

Tolérance à NaCl et sélectivité K^+ / Na^+ chez les Triticales

Essia BIZID, Ezzeddine ZID (*) & Claude GRIGNON (**)

Institut National de Recherche Scientifique et Technique, Borj Cedria, B.P. 95, Hammam-Lif, Tunisie

() Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, Tunis, Tunisie*

*(**) I.N.R.A.-E.N.S.A., Laboratoire de Biochimie et Physiologie Végétales, 9, place Viala, F 34060 Montpellier Cedex*

RÉSUMÉ

La tolérance à NaCl et les transports d'ions sont étudiés sur 4 variétés de Triticale. Des semis âgés de 5 jours sont transférés sur des milieux liquides contenant NaCl (0 à 200 mM). Après 10 jours, la production de matière sèche, l'hydratation des tissus, et l'accumulation des ions majeurs sont mesurées.

Les 4 variétés ne présentent pas le même degré de sensibilité à NaCl. L'analyse comparative de leurs nutriments minéraux indique que la variété la plus tolérante est celle qui présente la meilleure aptitude à limiter le transport de Na^+ dans ses parties aériennes, et à assurer leur approvisionnement en K^+ . Ces résultats suggèrent que le coefficient de sélectivité K^+ / Na^+ du transport dans les parties aériennes pourrait être utilisé comme critère de sélection précoce pour la tolérance à la salinité.

Mots clés additionnels : Chlorure, croissance, racine, exclusion de Na^+ .

SUMMARY

Tolerance to NaCl and K^+ / Na^+ selectivity in Triticale.

NaCl tolerance and ion transport were studied in four varieties of triticale. Five-day-old seedlings were transferred into liquid media containing NaCl (0 to 200 mM). Dry matter production, tissue water content, and ion accumulation were determined 10 days later. The 4 varieties differed in sensitivity to NaCl. Comparative analysis of their inorganic nutrition revealed that the most tolerant variety was the most efficient in limiting Na^+ transport into the shoot, and in taking up K^+ . These results suggest that the K^+ / Na^+ selectivity coefficient of the transport into the shoot could be used as a criterion for early selection for tolerance to NaCl.

Additional key words : Chloride, growth, root, Na^+ exclusion.

I. INTRODUCTION

Depuis quelques années, des triticales originaires du Mexique sont expérimentés avec succès dans le Nord de la Tunisie. La souplesse d'adaptation de ces hybrides aux conditions défavorables du milieu les rend plus performants que le blé, et leur résistance à la verse les fait préférer au seigle (VERMOREL & BERNARD, 1979). Selon MASHHADI *et al.* (1982), le triticale Armadillo S' . 308 .₃N' est plus tolérant à la contrainte hydrique que les variétés de blé Arz, Florence aurore, et Super X. Les données concernant la résistance des triticales à la salinité sont relativement rares. En présence de NaCl, le triticale GLT 176 présente une meilleure croissance que les blés Chinese, Capelle Desprez, Kogo II, Cheyenne et Atou (WYN JONES *et al.*, 1984). Une étude récente de TOURAINE & AMMAR (1985) montre que le triticale « 110 » sélectionné en Tunisie est plus tolérant à NaCl que l'orge, considéré comme l'une des

glycophytes les plus résistantes au sel (MAAS & HOFFMAN, 1977). Or, le degré de résistance des triticales à la salinité varie avec les génotypes (NORLYN & EPSTEIN, 1984), et il peut être intéressant de disposer de critères précoces de sélection pour ce facteur. Nous présentons dans ce but une étude comparative de 4 variétés de triticales cultivées à des stades très jeunes sur des milieux à différentes concentrations de NaCl. Elle porte sur la croissance et les transports d'ions (K^+ et Na^+ , en particulier) entre le milieu, la racine, et les parties aériennes.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les 4 triticales (X Triticosecale Wittmack) étudiés sont : S70, S99, N191, et N195. Les graines sont fournies par l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis. Elles sont lavées abondamment à l'eau

