

Article de synthèse

Reçu: 19 Mai 2021/Accepté: 22 Décembre 2021

Note sur le *Medicago arborea* sous stress salin

H. Tarek

Institut National de la Recherche Forestière- (INRF) B. P. 37 Chéraga, Alger, Algérie

*Auteur correspondant : Tarek.h2021@yahoo.com

ملخص

يقلل تراكم الملح في التربة من خصوبتها بشكل كبير. لوحظت هذه المشكلة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وخاصة في المحاصيل المرورية. استخدام الري في هذه المناطق أمر ضروري. في الواقع ، توازن هطول الأمطار منخفض مقارنة بالتبخير. *Medicago arborea* ، أحد أنواع الغابات ذات الأهمية العلفية ، لديه القدرة على النمو في التربة الفقيرة بالنيتروجين بفضل خصوبته لتثبيت النيتروجين في الغلاف الجوي عن طريق العقيدات الجذرية (التفاعل التكافلي مع جذور التربة). لذلك يمكن استخدام هذه البقوليات لزيادة خصوبة التربة المالحة. ومع ذلك، فإن إجهاد الملح يقلل من النمو من خلال التأثير على التعايش. تستعرض هذه المذكرة استجابات *M. arborea* لإجهاد الملح وإمكانيات علاجه.
الكلمات المفتاحية: تثبيت النيتروجين ، الشجر الميديكاغو ، الملوحة ، الإجهاد.

Abstract

The accumulation of salt in soils considerably reduces their fertility. This problem is observed in arid and semi-arid areas, particularly in irrigated crops. The use of irrigation in these areas is essential. Indeed, the precipitation balance is low compared to evapotranspiration. *Medicago arborea*, a forest species of fodder interest, has the ability to grow on soils poor in nitrogen thanks to its particularity to fix atmospheric nitrogen via root nodules (symbiotic interaction with soil rhizobia). This legume can therefore be used to increase the fertility of saline soils. However, salt stress reduces growth by affecting the symbiosis. This note reviews *M. arborea*'s responses to salt stress and the possibilities for remediation.

Keywords: Nitrogen fixation, *Medicago arborea*, Salinity, Stress.

Résumé

L'accumulation de sel dans les sols réduit considérablement leur fertilité. Ce problème est observé dans les zones arides et semi-arides notamment au niveau des cultures irriguées. Le recours à l'irrigation dans ces zones est primordial. En effet, le bilan des précipitations est faible par rapport à l'évapotranspiration. *Medicago arborea*, espèce forestière d'intérêt fourrager, a la capacité à pousser sur des sols pauvres en azote grâce à sa particularité à fixer l'azote atmosphérique via les nodules racinaires (interaction symbiotique avec les rhizobiums du sol). Cette légumineuse peut donc être utilisée pour augmenter la fertilité des sols salins. Cependant, le stress salin réduit la croissance en affectant la symbiose. Cette note passe en revue les réponses de *M. arborea* au stress salin et les possibilités de remédiation.

Mots-clés : Fixation de l'azote, *Medicago arborea*, Salinité, Stress.

1. Introduction

Le stress salin est une préoccupation agricole majeure qui inhibe non seulement la croissance des plantes (Sairam & Tyagi, 2004 ; Läuchli & Grattan , 2007), mais également l'association symbiotique entre les racines des légumineuses et les bactéries du sol rhizobia (Chaker-Haddadj, 2015 ; Negrão et al. 2017; Chakraborty et al. 2021). Dans le monde, plus de 45 millions d'hectares de terres irriguées ont été endommagés par le sel et 1,5 million d'hectares sont retirés de la production chaque année en raison des niveaux élevés de salinité du sol (Munns & Tester, 2008 ; Carillo et al. 2011). En Algérie, cette contrainte caractérise les sols arides et semi-arides et les sols des cultures irrigués (Nedjimi et al. 2014 ; Aissat et al. 2019).

