

Variation de la tolérance à la salinité chez l'orge pendant la germination et la croissance des plantes

Saïd EL MADIDI¹, Brahim EL BAROUDI¹ & Fouzia BANI AAMEUR¹

(Reçu le 02/06/2002; Accepté le 15/12/2003)

التباين الوراثي لتحمل الملوحة عند الشعير خلال طور إنبات البذور وطور النمو

تمت دراسة تأثير الملوحة على إنبات البذور والنمو لدى 9 تراكيب وراثية من الشعير (5 أصناف محلية و 4 أصناف مختارة). استعملت لمقارنة تحمل الملوحة : 4 تركيزات للملح (200mM,150mM,100mM,0) و 4 تركيزات لماء البحر (0%, 20%, 30%, 40%). أظهرت النتائج المحصل عليها، أنه يوجد تباين وراثي بالنسبة لمقاومة الملوحة في مرحلة إنبات البذور ومرحلة النمو. كما تبين وجود تفاعل بمستوى معنوي بالنسبة لطول الجذور وبمستوى معنوي مرتفع بالنسبة الوزن الجاف للجذور. بعض الأصناف المحلية أظهرت أنها أكثر تحملا للملوحة من باقي التراكيب الوراثية الأخرى التي اشتملت عليها الدراسة، خصوصا في مرحلة إنبات البذور. تبين كذلك أنه لا يوجد ارتباط بين تحمل الملوحة في مرحلة إنبات البذور ومرحلة النمو.

الكلمات المفتاحية: الشعير - الملوحة - أصناف محلية - إنبات البذور - النمو

Variation de la tolérance à la salinité chez l'orge pendant la germination et la croissance des plantes

L'effet du traitement salin sur la germination et la croissance des plantules a été étudié sur 9 géotypes d'orge (5 cultivars locaux et 4 variétés sélectionnées). Les géotypes ont été comparés pour plusieurs caractères à des concentrations différentes de NaCl (0, 100 mM, 150 mM et 200 Mm) et des concentrations différentes de l'eau de mer (0%, 20%, 30% et 40%). Les résultats montrent l'existence d'une variabilité pour la tolérance à la salinité au stade de la germination et au stade de la croissance des plantules. L'interaction (géotypes x traitements) est significative pour la longueur de la racine et hautement significative pour le poids sec des racines. Certains cultivars locaux apparaissent plus tolérants que les autres géotypes testés, surtout au stade de la germination des graines. Une absence de corrélation a été observée pour la tolérance à la salinité entre le stade de la germination et le stade de la croissance des plantules.

Mots clés: Orge - Salinité - Cultivars locaux - Germination - Croissance

Variability for salt tolerance in barley at germination and early growth

The effects of salinity on seed germination and early vegetative growth were analysed for nine genotypes of barley (5 landraces and 4 breeding lines). The genotypes were evaluated for several criteria, at 4 salt concentrations (0, 100 mM, 150 mM and 200 mM) and 4 seawater concentrations (0%, 20%, 30% and 40%). The results show a large variability within the genotypes for salt tolerance at the two early growth stages. Genotypes x treatments interaction is significant for root length and highly significant for root dry matter. The levels of salt tolerance in some barley landraces were higher than those found in breeding lines, particularly for seed germination. There was no relationship between salt tolerance during seed germination and during the early vegetative growth.

Key words: Barley - Salt tolerance - Landraces - Germination - Early vegetative growth

¹ Laboratoire de Recherche sur la Variabilité Génétique, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Agadir, Maroc

^o Auteur correspondant, e-mail: elmadidi@hotmail.com

INTRODUCTION

La salinité est l'un des problèmes majeurs qui affectent le sol et l'eau et, par conséquent, la production agricole dans le monde (Kingsboury & Epstein, 1984). Dans les zones arides et semi-arides, l'aridité et les fortes évapotranspirations des plantes augmentent la salinité des sols. Dans ces régions, la salinité prend de plus en plus d'importance et devient l'un des facteurs limitant la productivité des espèces cultivées (Fooland & Jones, 1991). Ainsi, pour valoriser les grandes surfaces affectées par la salinité, il devient important d'identifier des génotypes possédant une certaine tolérance au stress salin. La réussite d'une telle recherche dépend de l'ampleur de la variabilité génétique intra et inter-spécifique existant chez les espèces cultivées (Rana, 1986). L'orge est considérée comme l'une des cultures les mieux adaptées aux zones arides et semi-arides (Ceccarelli *et al.*, 1987; Belaid & Morris, 1991). Au sud Marocain et dans les régions montagneuses (Grand-Atlas et Anti-Atlas), l'orge cultivée est composée presque exclusivement de cultivars locaux à 6 rangs.