courante, puis mises à germer en boîtes de Pétri en présence d'eau distillée (20 graines par boîte). Les plantules de 3 jours sont repiquées sur le milieu liquide de base contenant des macroéléments (mM) : $K^+ = 1,5$; $Ca^{2+} = 2$; $Mg^{2+} = 0,5$; $NO_3^- = 4,5$; $H_2PO_4^- = 0,75$; $SO_4^{2-} = 0,25$; et des oligoéléments (p.p.m.) : $Fe = 1,4$; $Mn = 0,25$; $Zn = 0,03$; $Cu = 0,03$; $B = 0,16$; $Mo = 0,01$. Le pH est de 6,2. Deux jours plus tard, les plantules sont transférées sur des milieux de base additionnés de différentes quantités de NaCl (0, 25, 50, 100, 150 et 200 mM). Pour minimiser les chocs osmotiques, ces additions sont faites à raison de $50 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ par jour pour les traitements dépassant 25 mM. Les milieux sont aérés en permanence par un courant de bulles d'air, et renouvelés tous les 3 jours après l'application définitive des traitements. Les plantules (17 par traitement) sont maintenues sous éclairage artificiel de $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (photopériode 16 h). La température est comprise entre 20°C et 26°C (jour), et entre 18°C et 24°C (nuit). L'humidité relative varie de 65 % le jour à 90 % la nuit. Les plantules sont récoltées au stade 3 à 4 feuilles, 10 jours après le transfert sur NaCl. Elles sont séparées en racines et parties aériennes. Ces organes sont pesés avant et après dessiccation à l'étuve à 80°C pendant 48 h, puis analysés. Les cations sont dosés par photométrie de flamme en émission (K^+ , Na^+ et Ca^{2+}), ou en absorption atomique (Mg^{2+}) sur un extrait acide (HNO_3 , 0,1 N). Le dosage de Cl^- est fait en coulométrie sur le même extrait. Les anions autres que Cl^- sont estimés par le total des cations ($K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$) moins Cl^- . Des plantules prélevées en début d'expérience, avant l'application du sel, sont également analysées et servent de témoin initial pour le calcul de la croissance et des bilans des transports d'ions dans la plante.

III. RÉSULTATS

A. Croissance pondérale et teneur en eau

L'effet des diverses concentrations de NaCl sur la production de matière sèche (MS) est illustré par la

figure 1. On voit que NaCl exerce sur la production de MS totale des plantes ou sur celle des feuilles un effet inhibiteur qui se manifeste au-delà de concentrations seuils différentes selon les variétés. La plus tolérante est S70 : sa production de MS est indépendante de NaCl jusqu'à 100 mM. Chez les 4 variétés, la croissance des racines n'est pas diminuée par NaCl, et elle est même stimulée chez S70.

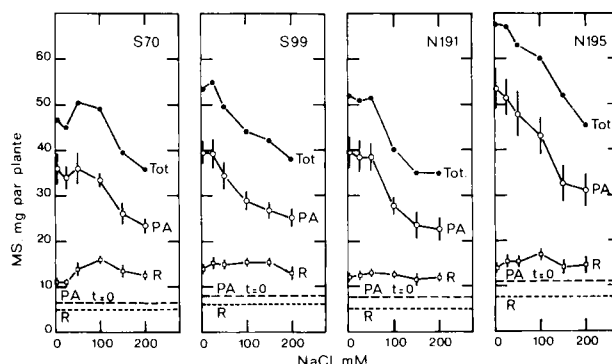


Figure 1

Effet de NaCl sur la production de matière sèche. Des plantules de 4 variétés de triticale sont cultivées en présence de NaCl aux concentrations indiquées. Les courbes donnent les poids de matière sèche (MS) après 10 jours. Tot : plante entière ; PA : parties aériennes ; R : racines. Les deux droites en tirets donnent les valeurs initiales. Moyennes sur 17 plantes traitées individuellement, intervalles de sécurité au seuil de 95 %.

