

## EFFETS DU pH DES EAUX D'IRRIGATION SUR LA CROISSANCE, LE STATUT HYDRIQUE ET L'ANATOMIE DE LA TOMATE *SOLANUM LYCOPERSICUM L.*

DEROUICHE Billel<sup>1\*</sup> et SNOUSSI Sid Ahmed<sup>1</sup>

1. Université de Blida 1 – Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie – Département des Biotechnologies – Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales, BP 270, route de Soumaa, Blida, Algérie

Reçu le 25/05/2017, Révisé le 15/06/2017, Accepté et mis en ligne le 30/06/2017

### Résumé

**Description du sujet:** L'utilisation des eaux souterraines en irrigation est limitée en raison de leur charge en sels. La modification de leurs propriétés physicochimiques et en particulier leur acidification pourrait constituer une alternative à leur valorisation.

**Objectifs:** Dans cette optique nous avons cultivé durant (126 jours) la tomate variété Saint Pierre en conditions semi contrôlées sur substrat solide irrigué avec des solutions de composition similaire à celle des eaux souterraines de deux stations de Gassi Touil différent par leur salinité (2.7 et 4.8 g.l<sup>-1</sup>) et pH(7,8) puis les transformer en solutions nutritives à pH=5,5.

**Méthodes:** Nous avons reconstitué deux types d'eaux salines naturelles ST1 et ST2 transformées en solutions nutritives, et étudié le comportement de l'espèce testée, tant sur le plan morphologique que physiologique.

**Résultats:** La croissance de la variété de tomate étudiée est plus affectée avec la concentration en sels. Le sel exerce un effet néfaste sur l'hydratation des plantes qui vont réaliser un ajustement osmotique et l'accumulation de la proline principalement dans les parties aériennes y contribue. Le sel induit des modifications anatomiques concernant principalement le xylème secondaire dont l'épaisseur et la taille des vaisseaux diminuent avec le degré de salinité. Toutefois et d'une manière générale l'ensemble ces modifications sont allégées par l'acidification des eaux d'irrigation.

**Conclusion:** A travers cette expérimentation, nous pouvons déduire que les eaux souterraines de Gassi Touil chargées en sels peuvent être valorisées pour leur utilisation en agriculture moyennant leur acidification.

**Mots clés:** Irrigation, salinité, pH, tomate, croissance, hydratation, anatomie.

## EFFECTS OF WATER IRRIGATION pH ON TOMATO *SOLANUM LYCOPERSICUM L.* GROWTH, WATER STATUS AND ANATOMY

### Abstract

**Description of the subject:** The use of underground water for irrigation purposes is limited by its high salt content. Modification of its physicochemical properties and in particular acidification might constitute an alternative to its valuation

**Objective:** We cultivated, during 126 days, tomato variety Saint Pierre in semi controlled conditions on solid substrate irrigated with solution of similar composition with that of underground water of two stations of Gassi Touil differing by their salt content (2.7; 4.8 g.L<sup>-1</sup>) at two pH (7,8) and modified into nutrient solution at pH 5,5.

**Methods:** We have reconstituted on the basis of total anions and cations as near as possible to the initial analysis, two types of natural saline water ST1 and ST2 transformed into nutrient solutions, and studied the behavior of the species tested, both on the morphological that physiological levels.

**Results:** Our result showed that the tomato growth (stem height and diameter) was more affected with the salt concentration. Salinity also reduced water content of plant that achieved an osmotic adjustment by accumulating proline mainly in the aerial parts. Anatomical modifications were observed mainly in secondary xylem whose thickness and vessels size were reduced according to salinity level. The salt induced negative effects on tomato plants were alleviated by the acidification of the irrigation water.

**Conclusion:** Thus, the salt-rich Gassi Touil groundwater might be valorized by its use in agriculture as suitable irrigation water by means of its acidification.