Medicago arborea est une légumineuse fourragère largement cultivée dans différents environnements. Elle est considérée comme une espèce tolérante au stress et pourrait être utilisée à des fins de re végétalisation dans des conditions semi-arides (Valdenegro et al. 2001 ; Nedjimi et al. 2014 ; Aissat et al. 2019). La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par cette légumineuse serait une alternative intéressante pour l'amélioration de la fertilité des sols salins (Nedjimi et al. 2014 ; Aissat et al. 2019).

Cet article est une note de synthèse de l'impact du stress salin sur *M. arborea* et les possibilités d'amélioration de sa réponse.

2. Salinité des sols

la salinité est caractérisé par un excès de sels inorganiques et est courant dans les terres arides et semi-arides où il s'est formé naturellement dans les conditions climatiques dominantes et en raison de taux d'évapotranspiration plus élevés et du manque d'eau de lessivage (Jouyban et al. 2012), c'est ce qu'on appelle la salinité primaire. Par contre, la salinité secondaire résulte des activités humaines généralement en raison de l'utilisation d'eau saumâtre pour l'irrigation (Carillo et al. 2011).

La salinité du sol est mesurée par sa conductivité électrique (ECe). Un sol salin présente une ECe ≥ 4 dSm⁻¹, cette valeur n'est pas le seuil à partir du-

quel on observe les effets négatifs de la salinité sur les plantes car il peut varier selon le type de plante et les conditions climatiques (Maas, 1986).

Le sol salin induit des perturbations physiologiques et métaboliques chez les plantes, affectant le développement, la croissance, le rendement et la qualité des plantes (Jouyban et al. 2012).

3. *Medicago arborea*

M. arborea L. (Figure 1) est un arbuste fourrager légumineux méditerranéen (Villax 1963 ; Otal et al. 1991) considéré comme une espèce prometteuse dans les terres arides et semi-arides où il est largement utilisé pour fournir du fourrage et pourrait jouer un rôle important dans l'élaboration d'un système pastoral durable (Nedjimi et al. 2014 ; Aissat et al. 2019 ; Tani et al. 2019). Elle s'accommode des sécheresses périodiques et elle s'adapte à tous les types de sols qui ne sont pas trop humides (Lapeyronie, 1982; Guerrouj et al. 2015).

La symbiose *M. arborea*-rhizobium joue un rôle important dans la fixation de l'azote atmosphérique pour la production de graines et de fourrage riches en protéines. Cette symbiose est efficace et offre de nombreux avantages si elles étaient utilisées largement dans les rotations des cultures car elle améliore la fertilité des sols salins (Crespi et Galvez, 2000). De plus, *M. arborea* se comporte bien sous stress salin (Tani et al. 2018).

4. Germination des graines du *M. arborea* sous stress salin

Pour déterminer les effets de la salinité et de la température sur la germination de *M. arborea*, des tests de germination dans des conditions contrôlées ont été réalisés par Nedjimi et al. (2014). Les résultats montrent que les graines germent à des concentrations élevées de sel (150 mM NaCl). La température optimale de germination sous stress salin correspond à 15–25°C, tandis que les températures basses et élevées ont considérablement inhibé la germination des graines quelque soit la



Figure 1. *Medicago arborea*, vue d'ensemble de l'arbuste (A) et (B), feuilles de *M. arborea* (pourvues de 2 stipules linéaires aiguës sont composées de 3 folioles) (C), gousses de *M. arborea* (aplaties et contournées en spirales)(D).

concentration du NaCl (Nedjimi et al. 2014).

Les graines de *M. arborea* récoltées à Djelfa sont semées dans des pots sous serre et soumis au stress salin (0 - 50 - 100 - 150 et 200 meq^l⁻¹ de NaCl + CaCl₂). Les effets du stress sont observés par Aissat et al. (2019) sur la biomasse fraîche et sèche des plantules, la teneur en eau relative, la teneur en chlorophylle et caroténoïdes, la proline et les sucres solubles. Les résultats montrent que le stress salin affecte la croissance des semis. Les quantités de proline et de sucres solubles totaux, principaux osmolytes augmentent de manière significative en fonction de l'intensité du stress salin et hydrique (Aissat et al. 2019).

