

Comportement physiologique du sparte (*Lygeum spartum* L.) en milieu salé

Bouزيد Nedjimi

Laboratoire d'Exploration et de Valorisation des Écosystèmes Steppiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Djelfa, Cité Aïn Chih, BP. 3117 Djelfa 17000, (Algérie).

Résumé

Le sparte (*Lygeum spartum* L.) est une plante d'une grande valeur écologique (contre la désertification) et économique (surtout dans l'industrie papetière). Il fait partie des espèces graminées vivaces des steppes salées algériennes. Son comportement physiologique vis-à-vis du NaCl (0, 50 et 100 mM) a été étudié au stade jeune en milieu hydroponique et en conditions contrôlées. Après deux semaines de traitement, seule la concentration de 100 mM NaCl réduit la croissance. L'ajustement osmotique chez cette espèce est associé à une importante accumulation de sodium (Na^+) et de chlore (Cl^-), alors que l'accumulation des sucres solubles ne contribue que partiellement à l'osmo-régulation. Cette espèce peut être employée pour le repeuplement des terres pastorales affectées par la salinité, en vue de leur réhabilitation.

Mots-clés: *Lygeum spartum* L., salinité, ions, ajustement osmotique, sucres solubles totaux.

Abstract

Lygeum spartum L. (Poaceae) is one of the most abundant perennial rhizomatous grasses found in Algerian steppes. In the aim to study its physiological behaviour in salt medium at early stage, experiments were carried out under hydroponic culture added with NaCl, 0, 50 and 100 mM. Two weeks after salt treatment, growth was decreased only by 100 mM NaCl. Osmotic adjustment was associated to high Na^+ and Cl^- accumulation, however soluble sugars contributed slightly to osmotic adjustment.

Key words: *Lygeum spartum* L., salinity, ions, osmotic adjustment, soluble sugars.

1. Introduction

En Algérie, on constate actuellement une dégradation graduelle de la flore graminéenne en particulier de l'alfa et du sparte, dans l'ensemble des écosystèmes naturels aride et semi-aride d'où la nécessité de la réintroduction des graminées pérennes pour la réhabilitation des parcours steppiques [1]. C'est dans ce contexte, que notre choix a porté sur *Lygeum spartum* L. graminée pérenne, importante sur le plan pastoral et industriel. L'ensemble des travaux réalisés sur cette espèce a montré que le sparte est généralement considéré comme une espèce moyennement tolérante au sel [2, 3]. Compte tenu de ces données, toute action de restauration de l'équilibre écologique des milieux dégradés doit être précédée par une meilleure connaissance des exigences éco-physiologiques du matériel à employer.

La salinité diminue la croissance des plantes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus [4]. Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu [5]. La compartimentation des ions entre les organes (partie aérienne/partie racinaire), les tissus (épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline [6]. Généralement, chez les plantes tolérantes à la salinité contrairement aux plantes sensibles ou glycophytes, le sodium (Na^+) est bien compartimenté dans la vacuole [7]. L'ajustement osmotique implique l'accumulation d'ions minéraux (Cl^- , Na^+) et/ou de solutés organiques comme la proline, la glycine-bétaïne, les sucres solubles et les acides organiques [8].

Chez de nombreuses espèces, graminées comprises, l'accumulation des sucres solubles est l'une des

manifestations des stress hydrique et salin [9,10]. *Lygeum spartum* (Poaceae) est une espèce spontanée, pérenne des régions méditerranéennes arides et semi-arides [3]. Dotée d'une biomasse aérienne et racinaire assez importante, elle constitue un outil efficace et relativement peu coûteux dans la lutte contre l'érosion et la désertification et dans la réhabilitation des terres dégradées [11]. Dans l'industrie, son intérêt réside dans l'utilisation de ses feuilles dans la fabrication de la pâte à papier [12]. Ces caractéristiques font de *L. spartum* une excellente espèce pour la réhabilitation des zones dégradées pastorales. Cependant, peu d'études ont porté jusqu'à présent sur l'évaluation de la tolérance de cette espèce à la salinité [2,13]. Dans ce contexte, une expérience a été entreprise avec des plantules *L. spartum* en condition hydroponique pour évaluer l'effet de différentes concentrations de NaCl sur la croissance, la nutrition minérale et l'accumulation des sucres totaux chez cette espèce, à un stade précoce de son développement.