**Keywords:** irrigation; salinity; pH; tomato; growth; hydration; anatomy.

\* Auteur correspondant: DEROUICHE Billel : Université de Blida 1, B.P. 270, route de Soumaa, Blida 09000, Email: nabirlish@gmail.com

## INTRODUCTION

Le manque d'eau dans les régions arides représente un obstacle majeur limitant la production agricole. Environ 70 % de l'eau douce dans le monde est destinée à l'irrigation [1], 22 % sont représentées par les eaux souterraines. L'utilisation de ces dernières en agriculture se heurte à sa charge en sels dissouts provenant des roches sédimentaires et des sols [2], la salinité constituant ainsi le principal problème associé à l'irrigation en régions arides. En réalité, différents sels dissouts sont présents dans les eaux souterraines dont le sulfate de calcium, le chlorure de sodium ce qui permettait leur utilisation en hors sol moyennant une amélioration de leur propriétés physicochimiques. La qualité des eaux d'irrigation dépend aussi de son pH, les effets de la salinité étant plus marqués en pH élevé [3] en effet, une moindre disponibilité en éléments essentiels est observée en condition de pH élevé. Dans ce contexte, nous avons étudié les effets de l'irrigation de plants de tomate par des eaux similaires à celles de deux stations de Gassi Touil ST1 et ST2 présentant des charges différentes en sels respectivement 2.7 et 4.8 g.l<sup>-1</sup> et de pH 7,8. Dans le but d'une valorisation de ces eaux nous avons étudié l'effet de la correction du pH en acidifiant le milieu par l'ajout de HNO<sub>3</sub> sur la croissance, le statut hydrique et les modifications structurales associées.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Matériel végétal utilisé

Dates	Stade végétatif	La dose d'irrigation par plant	Fréquence
Du 12/12/2015 au 24/01/2016	Germination	20ml	3 Apports / jour
Du 25/01/2016 Au 14/02/2016	Début floraison	50ml	3 Apports / jour
Du 15/02/2016 Au 24/03/2016	Début nouaison	100ml	3 Apports / jour
Du 25/03/2016 Au 31/05/2016	Maturation et récolte	150ml	4 Apports / jour

Tableau 1 : Doses et fréquences d'irrigation appliquées selon le stade végétatif

### 5. Traitements

Les eaux d'irrigation utilisées sont similaires à celles de deux stations (ST1 et ST2) de la région de Gassi Touil située entre les latitudes 30<sup>0</sup> et 31<sup>0</sup> Nord et longitudes 6<sup>0</sup> et

L'espèce utilisée pour réaliser l'expérimentation est la tomate (*Solanum lycopersicum*L.), variété Saint-Pierre.

### 2. Lieu de l'expérimentation

Notre expérimentation a été réalisée en conditions semi contrôlées, dans une serre en polycarbonate dans la station expérimentale du département de biotechnologies de l'université de Blida 1.

### 3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet sans contrôle d'hétérogénéité, dans lequel l'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table de distribution des nombres de 1 à 10. L'ensemble du dispositif est composé d'un seul bloc à cinq (5) traitements, pour chaque traitement, nous avons (9) observations soit au total 45 unités expérimentales.

### 4. Cultures

Après germination des graines de tomate à l'étuve à 25°C, Le repiquage a été réalisé après une semaine sur substrat solide inerte gravier roulé de rivière 3-8 mm du diamètre irriguée solution nutritive standard. Les traitements ont été appliqués après 21 jours durant 126 jours. Le rythme d'irrigation a été effectué en tenant compte du stade de développement des plantes, et des conditions ambiantes de culture (Tableau 1).

7<sup>0</sup> Est dans le grand Erg oriental. En raison de la difficulté d'approvisionnement en ces eaux, nous avons procédé à leur reconstitution par ajout de sels avec l'eau de Blida. Le tableau suivant montre la composition des différents traitements (Tableau 2).

