aptitud para producir bajo condiciones salinas es hereditaria (NOBLE, 1983), aunque la heredabilidad estimada por NORLYN (1984) ha sido bastante baja (h^2 = 0,28) en estudios con líneas F_3 y F_4 procedentes de un cruce entre "California Mariout" y "Arivat" (muy y poco tolerantes, respectivamente). Se han observado efectos genéticos aditivos y dominantes en diversos caracteres de producción (EPSTEIN *et al.*, 1980; TRIPATHI *et al.*, 1983).

Selección y mejora

Un buen método para mejorar este carácter sería la selección recurrente que podría permitir la selección simultánea del carácter deseado junto con otros caracteres genéticos favorables (RAMAGE, 1980).

Por su parte, JANA *et al.*, (1980) informaron que no se obtiene ninguna ventaja cuando se demora la selección artificial hasta la generación F_{15} o posteriores de poblaciones heterogéneas de cebada, cultivadas en condiciones de aridez y sometidas a selección natural. AL–SHAMMA (1983) ha observado un aumento en el porcentaje de germinación en individuos resultantes de selección en F_2 y F_3 de distintos cruces entre diferentes líneas de cebada, aunque la tolerancia en madurez fue similar a la de las líneas parentales que, en general, eran de tolerancia media. CHANDRA (1982) opina que la selección para producción bajo estrés salino puede conducir a una mejora de la producción y/o de la tolerancia. Además, el empleo de un ambiente de estrés en generaciones tempranas de selección por producción no tiene por qué ocultar la expresión de genes de producción en un ambiente sin estrés.

Variabilidad intraespecífica

Desde la década de los 50 se conoce la existencia de una gran variabilidad en la tolerancia a la salinidad dentro de esta especie (AYERS *et al.*, 1952; AYERS, 1953). Trabajos posteriores, tanto en germinación como en planta adulta (Cuadro 1), han puesto de

CUADRO 1

LISTA DE TRABAJOS EFECTUADOS SOBRE TOLERANCIA DE CEBADA A LA SALINDAD

Autores	Medio de estudio	Número de cultivares	Niveles salinos utilizados	Tipos de sales empleados	Lista de cultivares por orden de mayor a menor tolerancia a la salinidad
Abo-Elenin *et al.*, 1981	Campo salinizado	1163	12,5-25 dS m^{-1}; (1) más de 25 dS m^{-1}	Sales mezcladas	Selección de 36 líneas
	Invernadero (a) (lisímetro)	777	20000 y 25000 ppm (2)		
	Invernadero (arena)	36	15000 y 25000 ppm (2)		A; C; Ar; Si; Ca; H; I; Cv; K; Ce; Cr; P; B; He; Ap; Ha; Sp; Cn; M; Cg; Sa; Cc; Cc-1; G; Az; Pl; L; At; Be; Hh; F; Cd; Cl ; C-3; Rt; Rt-1 (b)
Ayers, 1953	Germinación y emergencia	30	1,04 a 24,43 dS m^{-1} (1) (6 niveles)	NaCl	Cl; S; Sn; Ly; Co; Go; As; U; Mo; N; E; A; Hi; Ne; Z; Es; W; Ma; Ch; Te; V; Al; Pe; Wi; R; Ba; Hn; Hk; Cm; Ai
Ayers *et al.*, 1952	Campos salinizados	8 (c)	3000, 6000 y 9000 ppm (2)	NaCl y $CaCl_2$	Cl; Hk; Al; Ch
		16 (c)	8000, 12000 y 16000 ppm (2)		
		4	5000, 10000 y 20000 ppm (2)		
Bernstein *et al.*, 1974	Invernadero	2	-6 y -9 bares (2)	Sales añadidas	Cs; Nu
Bloom y Epstein, 1984	Invernadero	2	10 mM (2)	KCl o NaCl o K_2SO_4	Cl; Ai
Bole y Wells, 1979	Campos salinos	16	Varios valores según años y lugares (1)	Suelos salinos	Cebadas de seis carreras > Cebadas de dos carreras Ga; Bo; Cq; St; Pg; Be; Kl; Wn (6 carreras) (d) Fa; Pa; Ct; Bt; Hc; T; Ka; Cm (2 carreras) (d)
Bower y Tamimi, 1979	Invernadero	3	60 mmol/l de NaCl y 15 mmol/l de $CaCl_2$ (2)	NaCl y $CaCl_2$	Mr; Al; Br
Chapman *et al.*, 1978	Imbibición	2	15 dS m^{-1} (2)	NaCl	Cl; Sh
Chauhan *et al.*, 1980	Invernadero	8	8, 12, 16 y 20 dS m^{-1} (2)	$CaCl_2$ NaCl, $NaHCO_3$, Na_2SO_4, $MgCl_2$	DI - 1; Z - 1; Z - 2; Z - 3 (tolerantes); D; Z - 4; Z - 5; Z - 6 (sensibles)