2. Matériel & Méthodes

Les semences de *L. spartum* sont collectées de la région de Aïn Maâbed – Djelfa (Algérie) (2° 39' E longitude, 34° 35' N latitude et 934 m d'altitude). Les graines sont désinfectées pendant 20 min dans l'éthanol à 70 %, puis 10 min dans une solution d'hypochlorite de sodium à 8 %, rincées abondamment à l'eau distillée, puis mises à germer dans la vermiculite. La germination est réalisée à 28 °C dans un incubateur pendant 2 jours. Elles sont ensuite transférées dans une chambre de culture conditionnée dont la température et la photopériode sont contrôlées. La température est réglée à 25 °C ± 1° C, sous un éclairage de 400 µmol m⁻²s⁻¹ assuré par une série de tubes fluorescents. La photopériode est de 16 heures de lumière, et 8 heures d'obscurité. L'humidité relative est de 60 % (jour) et 80 % (nuit). Les plantes âgées de 7 jours sont ensuite placées dans des bacs de 15 litres contenant une solution nutritive continuellement aérée de Hoagland modifié [14], dont le pH est maintenu entre 5.5 et 6, et contenant : Ca(NO₃)₂ (2 mM), K₂HPO₄ (0.5 mM), MgSO₄ (0.5 mM), H₃BO₃ (25 µM), MnSO₄ (2 µM), ZnSO₄ (2 µM), CuSO₄ (0.5 µM), (NH₄)₆Mo₇O₂₄ (0.5 µM), Fe-EDDHA [Fe-ethylendiamino-di(o-hydroxyphenylacetic) acid] (20 µM). Chaque traitement a été répété cinq fois et chaque répétition comporte six plantes (30 plantes par traitement). La solution est remplacée chaque semaine. Après 13 jours de culture les plantes sont traitées avec 0, 50 et 100 mM NaCl. Ces concentrations sont proches des taux de salinité du sol au voisinage des touffes de sparte qui ont été échantillonnées pour la semence. La matière sèche, la concentration de sucres totaux solubles et la concentration en ions Na⁺ et Cl⁻ ont été mesurés dans les plantes après 15 jours de traitements, quand les plantes sont âgées de 35 jours.

La matière sèche (MS) a été déterminée après avoir séché les échantillons dans une étuve à 60 °C pendant 48 h. Le dosage des ions est réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique (Perkin Elmer Analyst 300) sur le produit d'une attaque nitro-perchlorique en présence de l'acide sulfurique (méthode tri-acide). Le chlore est dosé par un chromatographe type Dionex D-100 avec colonne type ionpac AS124-4 mm (10–32), le logiciel utilisé est le Chromeleon/Peaknet 6.40 chromatography software.

Le glucose, fructose et saccharose sont dosés par chromatographe type Dionex-D-600 avec colonne type CarboPac PA 10. Toutes les données ont été enregistrées et traitées en utilisant le logiciel Chromeleon/Peaknet 6.40 chromatography software. La quantification des sucres a été effectuée en comparant les zones pics à ceux des standards.

Le dispositif expérimental utilisé est le bloc aléatoire complet avec cinq répétitions pour chaque traitement. Les résultats sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA), avec le test de Tukey au seuil de 5 % pour identifier les groupes homogènes, en utilisant le logiciel SPSS 7.5.

3. Résultats

La production de matière sèche n'est pas affectée significativement par 50 mM NaCl (Figures 1 et 2). En présence 100 mM NaCl, la réduction de croissance par rapport au témoin est de l'ordre de 33% pour la partie aérienne et 28% pour la partie racinaire.