L'objectif de la présente étude est de comparer l'effet de différentes concentrations de NaCl et de différentes concentrations d'eau de mer sur la germination et la croissance chez plusieurs génotypes d'orge.

MATÉRIELS & MÉTHODES

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans ces expériences comprend 9 génotypes d'orge dont 5 cultivars locaux (C1, C2, C3, C4 et C5) collectées avec l'aide de la DPA (Direction Provinciale de l'Agriculture Agadir) dans cinq localités de la région d'Agadir et quatre variétés sélectionnées d'orge à six rangs inscrites au catalogue officiel: Acsad 176 (V1), Arig 8 (V2), Rabat (V3) et Aanaceur (V4).

Les cultivars locaux utilisés ont été multipliés à la station expérimentale Melk Azhar de l'INRA à Belfaa.

2. Protocole expérimental

2.1. Mise en germination

Avant la mise en germination, les graines des 9 génotypes d'orge sont traitées avec l'hypochlorite

de sodium à 5% pendant 10 min, puis rincées abondamment à l'eau distillée. Ensuite, les graines sont mises à germer sur du papier filtre dans des boîtes de Pétri désinfectées à l'eau de Javel. Le nombre de graines est de 30 par boîte en 3 répétitions.

Les traitements pour chaque génotype sont composés d'un témoin (eau distillée) ($CE < 2 \text{ mS cm}^{-1}$) et de différentes doses de NaCl : 100 mM (13.3 mS cm^{-1}), 150 mM (17.6 mS cm^{-1}) et 200 mM (22.7 mS cm^{-1}), d'une part, et de différentes concentrations d'eau de mer: 20% (13.5 mS cm^{-1}), 30% (18.5 mS cm^{-1}) et 40% (24.3 mS cm^{-1}), d'autre part. Les boîtes ont été incubées dans une étuve régulée à 25°C . Le pourcentage de germination est noté quotidiennement pendant une durée de 6 jours. Chaque boîte de Pétri a reçu 5 ml de solution de traitement toutes les 48 heures. Le dispositif expérimental est à deux facteurs étudiés en randomisation totale avec répétitions.

L'essai est interrompu 6 jours après la mise en germination, après avoir noté le pourcentage de germination (percée de la radicule), d'émergence (émergence du coléoptile) et la longueur des racines. Les mesures de la longueur des racines ont porté sur 10 individus issus de chaque boîte.

Pour la germination et l'émergence, on a calculé pour chaque répétition, le pourcentage de réduction de la germination et de l'émergence par rapport au témoin selon l'expression suivante:

$$\text{PRG et PRE} = (1 - N_x / N_t) \times 100$$

N_x est le nombre de grains germés ou émergés avec le traitement salin x . N_t est le nombre de grains germés ou émergés chez le témoin.

Pour la longueur des racines on a calculé, pour chaque répétition, le pourcentage de réduction de la longueur des racines par rapport aux témoins selon l'expression suivante:

$$\text{PRL} = (1 - l_x / l_t) \times 100$$

l_x est la moyenne de la longueur des racines avec le traitement salin x . l_t est la moyenne de la longueur des racines chez les témoins.

2.2. Croissance des plantules

48 heures après la mise en germination, les graines germées sont transplantées dans des pots

contenant du substrat formé uniquement de sable, ce qui facilitera ultérieurement l'extraction des racines.

La transplantation a été faite à raison de 6 graines germées par pot de dimension (13.5 cm en diamètre externe et en hauteur); au stade 2^{ème} feuille on a ramené le nombre à 3 plantules par pot. Après la transplantation, les plantules ont été d'abord arrosées avec de l'eau potable (pendant la première semaine). Ensuite, elles ont été soumises à un arrosage avec la solution nutritive de Hoagland renfermant du chlorure de sodium à concentration variable (0, 150mM et 200mM) et composée de KNO₃ (5 mmol/L), Ca(NO₃)₂ (5 mmol/L), MgSO₄ (5 mmol/L), KH₂PO₄ (1 mmol/L) pour les macroéléments et de Fe-EDTA (50 µmol/L), H₃BO₃ (25 µmol/L), MnSO₄ (2 µmol/L), ZnSO₄ (2 µmol/L) et CuSO₄ (2 µmol/L) pour les oligo-éléments. L'arrosage a été effectué une fois par semaine, à raison de 200 ml par pot pour chaque traitement. Les pots ont été installés dans la serre de la Faculté des Sciences d'Agadir et le dispositif expérimental adopté est le "split plot" avec 3 répétitions. Les traitements salins ont été placés en grandes parcelles (sous-blocs) et les génotypes en petites parcelles (pots).

