



Revista
Técnico-Científica



ESTRESSE SALINO EM CULTURAS AGRÍCOLAS: UMA BREVE REVISÃO

¹João Ítalo de Sousa, ²Paulo Henrique de Almeida Cartaxo, ¹Raquel Maria de Sousa, ³João Paulo de Oliveira Santos, ²Igor Revelles Gomes Luna, ¹Ademar Parente Alencar

¹Instituto Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Manejo Sustentável e Irrigação para o Desenvolvimento de Sistemas Agrícolas; ²Universidade Federal da Paraíba – Graduação em Agronomia; ³Universidade Federal da Paraíba – Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

RESUMO: Solos com excesso de sais representam um dos principais problemas para a produção agrícola, principalmente em regiões áridas ou semiáridas, onde naturalmente os solos e a água de irrigação tendem a serem salinos. O cultivo agrícola em solos com essas características leva a uma série de distúrbios para as plantas, principalmente o estresse fisiológico, que é responsável por danos como a interrupção dos processos bioquímicos essenciais de respiração, fotossíntese e transpiração. Os problemas relativos ao estresse salino em plantas são verificados em todo o planeta e com as mais variadas culturas, porém, são mais evidenciados nas regiões que convivem diretamente com pouca oferta hídrica, altas taxas de evapotranspiração e solos com má drenagem. Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas e podem em curto prazo ser utilizadas para propiciar a produção em ambientes como esses. Por se tratar de um problema complexo, diversos trabalhos científicos buscam identificar a influência do estresse salino sobre a produtividade das culturas agrícolas, bem como estratégias de produção mesmo sob condições adversas. Assim, a presente revisão de literatura objetiva apresentar alguns resultados observados a nível mundial para diversas culturas de interesse agrônomo.

Palavras-chave: Solos Degradados; Água de Irrigação; Produção Agrícola; Escassez Hídrica.

SALINE STRESS IN AGRICULTURAL CULTURES: A BRIEF REVIEW

ABSTRACT: Excessive soil salts are one of the main problems for agricultural production, especially in arid or semi-arid regions, where soil and irrigation water naturally tend to be saline. Agricultural cultivation in soils with these characteristics leads to several disorders for plants, mainly physiological stress, which is responsible for damages such as disruption of the essential biochemical processes of respiration, photosynthesis and perspiration. The problems related to saline stress in plants are verified all over the planet and with the most varied crops, however, they are more

evident in the regions that live directly with little water supply, high evapotranspiration rates and poorly drained soils. Several techniques have been developed and can be used in the short term to facilitate production in environments such as these. Because it is a complex problem, several scientific studies seek to identify the influence of saline stress on the productivity of agricultural crops, as well as production strategies even under adverse conditions. Thus, the present literature review aims to present some results observed worldwide for several crops of agronomic interest.

Keywords: Degraded Soils; Irrigation Water; Agricultural production; Water shortage.

INTRODUÇÃO

O excesso de sais no solo é um dos principais fatores ambientais que afetam o desenvolvimento e a produtividade das plantas, principalmente em regiões áridas ou semiáridas, onde naturalmente os solos e a água de irrigação tendem a ser salinos (MUNNS; TESTER, 2008; ZHAO et al., 2017). O solo na maioria das vezes é designado como salino quando a condutividade elétrica, que é equivalente à concentração de sais em solo saturado, é superior a 4 dS m⁻¹ (MUNNS; TESTER, 2008). Mais de 900 milhões de hectares de terras cultiváveis no planeta são afetados por problemas de salinidade, quantitativo que será aumentado levando em consideração as áreas que estão em processo de salinização devido ao aquecimento global, mudanças no volume de precipitação e evaporação e técnicas inadequadas de irrigação (KUMAR et al., 2013; SETIA et al., 2013).

O crescimento das plantas em solos salinos gera uma série de problemas, principalmente o estresse fisiológico, que é responsável por danos como a interrupção dos processos bioquímicos essenciais de respiração, fotossíntese e transpiração (CHE-OTHMAN et al., 2017). No processo de fotossíntese, causa o fechamento estomático e estresse oxidativo, gerando assim espécies reativas de oxigênio (NAZAR et al. 2011). Quando a produção dessas espécies reativas de oxigênio é superior ao volume que as plantas podem metabolizar, elas podem reagir com os outros componentes celulares, causando danos aos lipídios, proteínas e DNA, produzindo uma mudança da função estrutural deste último (WANG et al., 2012; ROSSATO et al., 2017).