Tableau 2 : Composition des eaux d'irrigation en éléments minéraux.

	pH	CE	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>
ST1	7,8	4,29	0,55	0	0	13,05	16,75	16,05	9,10	8,42	0,5
ST1H	5,5	4,62	3,85	0	0	13,05	16,75	16,05	9,10	8,42	0,5
ST2	7,8	7,17	0,35	0	0	36,88	15,17	30,45	16,09	7,25	1,95
ST2H	5,5	7,5	3,65	0	0	36,88	15,17	30,45	16,09	7,25	1,95
Témoin	5,8	1,56	10,20	1,80	3,3	0,60	1,50	1,30	5,10	1,8	4,25

ST1 : eau de Gassi -Touil 1 à pH 7,8,ST1H : eau de Gassi -Touil 1 acidifiée par (HNO<sub>3</sub> 20%, à pH 5,5,

ST2 : eau de Gassi -Touil 2 à pH 7,8,ST2H : eau de Gassi -Touil 2 acidifiée par (HNO<sub>3</sub> 20%, à pH 5,5,Témoin : solution nutritive standard à pH 5,5

## 6. Paramètres étudiés

### 3.1. Croissance

Elle a été évaluée par la mesure tous les 7 jours durant 126 jours de la hauteur (cm) et du diamètre (mm) des tiges.

### 3.2. Etat hydrique des plants

- L'hydratation des plantes a été estimée par la teneur en eau des parties aériennes en % = PF-PS/ PSx100.

PF= poids frais, PS= poids sec déterminé après séjour de 48 heures à l'étuve à 80°C.

### 3.3. Teneur en proline

La teneur de la proline impliquée dans l'ajustement osmotique a été déterminée selon la méthode de [4].

### 3.4. Anatomie

Les coupes transversales de la tige et de la racine de plantes âgées de 126 jours ont été réalisées à main levée à 1cm au-dessus et en

dessous du collet et traitées selon les méthodes conventionnelles et colorées au carmin vert d'iode.

## RÉSULTATS

### 1. Effets de l'acidification des eaux d'irrigation sur la croissance de la tomate

#### 1.1. Croissance en longueur

Les plants de tomates cultivés durant 126 jours ont présenté une réduction de la hauteur de la tige plus marquée lors de l'irrigation par les eaux de ST2 que par celles de ST1 et était respectivement de 47 et 40 % par comparaison au témoin. Cette réduction de la croissance de la tomate serait la conséquence de la salinité des eaux d'irrigation qui est plus importante de ST2 que ST1 soit respectivement 4,8 et 2,7 g.L<sup>-1</sup>. Les eaux de Gassi Touil utilisées dans l'irrigation sont alcalines (pH 7,8) et leur acidification par ajout de HNO<sub>3</sub> (pH 5,5) a permis d'atténuer les effets néfastes du sel, en effet la réduction de la hauteur n'est plus que d'environ que de 17 et 24 % pour respectivement ST1 et ST2 (Fig. 1).

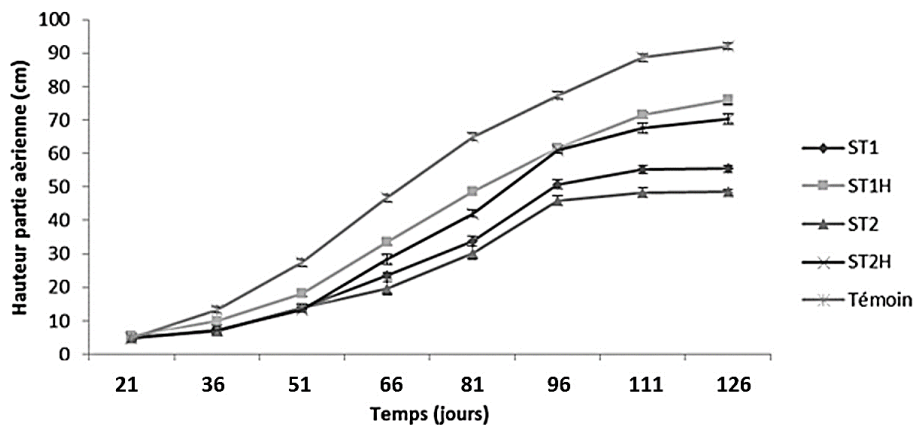


Figure 1 : Variations de la hauteur (cm) des plants.

### 1.2. Diamètre des plants

Les plants de tomate irrigués avec les eaux de ST1 ont présenté une meilleure croissance en épaisseur que ceux irrigués avec

celles de ST2 plus chargées en sels. L'acidification des eaux d'irrigation par  $\text{HNO}_3$  a permis une amélioration de la croissance en épaisseur de la tomate atténuant ainsi l'effet de la salinité (Fig. 2).