La croissance a été mesurée en fonction de la production de la matière sèche des plantules âgées de 45 jours. Les différentes parties de la plante sont enrobées séparément dans du papier aluminium, puis placées dans l'étuve à 80°C et pesées après 48 heures. Le pourcentage de réduction pour le poids sec a été calculé selon l'expression suivante:

$$(1 - PS_x / PS_T) \times 100.$$

2.3. Analyse statistique

Les analyses de la variance ont été effectuées selon les modèles suivants:

- Pour l'expérience réalisée au stade de la germination, le dispositif expérimental est un dispositif factoriel à deux facteurs étudiés A (9 génotypes) et B (3 traitements salins) avec 3 répétitions. L'expérience est réalisée en randomisation totale, les combinaisons A_iB_j ont été disposées au hasard.

La variation totale se décompose alors ainsi:

$$SCE_{\text{totale}} = SCE_{\text{Génot}} + SCE_{\text{Trait}} + SCE_{\text{G} \times \text{T}} + SCE_{\text{Rés}}$$

La décomposition des degrés de liberté est la suivante :

$$(pqn-1) = (p-1) + (q-1) + (p-1)(q-1) + pq(n-1)$$

- Pour l'expérience réalisée au stade de la croissance des plantules, le dispositif expérimental est un dispositif en split-plot. Il comporte 3 blocs divisés en 3 sous-blocs (ou parcelles principales) où les 3 variantes du facteur "traitements" sont affectées au hasard. Les 9 variantes du deuxième facteur (génotypes) sont affectées également au hasard dans les sous-blocs.

- Pour le facteur traitements, sans tenir compte du facteur génotypes, la variation totale se décompose ainsi:

$$SCE_{\text{totale}} = SCE_{\text{Trait}} + SCE_{\text{bloc}} + SCE_{\text{Res1}}$$

La décomposition des degrés de liberté est la suivante:

$$(pn-1) = (q-1) + (n-1) + (p-1)(n-1)$$

- Pour le facteur génotypes, la variation totale se décompose ainsi :

$$SCE_{\text{totale}} = SCE_{\text{sous-bloc}} + SCE_{\text{Génot}} + SCE_{\text{Gént} \times \text{Ttrait}} + SCE_{\text{Res2}}$$

La décomposition des degrés de liberté est la suivante:

$$(pqn-1) = (np-1) + (q-1) + (p-1)(q-1) + p(q-1)(n-1)$$

Avant de faire ces analyses, les données en pourcentages ont été transformées en $\text{Arcsin} \sqrt{p}$, où p est le pourcentage de réduction. La comparaison multiple des moyennes est réalisée à l'aide du test de Newman & Keuls. Les corrélations entre les classements des génotypes pour les différents traitements ont été calculées en utilisant le coefficient de corrélation de rang de Spearman. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel STAT-ITCF.

RÉSULTATS & DISCUSSION

Les résultats obtenus sur l'ensemble des génotypes (Tableau 1) montrent que le pourcentage de réduction pour tous les caractères mesurés augmente avec la concentration du sel. Les pourcentages de réduction moyens sont variables en fonction du caractère mesuré et du stade de développement. Les pourcentages les plus importants ont été enregistrés au stade de la germination, comparativement avec ceux qui ont été obtenus pour le poids sec des feuilles et des racines. Ceci concorde avec les résultats rapportés par d'autres études qui ont montré que le stade de

la germination est le stade de développement de la plante le plus affecté par le stress salin (Baldwin *et al.*, 1996; Katembe, 1998).

L'analyse de la variance pour les pourcentages de réduction (Tableau 2) a mis en évidence des différences très hautement significatives entre les génotypes et entre les traitements, tant pour l'expérience avec NaCl que pour l'expérience avec l'eau de mer. Pour le pourcentage de réduction de la longueur de la racine, l'interaction (génotypes x traitements) est très hautement significative pour l'expérience avec NaCl, hautement significative pour l'expérience avec l'eau de mer, non significative pour les autres critères analysés.