5. Croissance de *M. arborea* sous stress salin

Le stress salin inhibe l'élongation cellulaire retardant ainsi sa croissance (Nieman, 1965). La biomasse sèche de la tige chez *M. arborea* et *M. citrina* diminue avec l'augmentation de la concentration en NaCl. Cependant, la biomasse sèche des racines n'a été affectée qu'avec les concentrations les plus élevées de NaCl (Sibole et al. 2003 b). On observe une diminution de 42% et 33% de la biomasse sèche des tiges et des racines, respectivement, avec la salinisation chez *M. arborea* (Sibole et al. 2005).

La croissance foliaire chez les plantes *M. arborea* sous stress salin a été particulièrement affectée par la salinité. Cette espèce absorbe plus de Na⁺ et Cl⁻ comparé à *M. citrina* (Sibole et al. 2003 a). Ces deux espèces présentaient des concentrations élevées en Na⁺ dans les pousses avec une distribution différente. En effet, le Na⁺ était concentré dans les limbes des feuilles chez *M. arborea* alors qu'il s'accumulait plus dans les pétioles chez *M. citrina* (Sibole et al. 2003 b).

M. arborea a été cultivé sous stress salin (0 à 300 mM de NaCl) durant 120 jours. Le but était d'étudier l'effet de la salinité sur l'anatomie des racines, des tiges et des feuilles, la relation hydrique et la croissance des plantes en serre. La salinité a induit des changements anatomiques dans les racines, les tiges et les feuilles. À des salinités plus élevées, les structures des racines et des tiges étaient significativement modifiées et leurs pourcentages de réduction chez *M. arborea* étaient fortement modifiés à mesure que la salinité augmentait. Le NaCl (100–300 mM) a réduit la teneur en eau des feuilles de 21,2–56,2% et la surface foliaire spécifique de 51–88,1%. Une distance plus longue entre le faisceau vasculaire foliaire, une taille réduite et un nombre accru de vaisseaux du xylème, en particulier dans la tige que dans le système vasculaire racinaire, ont été mis en évidence chez les plantes traitées de *M. arborea* (Boughalleb et al. 2009).

Dans le but d'étudier l'effet de l'irrigation à l'eau saline (0 à 16 dS/m) sur la performance du *M. arborea* cultivées dans trois types de sol : (1) argileux, (2) limoneux-sableux et (3) limoneux-argileux-sableux. *M. arborea* a produit une biomasse plus élevée dans la texture argileuse par rapport aux deux autres quelque soit le traitement d'irrigation. La conductance stomatique était significativement réduite (jusqu'à 70%) par la salinité. L'effet osmotique et la toxicité ionique spécifique ont eu un impact sur les performances physiologiques de *M. arborea* (Panta et al. 2016).

6. Nodulation de *M. arborera* sous stress salin

L'efficacité de la symbiose plante-rhizobium dépend du génotype de la plante, de la souche bactérienne et des conditions environnementales. Le stress salin inhibe la croissance des poils des racines et diminue leur nombre et par conséquent la

quantité d'azote fixée par unité de poids des nodules est limitée. C'est ainsi que le rendement des légumineuses est diminué dans les sols salins (Hafeez et al. 1988). La salinité affecte la survie, la croissance, la nodulation et la fixation de l'azote et la symbiose légumineuses-Rhizobium (Rai, 1992). Le NaCl inhibe l'activité de la nitrogénase, la conséquence est une diminution significative de la perméabilité des nodules à la diffusion de l'oxygène (Serraj, 2002). Dans ces conditions de stress, les nodules subissent une osmorégulation en accumulant des solutés physiologiquement compatibles comme la proline, les sucres (pinnitol) et l'acide lactique (Swaraj et Bishnoi, 1999).