À 100 mM NaCl, l'examen de la répartition du Na⁺ et Cl⁻ accumulés à l'intérieur de la plante a montré que 65 % (77.69 mM) du Na⁺ et 60% (81.13 mM) du Cl⁻ incorporés par la plante se trouvent compartimentés au niveau de la partie aérienne (Figure 3).

L'examen de la Figure 4 montre que, dans les feuilles, le contenu en sucres solubles, diminue légèrement en présence du NaCl surtout pour le glucose et le fructose. En présence de 100 mM NaCl, on note une baisse de 18, 25 et 27% par rapport au témoin respectivement pour le glucose, fructose et le saccharose.

4. Discussion

Les recherches entreprises au cours de cette expérience visent à comprendre l'un des paramètres du mécanisme de tolérance intra-spécifique relatifs à la salinité perçue au niveau des macroéléments et des solutés organiques accumulés dans la biomasse d'une espèce graminée locale. Au-delà d'un certain seuil, chez toutes les espèces végétales, la salinité du milieu entraîne une réduction de la croissance. Néanmoins, le degré d'inhibition de la croissance dépend du genre, de l'espèce,

de la variété, du stade de développement, et de la nature et la concentration du sel appliqué [15].

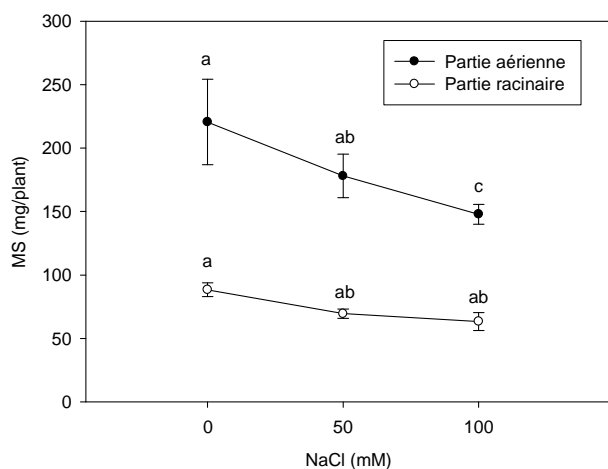


Fig. 1. Effets du NaCl sur la matière sèche (MS) des plantes de *L. spartum* cultivées en solution hydroponique. Les valeurs représentent la moyenne \pm SE ($n=5$). Les différentes lettres au-dessus des valeurs indiquent une différence significative à $P < 0.05$ selon le test de Tukey.



Fig. 2. Effets du NaCl sur la croissance des plantes de *L. spartum* après 35 jours de culture en solution hydroponique.

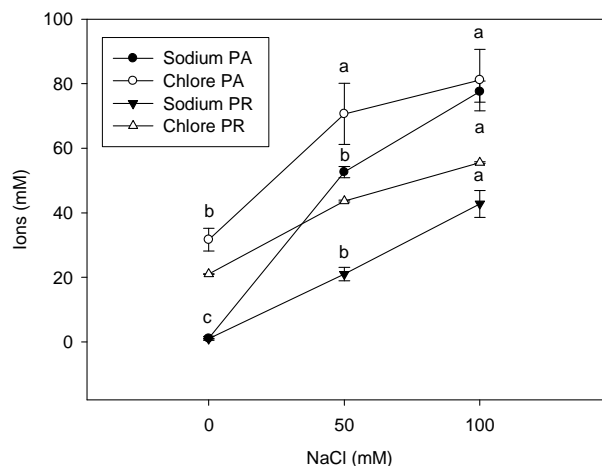


Fig. 3. Effets du NaCl sur les teneurs en sodium (Na^+) et en chlore (Cl^-) dans la partie aérienne (PA) et racinaire (PR) des plantes de *L. spartum* cultivées en solution hydroponique. Les valeurs représentent la moyenne \pm SE ($n=5$). Les différentes lettres au-dessus des valeurs indiquent une différence significative à $P < 0.05$ selon le test de Tukey.