CUADRO 1. (Continuación)

Autores	Medio de estudio	Número de cultivares	Niveles salinos utilizados	Tipos de sales empleados	Lista de cultivares por orden de mayor a menor tolerancia a la salinidad
Donovan y Day, 1969	Germinación	39	23 dS m^{-1} (2)	NaCl	Cl; Ci-1; Ci-2; Ci-3; Ci-4; Ci-5; Ci-6; Ci-7 (e)
	Germinación	13	25 y 37 dS m^{-1} (2)	NaCl y $CaCl_2$	Ci-4; Ci-6; Cl (tolerantes); Ci-8; Ci-9; Bl; Ci-10; Ci-l (tolerancia intermedia); Ci-11; Ai; Ao; Al-1; R (poco tolerantes)
	Emergencia	11	10, 18, 32 y 44 dS m^{-1} (2)	NaCl y $CaCl_2$	Ci-4; Ci-6; Cl; Bl; Ci-9; Ci-1; Ao; R; Ci-11; Ai; Al-1
El-Shourbagy *et al.*, 1980	Invernadero	2	- 0 a 0,2 M (2) (varios niveles)	NaCl	Sa; G-1
Epstein y Norlyn, 1977	Invernadero	11	Agua de mar; no diluida, 67% y 33% (3 niveles) (2)	Sales marinas	Cl; Ai; Uc; Ss; 7 selecciones del Composite Cross XXI (d)
Epstein *et al.*, 1980	Invernadero	4	Varios niveles; el mayor, 600 mM (2)	NaCl	Cl; Nu; Ai; Br
Gill, 1979	Invernadero	6		NaCl, $CaCl_2$ y Na_2SO_4	
Gill y Dutt 1982a	Invernadero	5	5,4, 8,4 y 12,3 dS m^{-1} (1)		Vi; Rd; Am; D; Ra
Gill y Dutt, 1982b	Campos salinos	34	7,48-10,4 dS m^{-1} (1)	Suelos salinos	
Greenway, 1962a Greenway, 1965	Invernadero	3	125, 250 y 400 meq/l (2) 125 meq/l (2)	NaCl	Cp (f); Bi; Ch
Iyengar *et al.*, 1977	Invernadero	7	15000 ppm (2)	Agua de mar diluida	Bg-1; Bg-2; Bg-3; Bg-4, Bg-5; Bg-6; Cc-2 (g)
Jana *et al.*, 1980	Emergencia	4 (h)	22 y 24 dS m^{-1} (2)	NaCl	Cx; Da; Dr; Ir
Pal *et al.*, 1984	Campo salinizado	4	4 a 24 dS m^{-1} (2) (6 niveles)	NaCl y $CaCl_2$	Dl; Dl-1; Ra; Bd
Rathore *et al.*, 1977	Germinación y plántula	22	24, 32 y 40 dS m^{-1} (2)		Iy; Ru (c)
Richards, 1983	Campos salinos	16 (c)	Hasta 24 dS m^{-1} y más de 24 dS m^{-1} (1)	Suelos salinos	
Schaller *et al.*, 1981	Germinación y emergencia	11	18, 32 y 40 dS m^{-1} (2)	NaCl	Cs; Ra; Cs-1; Ka; Nu; Pr, Al-2; St; Br; Ai

CUADRO 1 (Continuación)