L'examen du tableau de l'analyse de la variance pour le pourcentage de réduction de la matière sèche (Tableau 3) montre une différence hautement significative entre les différentes concentrations de NaCl et entre les génotypes, tant pour le pourcentage de réduction du poids sec des feuilles que pour le pourcentage de réduction du poids sec des racines. L'interaction (génotypes x traitements) est significative pour le pourcentage de réduction du poids sec des racines et non significative pour le pourcentage de réduction du poids sec des feuilles.

Les résultats de la comparaison multiple des moyennes, mentionnés dans le tableau 4,

montrent que le nombre de groupes formés varie de 3 à 6 pour les expériences réalisées au stade de germination et de 2 à 3 pour les expériences réalisées au stade de la croissance des plantules. Cependant, les regroupements ainsi définis présentent différents types de chevauchements. Signalons que le cultivar C4 se détache significativement des autres génotypes, constituant ainsi un groupe bien distinct et ce pour les pourcentages de réduction de la germination et de l'émergence. On note aussi que le cultivar C1 se distingue significativement des autres génotypes pour le pourcentage de réduction de la longueur des racines au stade de la germination des graines.

Ces résultats mettent en évidence l'existence d'une variabilité génétique pour la tolérance à la salinité. Concernant la germination, de nombreux chercheurs ont signalé la présence d'une grande variabilité génétique pour la tolérance à la salinité (Allen *et al.*, 1985; Norlyn & Epstein, 1984; Ashraf, 1993).

Pour apprécier la diversité de la performance des différents génotypes vis-à-vis de la tolérance au stress salin, on a classé les génotypes suivant leur pourcentage de réduction pour chaque caractère étudié. On obtient un classement (Tableau 5) où les génotypes sont classés par ordre décroissant pour la tolérance à la salinité lors des différentes expériences.

Tableau 1. Valeurs moyennes des pourcentages de réduction

NaCl	PRG	PRE	PRL	PRF	PRR	Eau de mer	PRG	PRE	PRL
100 mM	18.20	25.50	27.60	-	-	20 %	13.90	18.20	28.10
150 mM	23.20	54.10	41.50	11.30	25.82	30 %	37.10	59.40	45.10
200 mM	45.50	86.50	59.50	28.52	44.60	40 %	62.20	88.80	62.80

PRG: Pourcentage de réduction de la germination, PRE: Pourcentage de réduction de l'émergence, PRL: Pourcentage de réduction de la longueur de la racine, PRF: Pourcentage de réduction du poids sec des feuilles, PRR: Pourcentage de réduction du poids sec des racines

Tableau 2. Résultats de l'analyse de la variance (valeurs de F et degré de signification)

Source de variation	d.d.l Concentration de NaCl Concentration de l'eau de mer		
		PRG	PRE	PRL	PRG	PRE	PRL
Génotypes	8	22.11 ***	5.69 ***	10.58 ***	10.02 ***	14.35 ***	23.59 ***
Traitements	3	70.15 ***	145.02 ***	209.33 ***	13.9.29 ***	322.84 ***	374.39 ***
Intéraction : (G x T)	24	1.30 N.S	0.61 N.S	4.82 ***	1.58 N.S	1.75 N.S	3.41 **

N.S: différence non significative ($p > 0.05$), **: différence hautement significative ($p < 0.01$) ; ***: différence très hautement significative ($p < 0.001$).

Tableau 3. Résultats de l'analyse de la variance (valeurs de F et degré de signification) pour le pourcentage de réduction du poids sec des feuilles et des racines

Source de variation	d.d.l	F (PRF)	F (PRR)
1. Sous-blocs			
V. blocs	2	4.27*	1.42 ^{NS}
V.facteurA (traitements)	2	22.5***	12.20***
V. résiduelle 1	4		
2. Parcelles élémentaires			
V. sous-blocs	8	2.36*	1.87 ^{NS}
V. facteur B (génotypes)	8	7.84***	3.42**
V. interaction (g x t)	16	1.05 ^{NS}	1.92*
V. résiduelle 2	48		
V. totale	80		

NS: différence non significative ($p > 0.05$), *: différence significative ($p < 0.05$), **: différence hautement significative ($p < 0.01$) et ***: différence très hautement significative ($p < 0.001$).