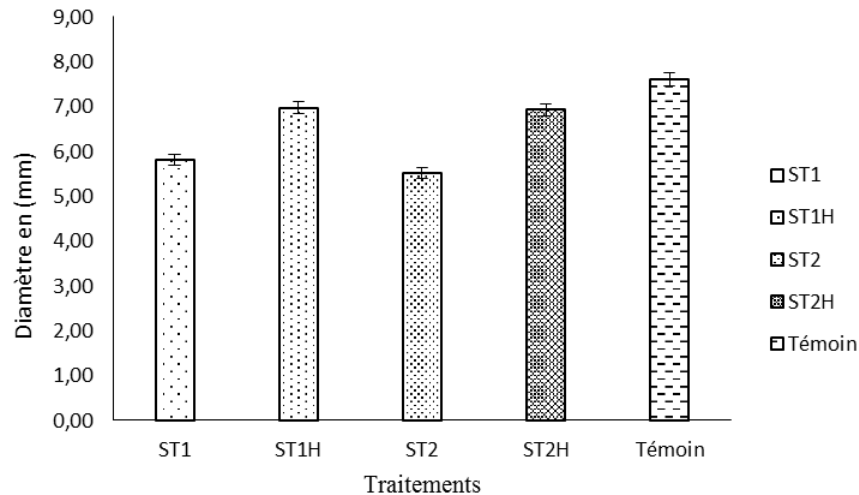


Figure 2 : Variations du diamètre (mm) de la tige des plants.

### 1.3. Rapport racine/ parties aériennes

Le rapport de la biomasse sèche des racines rapporté à celle des parties aériennes (R/PA) de la tomate est moins important lors

de l'irrigation avec les eaux de ST2 plus chargées en sel que celle réalisée avec celles de ST1 et il augmente légèrement suite à l'acidification des eaux d'irrigation aussi bien pour ST2 que ST1 (Fig. 3).

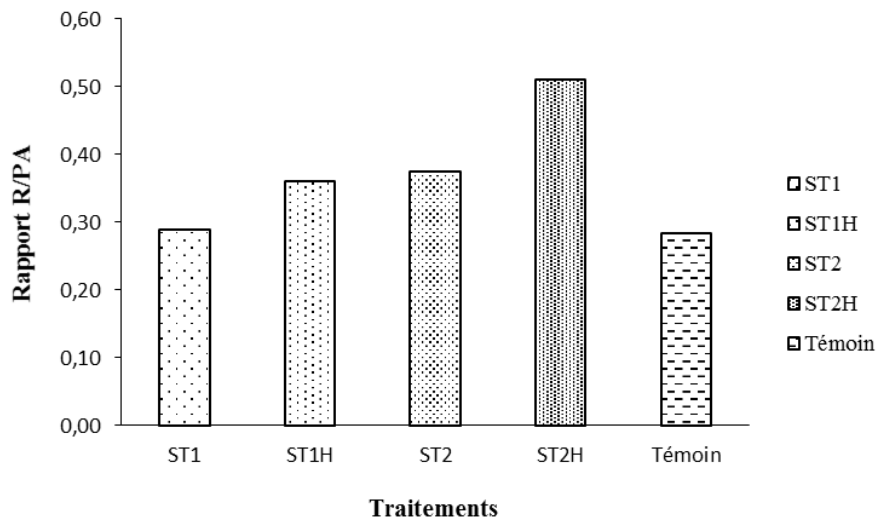


Figure 3 : Variations du rapport du poids sec des racines sur celui des parties aériennes des plants

## 2. Effets de l'acidification des eaux d'irrigation sur le statut hydrique de la tomate.

### 2.1. Teneur en eau des plants

Le sel qui diminue le potentiel hydrique autour des racines affecte l'approvisionnement en eau des plantes ce qui se traduit par une réduction de l'hydratation des parties aériennes de la tomate de façon plus marquée pour ST2 que ST1 (Fig. 4).