Autores	Medio de estudio	Número de cultivares	Niveles salinos utilizados	Tipos de sales empleados	Lista de cultivares por orden de mayor a menor tolerancia a la salinidad
Srivastava y Jana, 1984	Campo salino	779	20 a 100 dS m^{-1} (varios niveles) (1)	Suelos salinos	He-1; Hd; Md; Wd; Er; Ky; y otras 74 se seleccionaron
	Emergencia	80	30 dS m^{-1} (2)	NaCl	Ac; Er; Bu; Aa; Cf; Rs; Bc; Rs-1; Bb; Ho; Ta; Hr; Mc; Ky; (muy tolerantes); Ck; Bh; Un; Cb (poco tolerantes) (i)
	Emergencia	2200 (j, c)	24 dS m^{-1} (2)	NaCl	
Towsey y Boyd, 1983	Germinación y emergencia	600	200 mM (2) (germinación) 400 mM (2) (emergencia)		
Weltzien y Srivastava, 1981		4779 (k)			
Zielinska y Chelkowska, 1983	Plántulas	5	- 5,2 a - 9 bares (2)	NaCl y $CaCl_2$	Hv y We; Di; Gr y Me

NOTAS

(1) CE del extracto de la pasta saturada del suelo

(2) Salinidad de la solución aplicada al ensayo

(a) Se incluyen todos los procedimientos de cultivo que no sean en campo

(b) Sólo están ordenados los diez primeros, según la producción relativa de grano; el autor da también otras clasificaciones según otros criterios.

(c) No se mencionan los nombres de estas variedades

(d) Sin ordenar por tolerancia.

(e) Sólo se reseñan los más tolerantes, sin ordenar.

(f) *H. vulgare* var. *pallidum.*

(g) La primera es la más tolerante; el resto, sin clasificar.

(h) Poblaciones heterogéneas.

(i) Se citan las más tolerantes que la variedad testigo (Bonanza) y las más sensibles; el resto cae entre ambos grupos.

(j) Muestras individuales de *H. spontaneum* Koch.

(k) Investigaciones en curso.

LISTA DE ABREVIATURAS DE LOS CULTIVALRES CITADOS

A = Abyssinia
Aa = Assala's
Ac = Api/CM 67
Ai = Arivat
Al = Atlas
Al-1 = Atlas 57
Al-2 = Atlas 68
Am = Amber
Ao = Arizona 5908
Ap = A.16 x Pro– Godiva
Ar = 7028 x Arivat
As = Asplund
At = Atheanian Black Awniess
Az = Azrak 2 (Blue 2)
B = Baladi-Bahtium
Ba = Batna
Bb = 4977/Benton/Bigo
Bc = Baladi Local 46/Deir Alla 106
Bd = Billara 2
Be = Beacon
Bg-1 = BG 131
Bg-2 = BG 161
Bg-3 = BG 133
Bg-4 = BG 24
Bg-5 = BG7
Bg-6 = BG 1
Bh = 2762/Beecher-6L
Bi = Bolivia
Bl = Blanco Mariout
Bo = Bonanza
Br = Briggs
Bt = Betzes
Bu = Bussell/Aurori/Esp = Ketade
C = Caveda, CI 455
C-3 = Cabeda, CI 3621
Ca = Caveda, CI 3642
Cb = C 63
Cc = CC 89
Cc-1 = CC 211/1
Cc-2 = C 138
Cd = Caveda, CI 2550
Ce = Caveda, CI 3581
Cf = CN 42/CI 7772//FUN/ 3/FUN/ TCH/4/FUN/ki
Cg = CR.3684/1 (Giza 119 Shiga Hakkaku 5) (CI 7391)
Ch = Chevron
Ci = Caveda, CI 3604
Ci-1 = CI 3555
Ci-2 = CI 3579
Ci-3 = CI3730
Ci- 4 = CI 3780
Ci-5 = CI 6710
Ci-6 = CI 6711
Ci-7 = CI3718
Ci-8 = CI 3644
Ci-9 = CI 7090
Ci-10 = CI 3552
Ci-11 = CI 3674
Ck = Cross 366-16-2
Cl = California Mariout
Cm = Compana
Cn = (CN 10D-DC 23/FUN x FUN^2) 724 x TRA/ II-11361-1T-2T)
Co = Corbel
Cp = Cpl 11083
Cq = Conquest
Cr = CR 372/4/2
Cs = CM 67
Cs-1 = CM 72
Ct = Centennial
Cv = Caveda, CI 3374
Cx = CCXXX-C (población heterogénea)
D = DL-3
Da = Davis (población heterogénea)
Di = Diva
Dl = DL-85
Dl-1 = DL-88
Dr = Dryland (población heterogénea)
E = Everest
Er = ER/Apm