Tableau 4. Comparaison multiple des moyennes par le test de Newnan & Keuls

Génotype	PRG ¹	PRG ²	PRE ¹	PRE ²	PRL ¹	PRL ²	PRR	PRF
V1	50,59 F	52,31 D	59,29 BC	71,60 DE	48,52 C	54,82 F	36,62 ABC	29,28 AB
V2	25,43 BC	39,40 BCD	62,03 BC	62,89 CD	38,90 AB	44,62 BCD	51,42 BC	24,82 AB
V3	45,36 EF	48,15 CD	73,42 C	77,77 F	56,34 D	53,59 EF	35,47 ABC	13,81 A
V4	33,83 CD	36,78 BC	57,11 BC	48,31 AB	44,59 BC	49,64 DEF	17,78 AB	11,13 A
C1	26,21 BC	41,62 BCD	57,24 BC	46,92 AB	36,73 A	29,97 A	59,14 C	17,09 AB
C2	38,02 DE	45,14 CD	53,59 B	53,06 BC	41,97 ABC	41,55 B	10,82 A	10,10 A
C3	14,98 AB	29,55 B	46,67 AB	53,35 BC	35,03 A	48,52 CDE	17,45 AB	10,24 A
C4	12,59 A	15,56 A	35,43 A	38,48 A	37,60 AB	43,41 BC	22,64 AB	34,92 B
C5	14,84 AB	30,63 B	53,93 B	44,91 AB	42,16 ABC	41,55 B	57,72 C	27,81 AB

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même colonne ne sont pas différentes significativement au niveau de signification 1%. Avec ¹: Expérience avec NaCl et ²: Expérience avec l'eau de mer

Tableau 5. Classement des génotypes par ordre croissant en fonction de leur pourcentage de réduction pour les différents variables mesurées

	PRG ¹	PRG ²	PRE ¹	PRG ²	PRL ¹	PRL ²	Rang moy	PRF	PRR	Rang moy
V1	9	9	7	8	8	9	8.33	8	6	7
V2	4	5	8	7	4	5	5.5	6	7	6.5
V3	8	8	9	9	9	8	8.5	4	5	4.5
V4	6	4	5	4	7	7	5.5	3	3	3
C1	5	6	6	3	2	1	3.83	5	9	7
C2	7	7	3	5	5	2	4.83	1	1	1
C3	3	2	2	6	1	6	3.33	2	2	2
C4	1	1	1	1	3	4	1.83	9	4	6.5
C5	2	3	4	2	6	3	3.33	7	8	7.5

Avec ¹: Expérience avec NaCl et ²: Expérience avec l'eau de mer

- Au stade de la germination:
C4 > C3 et C5 > C1 > C2 > V4 et V2 > V1 > V3
- Au stade de croissance des plantules:
C2 > C3 > V4 > V3 > V2 et C4 > V1 et C1 > C5

Les corrélations entre les classements des génotypes pour les différentes variables mesurées sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6. Corrélation entre les différentes variables mesurées

Variable	PRG ¹	PRG ²	PRE ¹	PRE ²	PRL ¹	PRL ²	PRF	PRR
PRG ¹	1	0.93***	0.63	0.73*	0.73*	0.48	-0.30	-0.12
PRG ²		1	0.73*	0.70*	0.62	0.30	-0.13	0.15
PRE ¹			1	0.71*	0.58	0.42	0.07	0.50
PRE ²				1	0.47	0.68*	-0.27	-0.12
PRL ¹					1	0.60	0.10	0.03
PRL ²						1	0.10	-0.20
PRF								0.60
PRR								1

¹: Expérience avec NaCl et ²: Expérience avec l'eau de mer

On note l'existence d'une corrélation très hautement significative entre la germination en présence de NaCl et celle en présence d'eau de mer, ainsi qu'une relation significative entre la germination et l'émergence, tant pour le traitement à NaCl que pour le traitement à l'eau de mer.

Par contre, des corrélations très faibles sont observées entre les classements des génotypes pour les trois critères au stade de la germination des graines (germination, émergence et longueur de la racine) et le classement des génotypes pour le poids sec des feuilles et des racines. Ceci semble indiquer qu'il n'y a aucune relation entre le classement des différents génotypes pour la tolérance à la salinité au stade de la germination des graines avec le classement des génotypes pour la tolérance à la salinité au stade de la croissance des plantules.