Effect of NaCl on dry matter production. Seedlings of four triticale varieties grown in the presence of NaCl at various concentrations (abscissae). The curves are the dry weights (MS) measured after 10 days. Tot : whole plants ; PA : shoots ; R : roots. The two dashed lines correspond to the initial dry weights. Means of 17 plants, and 95 % confidence limits.

La teneur en eau des racines et des parties aériennes diminue lorsque la concentration de NaCl augmente dans le milieu (tabl. 1). Manifestement, l'alimentation hydrique des plantes est perturbée en présence de NaCl. Toutefois, S70 conserve en présence de NaCl une meilleure hydratation de ses racines que les autres variétés.

TABLEAU 1

Effet de NaCl sur la teneur en eau des tissus. La teneur en eau est déterminée sur des plantules âgées de 15 j cultivées depuis 10 j sur milieu de base additionné de NaCl 0 à 200 mM. Moyennes de 17 plantes et intervalles de sécurité au seuil 95 p. 100.

Effect of NaCl on tissue water content, determined on 15-day seedlings grown for 10 days on basic medium plus NaCl (0 to 200 mM). Means of 17 plants and 95 % confidence limits.

Variétés	Teneurs en eau ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$ MS) après 10 j de culture en présence de NaCl aux concentrations suivantes (mM)					
	0	25	50	100	150	200
Feuilles						
S70	$10,6 \pm 0,2$	$9,9 \pm 0,2$	$8,5 \pm 0,2$	$7,8 \pm 0,1$	$7,6 \pm 0,1$	$7,0 \pm 0,1$
S99	$9,6 \pm 0,01$	$9,1 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,1$	$7,6 \pm 0,1$	$6,9 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,1$
N191	$9,1 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,1$	$7,7 \pm 0,1$	$7,3 \pm 0,2$	$6,7 \pm 0,1$
N195	$10,4 \pm 0,1$	$9,4 \pm 0,2$	$8,8 \pm 0,2$	$8,1 \pm 0,1$	$7,4 \pm 0,1$	$7,1 \pm 0,2$
Racines						
S70	$18,1 \pm 0,4$	$19,8 \pm 0,6$	$18,3 \pm 0,3$	$16,4 \pm 0,3$	$14,6 \pm 0,2$	$13,1 \pm 0,4$
S99	$18,9 \pm 0,2$	$18,2 \pm 0,6$	$16,7 \pm 0,3$	$14,5 \pm 0,5$	$13,1 \pm 0,3$	$11,7 \pm 0,4$
N191	$17,3 \pm 0,4$	$17,0 \pm 0,4$	$17,3 \pm 0,4$	$14,4 \pm 0,3$	$13,6 \pm 0,3$	$12,7 \pm 0,3$
N195	$18,1 \pm 0,4$	$18,4 \pm 0,4$	$16,8 \pm 0,4$	$16,1 \pm 0,4$	$13,9 \pm 0,4$	$12,7 \pm 0,3$

B. Bilans des transports de K^+ et Na^+

La figure 2 regroupe les bilans nets des transports de K^+ et Na^+ à partir du milieu chez 4 triticales (J, mol par plante pour 10 j). L'accumulation dans la racine et le transport dans les parties aériennes sont estimés à partir des différences de quantités retrouvées dans ces organes entre le prélèvement initial et le prélèvement final ($t = 10$ j). L'absorption est la somme de l'accumulation dans la racine et du transport dans les parties aériennes. Dans tous les cas, l'essentiel du K^+ absorbé est transféré dans les parties aériennes. En présence de NaCl, l'absorption, l'accumulation et le transport de K^+ sont diminués chez les 4 variétés, mais cet effet est beaucoup moins marqué chez S70 que chez les autres triticales.