Lista de abreviaturas de los cultivares citados (Continuación)

Es = Esaw
F = (FUN x H45 - P13604 x FUN/AVT No Poz Winn) (CR PRO x Tall x V. 1856) x Athenais CI-75-95-05
Fa = Fairfield
G = Giza 119
G-1 = Giza 118
Ga = Galt
Go = Gopal
Gr = Gryf
H = HJA C4715 OLE - M64-69
HA = Harbing-Arivat 3 x Athenais
Hc = Hector
Hd = H 272
He = Hembar x Beecher - 10L
He-1 = Hembar x Beecher - 9L
Hh = 61-2951-26/Heines Hanna/Julia
Hi = Hillsa
Hk = Hank
Hn = Hannchen
Ho = H. Odesskji 17/DL 71
Hr = Harbing // Avt/Aths
Hv = Havila
I = Izmir-9
Ir = Irrigated (poblaciones heterogéneas)
Iy = Iyoti
K = Kitzing, CI 189
Ka = Klages
Kl = Klondike
Ky = KY-1324
L = Local-2 Rows Black Barley-Minawa
Ly = Lyllpur
M = MAV. Athenais
Ma = Manchuria
Mc = Moracaine 079
Md = MD/Atl//CMIB-4-2-B-B
Me = Menuet
Mo = Moore
Mr = Mariot
N = Norangu
Ne = Nepal
Nu = Numar
P = Promesa-D_2 02-391
Pa = Palliser
Pe = Persistawn
Pg = Peguis
Pl = Plata x sv. Mari
Pr = Prato
R = Rojo
Ra = Ratna
Rd = RD-31
Rs = R.T. Ramage selection 79-B-62216
Rs-1 = R.T. Ramage selection 1976.77-OAP
Rt = R.T. Ramage Barley 11-13
Rt-1 = R.T. Ramage Barley 14-13
Ru = Russian 20
S = Si
Sa = Sahrawi
Sh = Shabet
Si = Saida
Sn = Santoku
Sp = Sprocoz(24)xCR. 115-POR
Ss = S-68-1-11-82
St = Steptoe
T = TR 515
Ta = Tanekase 2/Baitori/Aths
Te = Trebi
U = Unnamed
Uc = U.C. Signal
Un = Union/CI 378/Coho
V = Velvon 11
Vi = Vijay
W = Waxy Oberdrucker
Wd = WI 2137-2
We = Wellam
Wi = Wisconsin Winter
Wn = Windsor
Z = Zecke
Z-1 = BH 38
Z-2 = K 19
Z-3 = RD 185
Z-4 = TB 65
Z-5 = BG 25
Z-6 = Maharaja Local

manifiesto diferencias varietales más o menos profundas según los criterios que se utilizaran en el estudio.

En este Cuadro se citan los diferentes medios utilizados, el número de variedades o líneas implicadas, los niveles salinos empleados, los tipos de sales usados y los cultivares estudiados, clasificados por orden de mayor a menor tolerancia; su nombre se recoge en abreviaturas, cuyo significado se reseña en las notas a pie de página. En algunos trabajos no se proporciona orden alguno de tolerancia, por lo que se citan las variedades sin clasificar, y en otros se dan varias clasificaciones realizadas con diversos criterios: aquí se recoge sólo uno: bien la producción relativa de grano, bien el porcentaje o la tasa de germinación o emergencia. Debe mencionarse finalmente que alguno de estos trabajos está aún en curso de realización o verificación de resultados.

A pesar de los datos presentados en este Cuadro, puede afirmarse que aún permanece una enorme variabilidad latente por descubrir (EPSTEIN y NORLYN, 1977; EPSTEIN *et al.*, 1980; CHANDRA, 1981; WELTZIEN y SRIVASTAVA, 1981).