O estresse salino é ainda responsável por reduzir a taxa de expansão da superfície foliar, tornar negativo o potencial hídrico e osmótico da planta, aumentar a

espessura da epiderme e do mesófilo, aumentar os níveis de sódio (Na) e cloro (Cl), diminuir os níveis de Cálcio (Ca), Potássio (K) e Magnésio (Mg) e induzir a atividade de enzimas antioxidantes como a catalase, peroxidase, glutathione redutase e superóxido dismutase (PARIDA; DAS, 2005). O excesso de sais nas raízes das plantas altera o processo de transpiração, que é uma etapa crucial para a regulação e manutenção de água na planta. Essa alteração na transpiração causa toxicidade iônica nas partes aéreas da planta. A alta concentração iônica perturba a homeostase, a função da membrana celular e interfere no equilíbrio interno do soluto. O Na⁺ excessivo acumulado durante o estresse salino, inibe competitivamente a absorção de K⁺ e interrompe a relação K⁺ / Na⁺ nas células (BASU et al., 2017).

A maneira mais eficiente para a minimização dos efeitos nocivos da salinidade na produção agrícola é o desenvolvimento das variedades com alta tolerância ao excesso de sais (ZHU et al. 2016). No entanto, algumas plantas já apresentam naturalmente um grau de tolerância ao sal, e isso se deve ao desenvolvimento de diversos mecanismos que vão de modificações morfológicas e desenvolvimento, a modificações fisiológicas e bioquímicas. Essas estratégias de adaptação se dividem basicamente em três grandes grupos: prevenção da desidratação devido à alta salinidade, acumulação de sal no citoplasma e reparação dos danos (ANOWER et al., 2017). As plantas halófitas são por natureza adaptadas a ambientes salinos, e se beneficiam de quantidades substanciais de sal para o seu crescimento (SHABALA, 2013). O que se deve a modificações morfológicas, através dos quais desenvolveram a capacidade de secretar sal através de estruturas especializadas nas folhas, denominadas glândulas salinas (YUAN et al. 2016).

Diversos trabalhos buscam identificar a influência do estresse salino sobre a produtividade das culturas agrícolas, bem como estratégias de produção mesmo sob condições adversas, implicando assim no desenvolvimento de estratégias para a produção de culturas em áreas marginais e/ou com limitações hídricas. A presente revisão de literatura objetiva apresentar os principais resultados de estudos científicos desenvolvidos no mundo todo com algumas culturas de interesse agrícola.

Culturas agrícolas x salinidade

Milho

O desenvolvimento e a produção do milho (*Zea mays* L.) irrigado com água salgada na Alemanha foi afetado em vários níveis fisiológicos devido ao estresse salino (Jung et al. 2017). O resultado foi uma diminuição geral do rendimento de grãos dos dois genótipos cultivados, e também no crescimento vegetativo, assim como foram observadas alterações na polinização. Resultados esses que corroboraram com os observados por Feng et al. (2017) no sul da China, onde o estresse salino também foi responsável pela redução da produtividade do milho.

Em um experimento de campo no sul da Itália, Leogrande et al. (2016) investigaram os efeitos da irrigação com água salina sobre a cultura do milho, e não observaram redução significativa do rendimento de grãos em comparação com a água doce. Além disso, a aplicação melhorou a qualidade do grão, com aumento do teor de proteína em comparação com o tratamento com água doce, assim como a porcentagem de umidade do grão foi menor no tratamento de água salina do que na água doce. Os autores enfatizaram esse último resultado como de muita importância, visto que o grão de milho com umidade relativamente alta durante o armazenamento é mais suscetível ao ataque de patógenos fúngicos como produtores de micotoxinas.

Levando em consideração a escassez hídrica e a necessidade de utilização de águas de menor qualidade, diversos estudos buscaram estratégias de utilização de água salina ou salobra na agricultura, como o tratamento magnético da água salina utilizada em irrigação. Abedinpour e Rohani (2017) no Irã, aplicaram um campo magnético de 1.500 mT a uma taxa de fluxo de 3 litros de água por minuto. Observou-se que para a germinação do milho, essa água magnetizada apresentou alguns efeitos benéficos. A aplicação de água salgada magnetizada também reduziu o tempo médio de emergência do milho em comparação com a água não magnetizada, assim como aumentou o crescimento vegetativo em todos os tratamentos. Outra opção frente à escassez de água é o uso alternado de água doce e salobra. Zhu et al. (2017) trabalhando na China, obtiveram bons resultados ao utilizar o uso alternado de água

doce e salobra durante o ciclo vegetativo do milho, obtendo-se redução do índice de salinidade crescente do solo e média satisfatória de produtividade.