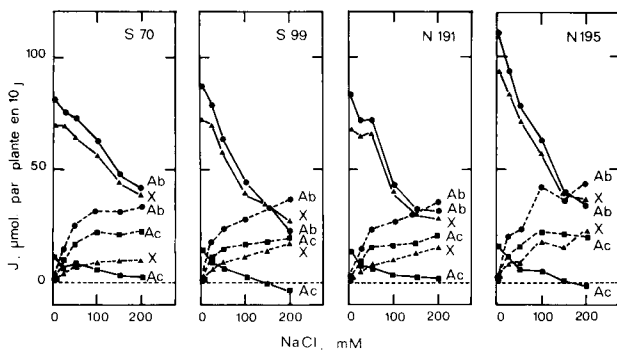


Figure 2

Effet de NaCl sur les transports nets de K^+ et Na^+ chez 4 variétés de triticales. Les courbes donnent les quantités transportées (J) en 10 j de culture en présence de NaCl aux concentrations indiquées. K^+ , trait plein, Na^+ , tiretés; Ab: absorption (prélèvement sur le milieu); Ac: accumulation dans la racine; X: transport dans les parties aériennes. Moyennes de 17 plantes traitées individuellement.

Effect of NaCl on K^+ and Na^+ net transports in four triticale varieties. The curves are the amounts (J) transported during 10 days by seedlings cultivated in the presence of NaCl at the indicated concentrations. Full lines: K^+ ; dashed lines: Na^+ ; Ab: accumulation in roots; X: transport into shoots. Means of 17 plants.

Par contre, le sodium absorbé est préférentiellement retenu dans les racines, surtout chez S70. Lorsque la concentration de NaCl croît dans le milieu, l'absorption et le transport de Na^+ dans les parties aériennes augmentent. Chez S70 toutefois, cette augmentation est strictement limitée: contrairement à ce qui se passe chez les autres variétés, les quantités de Na^+ prélevées par la plante, ainsi que les quantités transportées dans les parties aériennes, restent inchangées entre NaCl 100 mM et NaCl 200 mM.

C. Contenus ioniques

Après 10 jours de culture sur les différents milieux, la charge cationique globale des tissus ($C^+ = K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$, méq. g^{-1} MS) est sensiblement la même pour les racines et pour les parties aériennes. Elle est du même ordre de grandeur chez les 4 variétés, et peu sensible à la présence de NaCl, exception faite des racines de S99 (fig. 3). L'essentiel de la charge

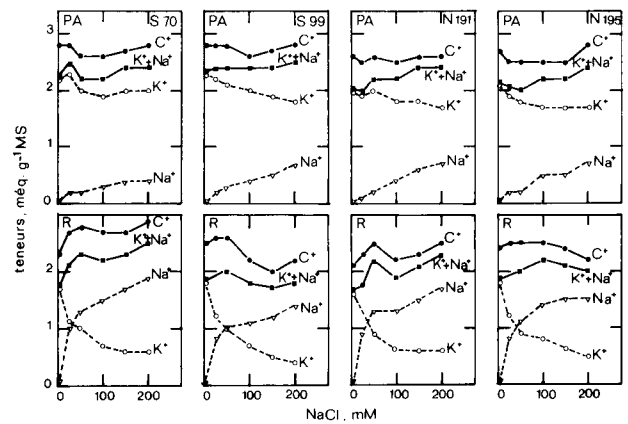


Figure 3

Effet de NaCl sur l'accumulation des cations par 4 variétés de triticales. Les courbes donnent les teneurs des tissus après 10 j de culture en présence de NaCl aux concentrations indiquées. PA: parties aériennes; R: racines. C^+ : somme des teneurs de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} . Moyennes de 17 plantes traitées individuellement.