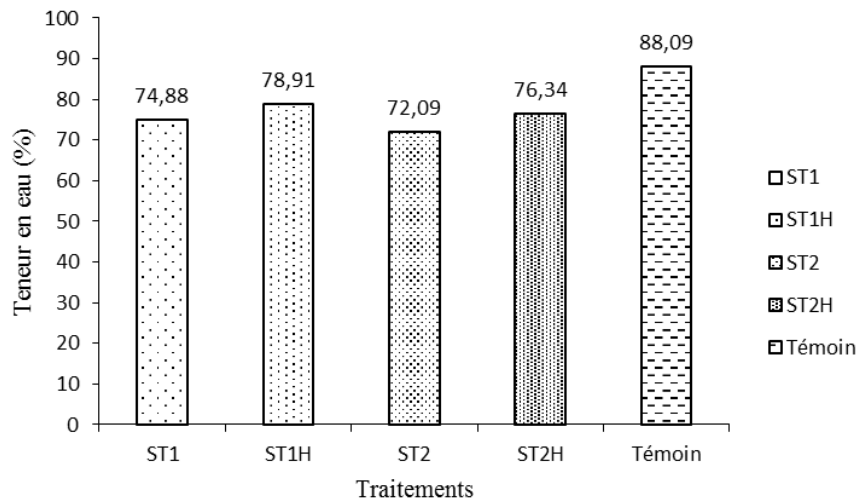


Figure 4 : Variations de la teneur en eau des parties aériennes des plants.

### 2.1. Teneur en proline

La salinité des eaux d'irrigations a induit un stress osmotique chez la tomate qui, pour maintenir son alimentation en eau a réalisé, un ajustement osmotique par une accumulation de la proline toujours plus importante dans les

parties aériennes que dans les racines toutefois plus marquée pour ST1 que ST2. L'acidification des eaux d'irrigation a induit une accumulation de cet osmoticum pour ST2H dont les eaux sont plus chargées en sel que pour ST1H (Fig. 5).

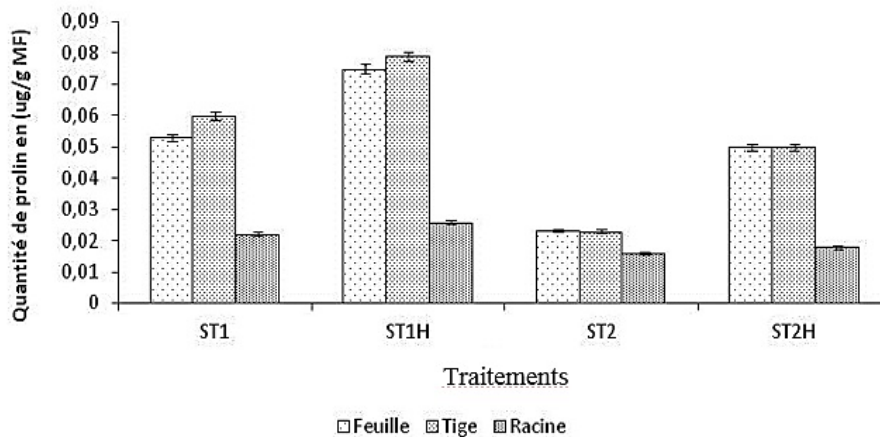


Figure 5: Variations de la teneur en proline ( $\mu\text{g/g MF}$ ) des différentes parties (feuilles, tige et racines) des plants.

### 3. Effets de l'acidification des eaux d'irrigation sur l'anatomie de la tomate

Les modifications morphologiques observées chez la variété de tomate étudiée en réponse à la salinité des eaux d'irrigation et de leur acidification sont accompagnées de modifications anatomiques. Les variations dans le diamètre de la tige sont principalement dues à celles des tissus vasculaires secondaires impliqués dans le transport de l'eau et des assimilats. La taille de la stèle, l'importance des tissus vasculaires par rapport au cortex, l'épaisseur du bois et du diamètre des

vaisseaux de xylème sont plus réduits en ST2 qu'en ST1 en réponse à la salinité. L'acidification des eaux d'irrigation a permis d'atténuer les effets néfastes du sel sur la structure de la tige et de la racine de la tomate. L'acidification a permis l'observation d'une racine plus jeune en effet le centre de la racine n'est pas envahi par le xylème secondaire (Fig. 6).