La correlación entre los resultados obtenidos en selecciones realizadas durante la germinación y los conseguidos en otras fases del desarrollo está en discusión. Para algunos autores esta correlación no es muy clara, pues variedades catalogadas como tolerantes en una fase no se muestran de tal manera en otra (GILL y DUTT, 1982 a; LYNCH *et al.*, 1982; SRIVASTAVA y JANA, 1984). Sin embargo, SCHALLER *et al. (1981)* demostraron la existencia de tal correlación y concluyeron que, por tanto, se puede producir un progreso sustancial en la identificación de germoplasma tolerante mediante una simple selección durante la fase de germinación. De cualquier manera, la información sobre la tolerancia en la fase de germinación puede ser bastante ilustrativa por ser un estado crítico del ciclo vital de esta planta (DONOVAN y DAY, 1969).

SUMMARY

Salt–tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.): a literature review

This paper presents a literature review of the salt tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.). The salinity effects, the salt tolerance mechanisms, the factors interacting with salt tolerance, and the genetics and breeding of this character are discussed. In spite of the disagreements between different researchers, it can be concluded that barley has a great interest due to its high relative salt tolerance, as well as the possibilities of increasing it by means of its genetics breeding. This latter aspect can be performed because of its large intraspecific variability. Thus, the salinity interval, tolerated by over 3000 cultivars studied in the papers reviewed in this work, varies approximately from 4 to 18 dS m^{-1}, in terms of electrical conductivity of soil saturation extract, EC_e.

Key words: salinity; barley; literature review, intraspecific variability.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza la concesión de una beca a A. Martínez–Cob para la realización de una tesis de Master, sobre el tema objeto de esta publicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABO–ELENIN R.A., HEAKAL M.S., GOMAA A.S., MOSEMAN J.G., 1981. Studies on salt tolerance in barley and wheat:II. Sources of tolerance in barley germplasm. *Proc. 4th Intern. Barley Gen. Symp.* 402–409.

ACEBES–N E., STOLZY L.H., MEHUYS G.R., 1975. Combined effects of low oxygen and salinity on germination of a semi-dwarf mexican wheat. *Agron. J.*, 67. 530–532.

ALBERTO F., MACHIN J., ARAGÜÉS R., 1983. *Razones y distribución espacial de la salinidad de los suelos y aguas superficiales de la Cuenca del Ebro.* 10 pp. Congreso "El Sistema Integrado del Ebro".

AL–SHAMMA A.M., 1983. Breeding for salt tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Dissert. Abstr. Int. B*, 43(9), 2763 B.

AYERS A.D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agron. J.*, 44(2), 82–84.

AYERS A.D. 1953. Germination and emergence of several varieties of barley in salinized soil cultures. *Agron. J.*, 45, 68–71.

AYERS A.D. BROWN J.W., WADLEIGH C.H., 1952. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receivint several salinization regimes. *Agron. J.*, 44, 307–310.

AYERS R.S., WESTCOT D.W., 1976.*Water quality for agriculture.* 97 pp. Irrigation and Drainage Paper 29. FAO. Roma.

BERNSTEIN L., 1960. *Salt tolerance of field crops.* USDA Agr. Inform. bull. 217.

BERNSTEIN L., 1961. Osmotic adjustment of plants to saline media: I. Steady state. *Am. J. Bot.*, 48(10), 909-918.

BERNSTEIN L., FRANCOIS L.E., 1975. Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. *Agron. J.*, 67(2), 185–190.

BERNSTEIN L., HAYWARD H.E., 1958. Physiology of salt tolerance. *Annu. Rev. Plant. Physiol.*, **9**, 25–46.

BERNSTEIN L., FRANCOIS L.E., CLARK R.A., 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron. J.*, **66**, 412–421.

BLOOM A., EPSTEIN E., 1984. Varietal differences in salt–induced respiration in barley. *Plant Sci. Lett.*, **35**(1), 1–3.

BOLE J.B., WELLS S.A., 1979. Dryland soil salinity: effect on the yield and yield components of 6–row barley, 2 –row barley, wheat, and oats. *Can. J. Soil Sci.*, **59**, 11–17.

BOWER C.A., TAMIMI Y.N., 1979. Root adjustments associated with salt tolerance in small grains. *Agron. J.*, **71**(4), 690–693.