Effect of NaCl on cation accumulation by 4 triticale varieties. The curves are the cation contents of the tissues of seedlings grown for 10 days in the presence of NaCl at the indicated concentrations. PA: shoots; R: roots. C^+ : sum of K^+ , Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} . Means of 17 plants.

cationique est dû à K^+ et Na^+ (au moins 75 %). La présence de NaCl dans le milieu entraîne un échange de K^+ contre Na^+ au niveau des racines (fig. 3). Aux plus fortes concentrations de NaCl, cet échange élimine 60 % à 80 % du K^+ des tissus. Ce phénomène est beaucoup plus atténué dans les parties aériennes, où les teneurs en Na^+ restent faibles, et les baisses des teneurs en K^+ n'excèdent pas 20 %. La variété S70 est celle qui maintient le mieux le niveau de K^+ dans les parties aériennes et présente la plus faible teneur de Na^+ dans ces organes.

Les niveaux d'accumulation de Cl^- et leurs augmentations en fonction de la salinité sont sensiblement les mêmes pour les 4 triticales, dans les racines et les parties aériennes (fig. 4). Du fait que les valeurs de C^+ , comme celles de Cl^- sont voisines entre racines et parties aériennes, l'accumulation des anions autres que

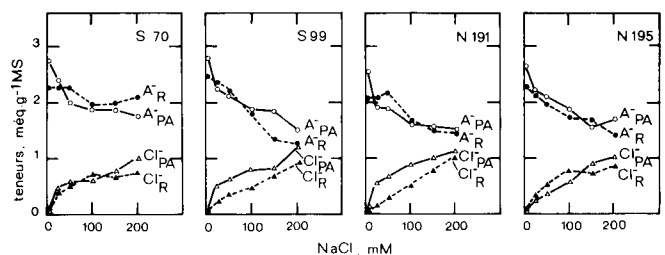


Figure 4

Effet de NaCl sur l'accumulation des anions par 4 variétés de triticales. Les courbes donnent les teneurs des tissus après 10 j de culture en présence de NaCl aux concentrations indiquées. PA: parties aériennes; R: racines; A^- : anions autres que Cl^- , calculés par différence entre la somme des cations et Cl^- .

Effect of NaCl on anion accumulation by 4 triticale varieties. The curves are the anion contents of the tissues of seedlings grown for 10 days in the presence of NaCl at the indicated concentrations. PA: shoots; R: roots; A^- : anions other than Cl^- , estimated by the difference between the sum of the main cations and Cl^- .

Cl^- ($A^- = C^+ - Cl^-$) est également à peu près la même dans les 2 types d'organes. Elle diminue en présence de NaCl, fortement chez S99 et N195, plus modérément chez N191 et S70, restant presque constante dans les racines de cette dernière variété.

IV. DISCUSSION

La comparaison des effets de NaCl sur la croissance pondérale des plantes est compliquée par le fait qu'elles présentent des productions de MS différentes sur milieu témoin (fig. 1). Pour éliminer cette difficulté, les plantes sont comparées sur la base de la croissance moyenne relative (CMR). Ce paramètre traduit l'activité moyenne de croissance de 1 g de biomasse pendant les 10 jours de traitement. Il est défini par : $CMR = (\text{augmentation de MS})/MS$ où MS est la moyenne des valeurs des MS initiales et finales. La figure 5 montre que la variété S70 est celle dont l'activité de croissance résiste le mieux à NaCl. Jusqu'à NaCl 100 mM, la CMR reste stable, ou même augmente (cas des racines). Chez les autres variétés, NaCl diminue la CMR des parties aériennes dès les plus faibles concentrations, et la stimulation racinaire n'atteint pas celle qu'on observe chez S70.

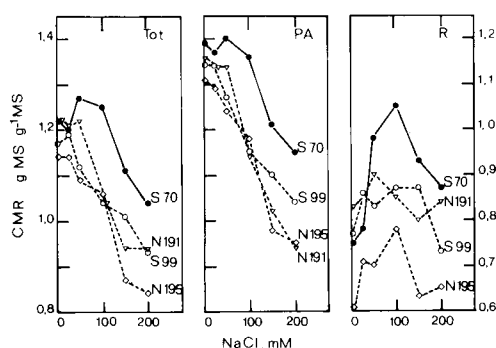


Figure 5

Effet de NaCl sur la croissance moyenne relative. La croissance moyenne relative (CMR) est déterminée à partir de la variation de la masse de matière sèche sur une période de 10 j de culture en présence de NaCl aux concentrations indiquées (cf. le texte). Tot : matière sèche totale ; PA : parties aériennes ; R : racines. Les variétés sont S70 (●), S99 (○), N191 (▽), et N195 (◇).