Figure 6 : Coupes transversales de tiges (droite) et racines (gauche) de plants de tomate

**B:** Bois (Xylème secondaire) ; **C:** Cortex ; **E:** Ecorce ; **L:** Liber (phloème) ; **M:** Moelle ; **S:** Stèle.

## DISCUSSION

La salinité des eaux d'irrigation affecte la croissance des glycophytes [5] telle la tomate dont la variété Saint Pierre apparait être moyennement tolérante à la salinité.

Cette action néfaste du sel sur la croissance en longueur de la tomate serait le résultat d'une réduction par le sel de la taille et des divisions cellulaires du méristème apical [6] comme conséquence de l'altération de la nutrition minérale de ses régions basales [7]. Le sel inhibe également la croissance en longueur des racines de la tomate en inhibant l'activité du méristème racinaire sous le contrôle de l'acide abscissique [11] en raison d'une diminution de production des cellules dont la taille diminue [12]. Toutefois, le stress hydrique induit par la salinité réduit plus la croissance des parties aériennes que celle des racines, induisant un remodelage de l'architecture de la plante [14] qui est corrélé à la tolérance au sel [13]. La variation de la croissance en épaisseur représente un paramètre essentiel dans la compréhension du statut hydrique et carboné de la plante [10].

La salinité influe sur l'activité cambium, méristème secondaire dont les divisions sont responsables du développement des tissus vasculaires [16]. La salinité des eaux d'irrigation a affecté chez la tomate, la différenciation du xylème secondaire [17] en diminuant la taille des vaisseaux de xylème [18] dans la racine et tige [19] expliquant en partie la réduction de l'hydratation qui est néanmoins maintenue puisque la plante accomplit son cycle de développement en partie grâce à l'accumulation de la proline pour son rôle essentiel en tant qu'osmoticum [15].

Les effets néfastes du sel sont plus importantes quand le pH est élevé [3] tel que celui des eaux de Gassi Touil en raison d'une moindre disponibilité des éléments minéraux indispensables pour la croissance [8]. La croissance des poils absorbants impliqués dans l'absorption des ions et de l'eau est arrêtée suite à une augmentation artificielle du pH du milieu externe alors que sa diminution favorise leur croissance en raison d'une modification des propriétés de leur paroi externe [9].

## CONCLUSION

L'irrigation avec les eaux de Gassi Touil a permis l'accomplissement du cycle de développement de la tomate (variété

Saint Pierre), toutefois une réduction de la croissance en hauteur et en épaisseur principalement due à la charge en sels est observée. L'effet néfaste du sel s'est en partie exercé sur l'hydratation des plantes qui, pour maintenir leur alimentation hydrique, ont réalisé un ajustement osmotique et l'accumulation de la proline principalement dans les parties aériennes y contribue. Le sel a affecté le transport des nutriments comme en atteste les modifications anatomiques observées et qui ont concerné principalement les tissus vasculaires et en particulier le xylème secondaire dont l'importance et la taille des vaisseaux diminue avec le degré de salinité. Ces effets néfastes du sel observés lors de l'irrigation avec des eaux de dont le pH était initialement de 7,8 ont été réduits suite à leur acidification (pH 5,5). Ainsi les eaux souterraines de Gassi Touil riches en sels peuvent être valorisées par leur utilisation en agriculture en hors sol en raison de leur richesse en éléments minéraux, les effets néfastes des sels pouvant être réduits par leur acidification. Une baisse du pH est favorable en conditions de salinité car elle diminuerait la toxicité du sodium en réduisant son accumulation dans les feuilles et favoriserait l'absorption du  $K^+$  en activant de canaux potassique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **FAO and ITPS. (2015).** Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [2]. **Prasanth S., Magesh N.S. (2012).** Evaluation of ground water quality and its suitability for drinking and agricultural use in the coastal stretch of Alappuzha District, Kerala, India, *Appl Water Sci* (2012) 2 :165-175
- [3]. **Li R., Shi F. & Fukuda K. (2010).** Interactive of salt and alkali stresses on seed germination, germination recovery, and seedling growth of a halophyte *Spartina alterniflora* (Poaceae). *South African Journal of Botany* 76 (2010) 380-387.
- [4]. **Monneveux P. & Nennar M. (1986).** Contribution à l'étude à la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6 (6), 583-590.