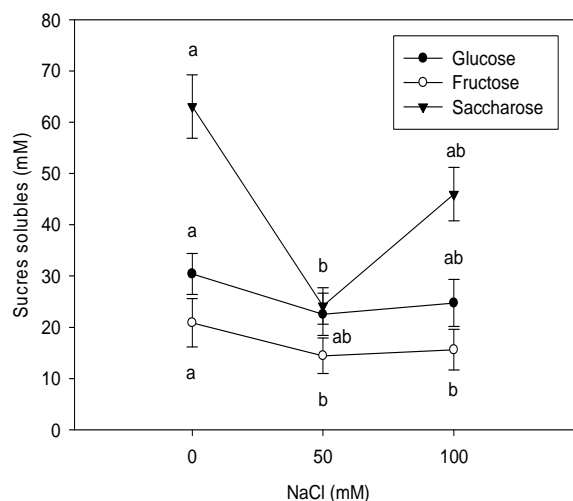


Fig. 4. Effets du NaCl sur la teneur en sucres solubles des plantes de *L. spartum* cultivées en solution hydroponique. Les valeurs représentent la moyenne \pm SE ($n=5$). Les différentes lettres au-dessus des valeurs indiquent une différence significative à $P < 0.05$ selon le test de Tukey.

À un stade précoce de son développement, le sparte se comporte comme une plante moyennement tolérante à la salinité, puisque sa croissance est affectée significativement au-delà de 50 mM NaCl. Des résultats similaires ont été signalés par Gulzar and Khan [16] en travaillant sur d'autres poacées *Aeluropus lagopoides* et *Sporobolus ioclados*. L'effet dépressif de la salinité sur la croissance des plantes peut avoir deux causes principales et

non exclusives relatives aux difficultés d'alimentation en eau et en nutriments, et à la toxicité des ions accumulés en excès dans la plante [7]. Nos résultats suggèrent que la réduction de la production de la matière sèche observée lors de l'addition de NaCl dans le milieu de culture serait imputable à l'action nocive du Na⁺ et du Cl⁻ accumulé dans les tissus.

Sur le plan nutritionnel, les résultats ont montré que l'espèce étudiée transporte des quantités non négligeables de Na⁺ et Cl⁻ vers la partie aérienne via les racines ce qui confirme son caractère *includers* [17]. Cet effet a été aussi bien rapporté chez le riz [18] et l'orge [19]. Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle les plantes tolérantes à la salinité utilisent les sels pour ajuster la pression osmotique de leurs cellules. Elles laissent donc monter les sels dans leurs parties aériennes pour les stocker au niveau des vacuoles où ils sont utilisés comme *osmoticums* [6]. Cependant, à certains seuils, cette accumulation du sel est accompagnée d'une inhibition de la production de la biomasse. Dans le cas du *L. spartum*, cette inhibition peut être la conséquence d'une carence en d'autres éléments nutritifs tels que le Ca²⁺ et le K⁺ indispensables au maintien de la structure cellulaire, aux processus photosynthétiques et à la régulation de la synthèse protéique [20].

Avec l'augmentation de la salinité dans le milieu, les halophytes ainsi que certains glycophytes réalisent l'ajustement osmotique en concentrant les sels dans leurs tissus, où ils sont utilisés comme *osmoticums*, mais les quantités qu'il est nécessaire d'accumuler deviennent rapidement toxiques, dès lors, une des stratégies d'adaptation consiste à synthétiser des *osmo-protecteurs* et à les accumuler dans le cytoplasme afin de contrebalancer l'effet d'accumulation des ions dans la vacuole [6]. Chez *L. spartum* l'accumulation des sucres solubles a montré une diminution de ces composés avec l'augmentation de la salinité dans le milieu, suggérant que ces *osmoticums* ne participent que partiellement à l'équilibre osmotique de la plante. D'autres substances, comme la glycine bêtaïne, la proline pourraient contribuer à cet ajustement [2].

Les essais menés au cours de cette expérimentation montrent que le sparte (*L. spartum*) est caractérisé par sa tolérance vis-à-vis du NaCl. Sa culture pourrait être donc envisagée dans des zones peu salées improductives fournissant ainsi une source fourragère non négligeable et susceptible aussi de limiter la désertification dans ces zones caractérisées par une grande fragilité écologique.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

(Projet PNR n°. 1/U7/7606). Nous remercions vivement les experts anonymes pour leurs commentaires constructifs.