Effect of NaCl on mean relative growth. Seedlings grown for 10 days in the presence of NaCl at the indicated concentrations. Mean relative growth (CMR) determined from variation in the mass of dry matter. Tot : whole plants ; PA : shoots ; R : roots. Varieties : S70 (●), S99 (○), N191 (▽), et N195 (◇).

La stimulation de la croissance des racines par NaCl ou par une carence azotée a été décrite chez d'autres plantes (HAMZA, 1967 ; RUFTY *et al.*, 1984 ; DEVITT *et al.*, 1984). Ses causes ne sont pas comprises. Elle peut être due à des effets hormonaux ou à une modification de l'équilibre racines/feuilles dans la compétition pour les assimilats.

Les concentrations moyennes des ions dans les tissus peuvent être estimées en divisant les teneurs ioniques (fig. 3) par les teneurs en eau (tabl. 1). L'osmolarité des contenus tissulaires revenant aux ions est estimée

par la somme des concentrations moyennes de K^+ et Na^+ , multipliée par 2 pour tenir compte des anions accompagnateurs supposés monovalents. Ca^{2+} et Mg^{2+} ne sont pas pris en compte car ils sont mineurs dans la charge cationique des tissus et susceptibles d'être liés aux structures ou précipités. Dans les parties aériennes, on trouve que l'osmolarité ainsi calculée croît à peu près parallèlement à celle du milieu (entre 0 NaCl, et NaCl 200 mM), lui restant supérieure d'environ 400 mosM (non montré). Dans les racines par contre, l'excès d'osmolarité des tissus n'est que d'environ 200 mosM par rapport au milieu 0 NaCl, et elle ne croît que relativement peu avec la concentration de NaCl. Il en résulte qu'au-delà de NaCl 150 mM, l'accumulation de Na^+ et K^+ n'assure plus un écart suffisant entre le potentiel osmotique du milieu et celui des tissus, ce qui explique peut-être la déshydratation marquée des racines (tabl. 1). Quoiqu'il en soit, les 4 variétés se comportent de ce point de vue de la même façon. La meilleure tolérance de S70 à la salinité ne semble donc pas s'expliquer par une aptitude particulière à utiliser les ions du milieu pour l'ajustement osmotique.

La quantité de K^+ par g MS de feuilles reste relativement stable (fig. 3), bien que NaCl restreigne le prélèvement de ce cation sur le milieu et son transport dans les parties aériennes (fig. 2). Ceci suggère que la production de MS se fait en proportion de l'alimentation des feuilles en K^+ (CRAM, 1976), et donc que NaCl affecte la croissance en limitant l'approvisionnement de la plante en K^+ . Cet effet de NaCl a été démontré dans la racine du Laurier-rose (HAJJI, 1980). Le maintien d'une alimentation potassique correcte s'accompagne chez S70 d'une efficacité particulière à limiter les transports de Na^+ dans les parties aériennes sur un large domaine de concentrations de NaCl (fig. 2), ce qui conduit à une faible accumulation de ce cation dans les feuilles (fig. 3). JOHANSON & CHEESEMAN (1983), et JOHANSON *et al.* (1983) ont montré l'importance du mésocotyle dans la rétention de Na^+ et la limitation de son exportation vers les parties aériennes chez des plantules de maïs cultivées sur NaCl. L'exclusion de Na^+ des parties aériennes est caractéristique des espèces sensibles à NaCl (JACOBY, 1964 ; LAUHLI, 1984 ; WALKER, 1986).