M. arborea a un potentiel remarquable de tolérance à la salinité, impliquant une gamme de stratégies physiologiques pour faire face au stress en régulant l'activité du métabolisme et en maintenant la turgescence cellulaire (Aissat et al. 2019).

7. Conclusion et perspectives

L'inoculation de *Vigna unguiculata* (espèce fourragère) avec des souches rhizobiales à croissance lente et rapide a permis d'améliorer la tolérance de *V. unguiculata* au stress salin. Une meilleure réponse a été observée pour les souches à croissance lente par rapport aux souches à croissance rapide. Les meilleurs rendements fourragers, en grains et en nombre de nodules ont été obtenus chez les plantes inoculées simultanément avec les souches à croissance rapide et à croissance lente (Abed, 2011). *M. arborea* a la capacité de former une association avec des champignons mycorrhiziens arbusculaires (AM) et des bactéries rhizobiennes, qui peuvent être maximisées par des microorganismes produisant certains métabolites stimulants agissant comme des rhizobactéries stimulant la croissance des plantes (PGPR). L'effet améliorant du PGPR sur la croissance du *M. arborea* sous stress salin n'a été observé qu'avec la co-inoculation d'endophytes AM spécifiques (Valdenegro et al. 2001).

L'amélioration de la productivité dans des conditions de stress salin passe par une meilleure compréhension des mécanismes de résistance au stress dont la synthèse d'osmoprotecteurs et d'antioxydants pour contrôler les dommages cellulaires. L'efficacité de l'interaction *M. arborea*-microorganisme et son adaptation aux contraintes

abiotiques par la recherche des meilleures associations *M. arborea*-microorganismes est une voie intéressante qui devrait impliquer un travail pluridisciplinaire entre agronomes, bactériologistes et phytogénéticiens.