CHANDRA S., 1981. Existence and exploitation of latent genetic variation for salt tolerance in three crosses of barley. *Curr. Sci.*, **50**(16), 726–727.

CHANDRA S., 1982. Identification of salt resistance barley lines from crosses involving unselected parents. *Indican J. Gen. Plant Br.*, **42**(3), 287–292.

CHAPMAN S.R., HART L.R., NARDI B., 1978. Rate of imbibition as a tool in screening for salt tolerance. *Cereal Res. Comm.*, **6**(3), 241–247.

CHAUHAN R.P.S., CHAUHAN C.P.S., KUMAR D., 1980. Free proline accumulation in cereals in relation to salt tolerance. *Plant and Soil*, **57**(2/3), 167–175.

DONOVAN T.R., 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.

EL–SHARKAWI H.M., SPRINGUEL I.V., 1979. Germination of some crop plant seeds under salinity stress. *Seed Sci. Tech.*, **7**(1), 27–37.

EL-SHOURBAGY M.N., ABDULLA O.A., AHMED F.A., 1980. Effects of constant and gradual exposure to sodium choride stress on DNA, RNA, protein and certain protein amino acids in two varieties of barley. *Phyton*, Austria. **20**(3/4), 215–225.

EPSTEIN E., NORLYN J.D., 1977. Seawater–based crop production: a feasibility study. *Science*, **197**(4300), 249–251.

EPSTEIN E., NORLYN J.D., RUSH D.W., KINGSBURY B.W., KELLEY D.B., CUNNINGHAM G.A., WRONA A.F., 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, **210**(4468), 399–404.

FOWLER D.B., HAMM J.W., 1980. Crop response to saline soil conditions in the parkland area of Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 60(3), 439–449.

FRANCOIS L.E., 1981. Alfalfa management under saline conditions with zero leaching. *Agron. J.*, 73(6), 1042–1046.

GILL K.S., 1979. Effect of soil salinity on grain filling and grain development in barley. *Biologia Plantarum*, 21(4), 241–244.

GILL K.S., DUTT S.K., 1982a. Physiological basis of salt tolerance: effect of salinity on germination, grain yield, quality and chemical composition in barley. *Science and Culture*, 48(9), 323–325.

GILL K.S. DUTT S.K., 1982b. Effect of salinity on stomatal number, size, and opening in barley genotypes. *Biologia Plantarum*, 24(4), 266–269.

GREENWAY H., 1962a. Plant response to saline substrates: I. Growth and ion uptake of several varieties of *Hordeum* during and after sodium chloride treatment. *Aust. J. Biol. Sci.*, 15(1), 16–38.

GREENWAY H., 1962b. Plant response to saline substrates: II. Chloride, sodium, and potassium uptake and translocation in young plants of *Hordeum vulgare* during and after a short sodium chloride treatment. *Aust. J. Biol. Sci.*, 15(1), 39–57.

GREENWAY H., 1965. Plant response to saline substrates: VII. Growth and ion uptake throughout plant development in two varieties of *Hordeum vulgare. Aust. J. Bio. Sci.*, 18, 763–779.

GREENWAY H., MUNNS R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in non–halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 3, 149–190.

HOFFMAN G.J., JOBES J.A., 1978. Growth and water relations of cereal crops as influenced by salinity and relative humidity. *Agron. J.*, 70(5), 765–769.

HULSBOS W.C., 1977. *Crop yields and rotations during reclamation* En: Reclamation Salt Affected Soils in Iraq: Soil Hydrological and Agricultural Studies 57–68. Dieleman PJ, Ed. Wageningen.

IYENGAR E.R.R., PATOLIA J.S., Kurian T. 1977. Varietal differences in barley to salinity. *Z. Pflanzenphysiologie*, 84(4), 355–361.

JANA M.K., JANA S., ACHARYA S.N., 1980. Salt stress tolerance in heterogeneous populations of barley. *Euphytica*, 29, 409–417.

LYNCH J., EPSTEIN E., LAUCHLI A., 1982. *Na^+–K^+ relationships in salt–stressed barley*. En: Plant Nutrition 1982, Proc. 9th Int. Plant Nutrition Coll. 1, 347–352. Scaife A., Ed. Univ. de Warwick.