Les données de la figure 2 (bilans des transports d'ions) sont utilisées sur la figure 6 pour calculer les coefficients de sélectivité $J_K/(J_K + J_{Na})$. La comparaison des graphes relatifs aux 4 plantes montre que S70 se distingue des 3 autres variétés par son aptitude à maintenir une sélectivité prononcée en faveur de K^+ et indépendante de la concentration de NaCl, particulièrement pour le transport dans les parties aériennes. Chez l'orge, cette sélectivité est décidée à l'entrée de la racine grâce à l'efficacité d'un système d'échange K^+/Na^+ sur le plasmalemma des cellules corticales (JESCHKE, 1983).

L'accumulation des anions A^- autres que Cl^- (fig. 4) diminue en présence de NaCl. Ces anions, non identifiés ici, représentent des acides organiques et des anions minéraux tels NO_3^- , SO_4^{2-} , et $H_2PO_4^-$. L'augmentation de l'accumulation de Cl^- , plus importante que celle de l'ensemble des cations (fig. 4), entraîne donc probablement en bilan une restriction de l'alimentation des feuilles en anions indispensables à leur

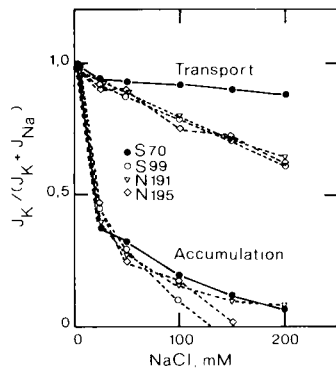


Figure 6

Effet de NaCl sur la sélectivité K^+/Na^+ des transports chez 4 variétés de triticales. Les coefficients de sélectivité de l'accumulation dans les racines et du transport dans les parties aériennes sont calculés à partir des données de la figure 2.

Effect of NaCl on the K^+/Na^+ selectivity of transport in 4 triticale varieties. Selectivity coefficients of ion accumulation in roots and ion transports into shoots calculated from the data of figure 2.

croissance (SLAMA, 1982). La figure 7 montre que la réduction de croissance des feuilles par NaCl est effectivement en relation linéaire avec la diminution de leur contenu en A^- .

En conclusion, les 4 variétés de triticales présentent aux stades jeunes différents degrés de résistance, S70 s'avérant la plus résistante. Le sel réduit la croissance de ces plantes probablement en restreignant leur alimentation en eau et en nutriments indispensables. La réponse des triticales à NaCl consiste alors à limiter l'exportation de Na^+ vers les parties aériennes, et à maintenir une très forte sélectivité en faveur de K^+ sur une large gamme de concentrations en NaCl. Il reste à vérifier que l'échelle de résistance à NaCl est la même

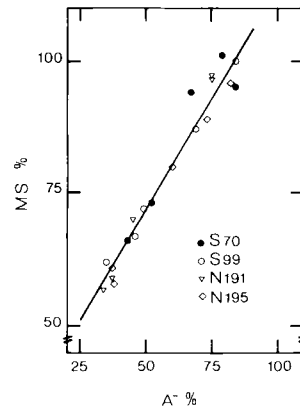


Figure 7

Relation entre la croissance des parties aériennes et leur nutrition anionique. Les 4 variétés de triticales sont cultivées pendant 10 j en présence de NaCl à 5 concentrations différentes (25 à 200 mM). La croissance est estimée par la matière sèche finale des parties aériennes (données de la figure 1). A^- représente la quantité d'anions autres que Cl^- dans les parties aériennes. Les deux quantités sont exprimées en p. 100 du témoin sans NaCl.