Ceci confirme les résultats d'autres études (Kurt *et al.*, 1986; Maas *et al.*, 1983; Botia *et al.*, 1998; Komori *et al.*, 2000). Ceci suggère que la tolérance à la salinité est peut-être contrôlée par des groupes de gènes spécifiques à chaque stade de développement (Shannon, 1985).

Par ailleurs, il est connu que l'inhibition de la germination et l'émergence par la salinité est due principalement à un effet osmotique (Allen *et al.*, 1986; Houle *et al.*, 2001) alors que, pendant la

croissance, la salinité inhibe surtout l'absorption et le transport des éléments majeurs (N, Ca et K). Ceci limite l'approvisionnement de la plante en éléments essentiels pour sa croissance (Lynch *et al.*, 1985; Larcher, 1985; Soltani *et al.*, 1990).

Nos résultats montrent une grande variabilité entre les génotypes pour la tolérance à la salinité lors de la germination des graines et de la croissance des plantules.

L'évaluation de la tolérance à ces stades devra être complétée par une évaluation de la tolérance en conditions du champ. Certains cultivars locaux se sont avérés les plus performants, ce qui montre la nécessité du criblage d'un grand nombre de génotypes.

L'évaluation de la tolérance des cultivars locaux aux stress abiotiques peut s'avérer une étape primordiale qui devrait précéder toute tentative de sélection de variétés tolérantes à la salinité et à la sécheresse.

Les résultats obtenus ici confirment les résultats de plusieurs études qui ont montré que le mécanisme tolérance au sel semble être variable en fonction du stade de développement.

En conséquence, aucun de ces stades étudiés ne peut être utilisé à lui seul pour caractériser la tolérance à la salinité.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Allen S, Dobrenz A & Bartels P (1986) Physiological responses of salt tolerant and non tolerant alfalfa to salinity during germination. *Crop. Sci.* 26: 1004-1008
- Ashraf M. (1993) Genetic variation for salt tolerance in lentil at two early growth stages. *Lens Newsletter* 20(1): 21-25
- Baldwin AH, McKee KL & Mendelssohn IA (1996) The influence of vegetation, salinity, and inundation on seed banks of oligohaline coastal marshes. *American journal of botany* 83: 470-479
- Belaid A & Morris ML (1991) Wheat and Barley production in rainfed marginal environments of west Asia and north Africa. Problems and prospects. CIMMYT Economics working paper 91/02
- Botia P, Carvajal M, Cerda A & Martinez V (1998) Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. *Agronomie* 18: 503-515
- Ceccarelli S, Grando S & Van leur JAG (1987) Genetic diversity in barley landraces from Syria and Jordan. *Euphytica* 36: 389-405
- Fooland MR & Jones RA (1991) Genetic analyses of salt tolerance during Germination in Lycopersion. *Theor Appl Genet* 81: 321-326
- Houle G, Morel L, Reynolds CE & Seigel J (2001) The effect of salinity on different developmental stages of an endemic annual plant, *Aster laurentianus*. *American Journal of Botany* 88: 62-67
- Katembe WJ, Ungar IA & Mitchel JP (1998) Effet of salinity on germination and seedling growth of two Atriplex species. *Annals of botany* 82 :167-175
- Kingsbury RW & Epstein E (1984) Selection for salt resistant spring wheat. *Crop Sci* 24: 310-315
- Komori T, Myers PN, Yamada S, Kubo T & Imaseki H (2000) Comparative study of *Nicotiana* species with respect to water deficit tolerance during early growth. *Euphytica* 116 (2): 121-13
- Kurt E, Jensen A & Epstein E (1986) Resistance of fully imbibed tomato seeds to very high salinities. *Plant Cell Environ* 9: 667-676
- Larcher W (1995) Physiological plant ecology, 3rd ed. Springer, New York, USA
- Lynch J. & Läuchli A. (1985) Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley. *New phytol.* 99: 345-354
- Norlyn JD & Epstein M (1984) Variability in salt tolerance of four triticale lines at germination and emergence *Crop Science* 24: 1090-1092
- Maas EV, Hoffman GJ, Chaba GD, Poss JA & Shannon MC (1983) Salt sensitivity of corn at various growth stages. *Irrig Sci* 4: 45-57
- Rana (1986) Genetic diversity for salt stress resistance of wheat in India. *Rachis* 5(1): 32-36
- Shannon MC (1985) Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant and soil* 89: 227-241
- Soltani A, Hajji M & Grignon C (1990) Recherche de facteurs limitant la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. *Agronomie* 10: 857-866