References

- [1] H. Kadi-Hanifi, 2003. Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Sécheresse*, 14(3), 169–179.
- [2] B. Nedjimi, 2009. Salt tolerance strategies of *Lygeum spartum* L.: A new fodder crop for Algerian saline steppes. *Flora*, 204, 747–754.
- [3] B. Nedjimi, C. Daoud, M. Carvajal, M.C. Martínez-Ballesta, 2010. Improvement of the adaptation of *Lygeum spartum* L. to salinity under the presence of calcium. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 41(19), 2301–2317.
- [4] I. Türkan, T. Demiral, 2009. Recent developments in understanding salinity tolerance. *Environ. Exp. Bot.* 67, 2–9.
- [5] M.C. Martínez-Ballesta, C. Silva, C. Lopez-Berenguer, F.J. Cabañero, M. Carvajal, 2006. Plant aquaporins: new perspectives on water and nutrient uptake in saline environment. *Plant Biol.*, 8, 535–546.
- [6] A.K. Parida, A.B. Das, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotox. Environ. Saf.*, 60, 324–349.
- [7] M. Tester, R. Davenport, 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.*, 91, 503–527.
- [8] M. Ashraf, P.J.C. Harris, 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166, 3–16.
- [9] R.S. Dubey, A.K. Singh, 1999. Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugars metabolising enzymes in rice plants. *Biol. Plant.* 42 (2), 233–239.
- [10] G. Karimi, M. Ghorbanli, H. Heidari, R.A. Khavari Nejad, M.H. Assareh, 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biol. Plant.* 49(2), 301–304.
- [11] F.I. Pugnaire, P. Haase, 1996. Comparative physiology and growth of two perennial tussock grass species in a semi-arid environment. *Ann. Bot.* 77, 81–86.
- [12] A. Djabeur, M. Kaid-Harche, D. Khelifi, 2008. Proteins polymorphism of some populations of *Lygeum spartum* L. in Algeria. *Amer. J. Agric. Biol. Sci.* 3 (1), 337–341.
- [13] B. Nedjimi, 2011. Is salinity tolerance related to osmolytes accumulation in *Lygeum spartum* L. seedlings? *J. Saudi Soc. Agri. Sci.* 10, 81–87.
- [14] D.R. Hoagland, D.I. Arnon, 1938. The water culture method for growing plants without soil. *California Agri. Exp. Stat. Circular*, 347, 1–39.
- [15] M. Djanaguiraman, J.A. Sheeba, A.K. Shanker, D.D. Devi, U. Bangarusamy, 2006. Rice can acclimate to lethal level of salinity by pre-treatment with sublethal level of salinity through osmotic adjustment. *Plant Soil* 284: 363–373.
- [16] S. Gulzar, M.A. Khan, 2006. Comparative salt tolerance of perennial grasses. In: M.A. Khan, D.J. Weber (Eds.) *Eco-physiology of high salinity tolerant plants*. Dordrecht, the Netherlands: Springer. p. 239–253.
- [17] A. Levigneron, F. Lopez, G. Vansuyt, P. Berthomieu, P. Fourcroy, F. Casse-delbart, 1995. Les plantes faces au stress salin. *Cahiers Agri.*, 4, 263–273.
- [18] S. Alam, S.M. Imamul Huq, S. Kawai, A. Islam, 2002. Effects of applying calcium salts to coastal saline soils on growth and mineral nutrition of rice varieties. *J. Plant Nutr.* 25, 561–576.
- [19] S. Shabala, L. Shabala, E.V. Volkenburgh, I. Newman, 2005. Effect of divalent cations on ion fluxes and leaf photochemistry in salinized barley leaves. *J. Exp. Bot.* 56(415), 1369–1378.
- [20] Heller R., Esnault R., Lance C. (1998) *Physiologie végétale*. I. *Nutrition*. Ed. Dunod, 323p.