MAAS E.V., HOFFMAN G.J., 1977. Crop salt tolerance: current assessment. *J. Irrig. Drainage Div. ASCE,* **103**(12993), 115–134.

NIEMAN R.H., POULSEN L.L., 1971. Plant growth suppression on saline media: interactions with light. *Bot. Gaz.,* **132**(1), 14–19.

NOBLE C.L., 1983. The potential for breeding salt–tolerant plants. *Proc. Royal Soc. Victoria,* **95**(3), 133–138.

NORLYN J.D., 1984. Ion absorption and ontogeny in relation to the heritability of salt tolerance in barley. *Dissert. Abstr. Int. B,* 44(7), 2027 B.

OGATA G., MAAS E.V., 1973. Interactive effects of salinity and ozone on growth, and yield of garden beets. *J. Environ. Qual.,* 2, 518–520.

PAL B., SINGH C., SINGH H., 1984. Barley yield under saline water cultivation. *Plant and Soil,* 81, 221–228.

RAMAGE R.T., 1980. *Genetic methods to breed salt tolerance in plants.* En: Genetic Engineering of Osmoregulation. 311–318. Rains DW, Valentine RC, Hollaender A, Eds. Plenum, Nueva York.

RATHORE A.K., SHARMA R.K., LAL P., 1977. Relative salt tolerance of different varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.) at germination and seedling stage. *Annals of Arid Zone,* **16**(1), 53–60.

RICHARDS R.A., 1983. Should selection for yield in saline regions be made on saline or non–saline soils?. *Euphytica,* 32, 431–438.

SCHALLER C.W., BERDEGUE J.A., DENNETT C.W., RICHARDS R.A., WINSLOW M.D., 1981. Screening the wold barley collection for salt tolerance. *Proc. 4th Intern. Barley Gen. Symp.* 389–393.

SHANNON M.C., 1979. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. *Hort Science,* **14**(5), 587–589.

SHANNON M.C., 1984. *Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance.* En: Salinity Tolerance in Plants, 231–254. Staples RC, Toenniessen GH, Eds. John Wiley & Sons. Nueva York.

SHANNON M.C., FRANCOIS L.E., 1977. Influence of seed pretreatments on salt tolerance of cotton during germination. *Agron. J.,* **69**, 619–622.

SING D., 1983. Genetics of certain quantitative characters in barley (*Hordeum vulgare* L.) with special reference to water/salt stress conditions. *Thesis Abstracts,* **9**(1), 72–73.

SRIVASTAVA J.P., JANA S., 1984. *Screening wheat and barley germplasm for salt tolerance.* En: Salinity Tolerance in Plants. 273–283. Staples RC, Toenniessen GH, Eds. John Wiley & Sons. Nueva York.

SZABOLCS I. 1979. Modelling of soil salinization and alkalization. *Agrokémia és Talajtan,* 28(Supp.), 11–32.

TAL M., 1984. *Physiological genetics of salt resistance in higher plants: studies on the level of the whole plant and isolated organs, tissues and cells.* En: Salinity Tolerance in Plants. 301–320. Staples RC, Toenniessen GH, Eds. John Wiley & Sons. Nueva York.

TOWSEY M., BOYD W.J.R., 1983. The screening of barley germplasm for tolerance to soil salinity and waterlogging. *Proc. Aust. Plant Breed. Conf.* 321–322.

TRIPATHI I.D., CHANDRA S., SINGH M., 1983. Inheritance studies of metric traits in three barley populations under normal and saline–alkali soils. *Theor. Appl. Genet.,* **66**(1), 15–21.

UNGAR I.A., 1978. Halophyte seed germination. *Bot. Rev.,* 44(2), 233–264.

WELTZIEN H.C., SRIVASTAVA J.P. 1981. Stress factors and barley productivity and their implications in breeding strategies. *Proc. 4th Intern. Barley Gen. Symp.*,351-361.

ZIELINSKA D., CHELKOWSKA H., 1983. Respuesta de cinco variedades de cebada al estrés osmótico (en polaco). *Prace Komisii Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Lesnych,* **55**, 309–319.