- [5].Munns R. & Tester M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 651-681.
- [6].Jbir N., Said A. & Ayadi A. (2003). Root cell characteristics of two species differing in their sensitivity of NaCl in response to salt stress. *J. Trace and Microbe Techniques*, 21: 707-712.
- [7].Lazof D. & Läuchli A. (1991). The nutritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization: An electron-probe microanalytic study. *Planta* Volume 184, Issue 3, pp 334–342.
- [8].Adams P., Graves C.J. & Winsor G.W. (1986). Some effects of micro nutrients and liming on the yield, quality and micronutrient status of lettuce grown in beds of peat. *J. Hort. Sci.* 61:515-521.
- [9].Monshausen G.B., Bbibikova T. N., Messerli M. A., Shi C., & Gilroy S. (2007). Oscillations in extracellular pH & reactive oxygen species modulate tip growth of *Arabidopsis* root hairs. Vol. 104, N° : 52.
- [10].De Swaef T., Steven M.D., Van Meulebroek L., Vanhaecke L., Marcelis L. F. M. & Steppe K. (2013). Understanding the effect of carbon status on stem diameter variations. *Annals of Botany* 111: 31-46.
- [11].Jia V., Wang Y., Zhang S. & Zhang J. (2002). Salt-stress-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 53, No. 378, pp. 2201-2206.
- [12].West G., Dirk I. & Gerrit T.S. Beemster (2004). Cell cycle modulation in the response of the primary root of *Arabidopsis* to salt stress, *Plant Physiologie*, Vol. 135, pp. 1050-1058.
- [13].Julkowska M., Huub C.J. Hoefsloot, Selena M., Feron R., de Boer G.-J., Haring M. A. & Testerink C. (2014). Capturing *Arabidopsis* root architecture dynamics with root-fit reveals diversity in response to salinity. *Plant Physiology*. Vol. 166, pp. 1387–1402.
- [14].Lemoine R., Sylvain L.C., Atanassova R., Dédaldéchamp F., Allario T., Pourtau N., Bonnemain J.-L., Laloi M., Coutos-Thévenot P., Maurousset L., Faucher M., Girousse C., Lemonnier P., Parrilla J. & Durand M. (2013). Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. *Front Plant Sci.* 4: 272.
- [15].Hayat S., Hayat Q., Alyemeni M. N., Wani A. S., Pichtel J. & Ahmad A. (2012). Role of proline under changing environments. *Plant Signal Behav.* 7(11): 1456–1466.
- [16].Chaffey N., Barlow P., & Sundberg B. (2002). Understanding the role of the cytotelom in wood formation in angiosperm trees: Hybrid aspen (*Populus tremula* x P.) as the model species. *Tree Physiol.* 22. 239-249.
- [17].Escalante-Pérez M., Lautner S., Nehls U., Selle A., Teuber M., Schnitzler J.-P., Teichmann T., Fayyaz P., Hartung W., Polle A., Fromm J., Hedrich R. & Ache P. (2009). Salt stress affects xylem differentiation of grey poplar (*Populus canescens*) *Planta* 229:299–309.
- [18].Parida A.K., Veerabathini S.K., Kumari A. & Agarwal P. K. (2016). Physiological, Anatomical and Metabolic Implications of Salt Tolerance in the Halophyte *Salvadora persica* under hydroponic Culture Condition. *Frontiers in Plant Science*, Volum 7, Article 351.
- [19].Vijayan K., Chakraborti S. P., Ercisli S. & Ghosh P. D. (2008). NaCl induced morpho-biochemical and anatomical changes in mulberry (*Morus spp.*). *Plant Growth Regul.* 56, 61–69.
- [20].Afshari, A., Ashraf, S., Ebadi A.G., Jalali S.; Abbaspour H., Daliri M. S. and Toudar S.R. (2011). Study of the effects irrigation water salinity and pH on production and relative absorption of some elements nutrient by the tomato plant. *American Journal of Applied Sciences* 8 (8): 766-772.