Références

- Abed, N.E.H. (2011). Effet de l'inoculation sur la croissance et le rendement de *Vigna unguiculata* L. walpers sous contrainte saline. Thèse de magister en biotechnologie. Faculté des sciences – Univ. D'oran es-senia, 137 p.
- Aissat, A., Mehdadi, Z., Leogrande, R., & Stellacci, A. M. (2019). Characterization of *Medicago arborea* L. Response to Water and Salt Stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 15(4).
- Boughalleb, F., Denden, M., & Tiba, B. B. (2009). Anatomical changes induced by increasing NaCl salinity in three fodder shrubs, *Nitraria retusa*, *Atriplex halimus* and *Medicago arborea*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(5), 947-960.
- Carillo, P., Annunziata, M. G., Pontecorvo, G., Fuggi, A., & Woodrow, P. (2011). Salinity stress and salt tolerance. *Abiotic stress in plants-mechanisms and adaptations*, 1, 21-38.
- Chaker-Haddadj, A. (2015). Evaluation de la tolérance à la contrainte saline chez quelques variétés de féverole (*Vicia faba* L. minor) cultivées en Algérie (Doctoral dissertation).
- Chakraborty, S., Driscoll, H. E., Abrahante, J. E., Zhang, F., Fisher, R. F., & Harris, J. M. (2021). Salt stress enhances early symbiotic gene expression in *Medicago truncatula* and induces a stress-specific set of rhizobium-responsive genes. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 34(8), 904-921.
- Crespi, M., & Gálvez, S. (2000). Molecular mechanisms in root nodule development. *Journal of plant growth regulation*, 19(2), 155-166.
- Guerrouj, K., Bouterfas, M., Abdelmoumen, H., Boukroute, A., & Elidrissi, M. M. (2015). Prétraitement des graines de la luzerne arborescente (*Medicago arborea* L.) et influence de la salinité et de la température sur leurs germinations. *Nature & Technology*, (13), 41.
- Hafeez, F. Y., Aslam, Z., & Malik, K. A. (1988). Effect of salinity and inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake of *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Plant and Soil*, 106(1), 3-8.
- Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(1), 7-10.
- Lapeyronie, A. (1982). Les productions fourragères méditerranéennes. G.-P. Maisonneuve et Larose.
- Läuchli, A., & Grattan, S. R. (2007). Plant growth and development under salinity stress. In *Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops* (pp. 1-32). Springer, Dordrecht.
- Maas, E. V. (1986). Salt tolerance of plants. *Apple Agric. Res.* 1, 12-26.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Nedjimi, B., Mohammedi, N., & Belkheiri, S. (2014). Germination responses of medic tree (*Medicago arborea*) seeds to salinity and temperature. *Agricultural Research*, 3(4), 308-312.
- Negrão, S., Schmöckel, S. M., et Tester, M. (2017). Évaluation des réponses physiologiques des plantes au stress de salinité. *Annales de botanique*, 119 (1), 1-11.
- Nieman, R. H. (1965). Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. *Plant Physiology*, 40(1), 156.
- Otal, J., Correal, E., & Belmonte, C. (1991). Variaciones estacionales de la palatabilidad y consumo por el ganado ovino de diversos arbustos forrajeros preseleccionados en el SE español. *Pastoralismo en zonas áridas mediterráneas*, 353-357.
- Panta, S., Flowers, T., Doyle, R., Lane, P., Haros, G., & Shabala, S. (2016). Growth responses of *Atriplex lentiformis* and *Medicago arborea* in three soil types treated with saline water irrigation. *Environmental and Experimental Botany*, 128, 39-50.
- Rai, R. (1992). Effect of nitrogen levels and *Rhizobium* strains on symbiotic N₂ fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. genotypes in normal and saline-sodic soils. *Biology and fertility of soils*, 14(4), 293-299.
- Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current science*, 407-421.
- Serraj, R. (2002). Response of symbiotic nitrogen fixation to drought and salinity stresses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 8, 77-86.
- Sibole, J. V., Cabot, C., Michalke, W., Poschenrieder, C., & Barceló, J. (2005). Relationship between expression of the PM H⁺-ATPase, growth and ion partitioning in the leaves of salt-treated *Medicago* species. *Planta*, 221(4), 557-566.
- Sibole, J. V., Cabot, C., Poschenrieder, C., & Barceló, J. (2003 a). Efficient leaf ion partitioning, an overriding condition for abscisic acid-controlled stomatal and leaf growth responses to NaCl salinization in two legumes. *Journal of Experimental Botany*, 54(390), 2111-2119.
- Sibole, J. V., Cabot, C., Poschenrieder, C., & Barceló, J. (2003 b). Ion allocation in two different salt-tolerant Mediterranean *Medicago* species. *Journal of plant physiology*, 160(11), 1361-1365.
- Swaraj, K., & Bishnoi, N. R. (1999). Effect of salt stress on nodulation and nitrogen fixation in legumes. *Indian Journal of Experimental Biology*, 37, 843-848.
- Tani, E., Chronopoulou, E. G., Labrou, N. E., Sarri, E., Gou-

- fa, M., Vaharidi, X., ... & Abraham, E. M. (2019). Growth, physiological, biochemical, and transcriptional responses to drought stress in seedlings of *Medicago sativa* L., *Medicago arborea* L. and their hybrid (Alborea). *Agronomy*, 9(1), 38.
- Tani, E., Sarri, E., Goufa, M., Asimakopoulou, G., Psychogiou, M., Bingham, E., ... & Abraham, E. M. (2018). Seedling growth and transcriptional responses to salt shock and stress in *Medicago sativa* L., *Medicago arborea* L., and Their Hybrid (Alborea). *Agronomy*, 8 (10), 231.
- Valdenegro, M., Barea, J. M., & Azcón, R. (2001). Influence of arbuscular-mycorrhizal fungi, *Rhizobium meliloti* strains and PGPR inoculation on the growth of *Medicago arborea* used as model legume for re-vegetation and biological reactivation in a semi-arid mediterranean area. *Plant Growth Regulation*, 34(2), 233-240.
- Villax, E.J., La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale. Les cahiers de la recherche agronomique, no 17. (1963). INRA, Rabat, 630 p.