Relation between the growth of the shoots and their anion nutrition. Four triticale varieties grown for 10 days in the presence of NaCl at 5 different concentrations (25 to 200 mM). Growth estimated from the production of shoot dry matter (data of figure 1). A^- amount of anions other than Cl^- in the shoots. Growth and A^- expressed as % of the control without NaCl.

chez les plantules en milieu hydroponique et les plantes au champ. S'il en est ainsi, la mesure du coefficient de sélectivité K^+/Na^+ pour le transport dans les parties aériennes fournit un critère de sélection précoce entre les variétés pour la tolérance à NaCl.

Reçu le 28 janvier 1987.
Accepté le 4 octobre 1987.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cram W. J., 1976. The regulation of nutrient uptake by cells and roots. In : *Transport and Transfer Processes in Plants*. I. F. Wardlaw & J. A. Passioura eds., Academic Press, 113-124.
- Devitt D., Stolzy L. H., Jarrel W. M., 1984. Response of sorghum and wheat to different K^+/Na^+ ratios at varying osmotic potentials. *Agronomy J.*, 76, 681-688.
- Hajji M., 1980. La responsabilité de la racine dans la sensibilité du Laurier-rose au chlorure de sodium. *Physiol. Vég.*, 18, 505-515.
- Hamza M., 1967. Influence de diverses concentrations de chlorure de sodium dans le milieu sur la croissance de jeunes plantes de *Triticum sativum*. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 264, 2375-2378.
- Jacoby B., 1964. Function of bean roots and stems in sodium retention. *Plant Physiol.*, 39, 445-449.
- Jeschke W. D., 1983. Cation fluxes in excised and intact roots in relation to specific and varietal differences. *Plant Soil*, 72, 197-212.
- Johanson J. G., Cheeseman J. M., 1983. Uptake and distribution of sodium and potassium by corn seedlings. I. Role of the mesocotyl in sodium « exclusion ». *Plant Physiol.*, 73, 153-158.
- Johanson J. G., Cheeseman J. M., Enkoji C., 1983. Uptake and distribution of sodium and potassium by corn seedlings. II. Ion transport within the mesocotyl. *Plant Physiol.*, 73, 159-164.
- Läuchli A., 1984. Salt exclusion : an adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions. In : *Salinity tolerance in plants. Strategies for crop improvement*. R. C. Staples & G. H. Toenniessen, J. Wiley & Sons, 171-187.
- Maas E. V., Hoffman G. J., 1977. Crop salt tolerance current assessment. *ASCE J. Irrig. Drain. Div.*, 103, 115-134.
- Mashhady A. S., Sayed H. I., Heakal M. S., 1982. Effect of soil salinity and water stresses on growth and content of nitrogen, chloride, and phosphate of wheat and triticale. *Plant Soil*, 68, 207-216.
- Norlyn J. D., Epstein E., 1984. Variability in salt tolerance of four triticale lines at germination and emergence. *Crop Sci.*, 24, 1090-1092.
- Ruffy T. W. Jr, Raper C. D. Jr, Huber S. C., 1984. Alterations in internal partitioning of carbon in soybean plants in response to nitrogen stress. *Can. J. Bot.*, 62, 501-508.
- Slama F., 1982. *Effet du chlorure de sodium sur la croissance et la nutrition minérale : Etude comparative de 6 espèces cultivées*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Tunis, pp. 214.
- Touraine B., Ammar M., 1985. Etude comparée de la sensibilité au sel d'un triticales et d'une orge. *Agronomie*, 5, 391-395.
- Vermorel M., Bernard M., 1979. Intérêt agronomique et nutritionnel du triticales. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix. I.N.R.A.*, 36, 31-42.
- Walker R. R., 1986. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt-treated trifoliate orange (*Poncirus trifoliata*) and cleopatra mandarin (*Citrus reticulata*) plants. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13, 293-303.
- Wyn Jones R. G., Gorham J., McDonnell E., 1984. Organic and inorganic solute contents as selection criteria for salt tolerance in the Triticaea. In : *Salinity tolerance in plants. Strategies for crop improvement*. R. C. Staples & G. H. Toenniessen, J. Wiley & Sons, 189-203.