Feijão

As leguminosas, como o feijoeiro, utilizadas para fins alimentares normalmente são sensíveis à salinidade. Tomando como base os mesmos teores salinos no solo, as leguminosas tendem a serem mais afetadas que outras culturas, como por exemplo, os cereais (KATERJI et al., 2011). Estratégias para a produção dessa família em ambientes salinos pode se dar através da utilização de rizobactérias promotoras do crescimento das plantas (PGPR), e a aplicação destas tem o potencial de aumentar a produtividade em várias leguminosas alimentares sob estresse por salinidade, melhorando o crescimento, a fotossíntese e a absorção de minerais como N, P, K e Ca (FAROOQ et al., 2017).

Outra estratégia é a utilização de minerais como o silício, que tem a capacidade de reduzir o acúmulo de íons tóxicos. Lotfi e Ghassemi-Golezani (2017) no Irã, estudaram o desenvolvimento de sementes e a qualidade do feijão (*Vigna radiata* ?) sob estresse salino com aplicação exógena de ácido salicílico e de silício. Estes autores observaram que a aplicação de silício e, especialmente, do ácido salicílico melhoraram a qualidade fisiológica (germinação e vigor) do feijão sob o estresse salino. Essa melhora na qualidade das sementes foi associada ao aumento de K^+ e diminuição da acumulação de Na^+ nas sementes.

A utilização de mais de um método para diminuir os efeitos da salinização também é interessante, como mostra o trabalho de Mahmood et al. (2017) na Arábia Saudita, que utilizaram a combinação de silício e PGPR no cultivo de feijão (*Vigna radiata*) irrigado com água salina. Os autores verificaram uma diminuição dos efeitos adversos da salinidade no feijão, diminuindo a prolina, fenóis totais e os teores de lignina nas folhas e aumentando os açúcares solúveis totais em comparação com o controle. O silício e as rizobactérias também reduziram o teor de Na^+ e aumentaram os teores de K^+ , Ca^{2+} e Si nos brotos em comparação com o controle em todos os níveis de salinidade. Além disso, a interação significativa entre Si e PGPR aumentou a taxa de rendimento dos grãos.

Soja

A soja (*Glycine max* L.) é facilmente influenciada por todos os tipos de estresses abióticos, entre eles o estresse salino. Essas perturbações podem levar a planta a um estágio de desidratação celular e danos que dificultam o crescimento normal e até causam a morte (PAN et al., 2017).

Visando combater os efeitos da salinidade do solo Farhangi-Abriz e Nikpour-Rashidabad (2017) utilizaram lignite no cultivo da soja no Irã . Os autores encontraram resultados positivos, como a melhoria da capacidade de troca de cátions do solo (8-16%), enriquecimento das células das folhas e das raízes com potássio (5-26%), cálcio (40-56%) e magnésio (30-42%). Também houve inibição da entrada de sódio nas células, o que permitiu um aumento na proporção de potássio / sódio e redução do estresse oxidativo, atividades antioxidantes e síntese de osmoprotetores na soja, levando ao aumento da biomassa vegetal (18-37%).

Meng et al. (2016) observaram na China a eficiência da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de soja, que posteriormente foram cultivadas em ambiente salino. Verificou-se que a inoculação com *B. japonicum* sob o estresse de NaCl 100 mM aumentou a área foliar, os teores de clorofila e carotenóides e o número de glóbulos osmiófilos, grãos de amido e tilacóides no estroma bem organizados e grana tilacóides em cloroplastos de mudas de soja estressadas, além de diminuir o vazamento eletrolítico relativo nas raízes e nas folhas, demonstrando assim os efeitos de melhoria na lesão salinas.

Outras Culturas

Hannachi e Van Labeke (2018) observaram em experimento na Bélgica, que o aumento da concentração de NaCl na água aumentou fortemente os níveis de prolina, malondialdeído e carboidratos solúveis nas folhas de duas cultivares de berinjela resistentes a salinidade. Esse comportamento foi inverso ao observado nas cultivares sensíveis, onde além da diminuição nos carboidratos solúveis, ocorreu um aumento significativo no amido. O potencial de água da folha e o potencial osmótico da folha foram significativamente afetados em cultivares sensíveis e permaneceram

bastante estáveis em cultivares tolerantes sob estresse salino. Observou-se também que o teor de Na^+ e Cl^- nas folhas foi maior em cultivares sensíveis do que tolerantes.

Em cultivo com tomate na Arábia Saudita, Al-Harbi et al. (2017) testaram a eficiência de enxertos perante a irrigação com água salina na produção da cultura. Os resultados demonstraram que a utilização de enxerto melhorou significativamente o crescimento vegetativo em ambas as condições tanto em água doce como salina. Assim como esse tratamento se sobressaiu quando comparado com plantas não enxertadas sob déficit hídrico e salinidade. As plantas de tomate enxertadas acumularam menos Na^+ e Cl^- , especialmente sob altos níveis de salinidade em comparação com plantas não enxertadas, demonstrando assim a eficiência dessa técnica para mitigar o impacto indesejável do estresse salino no crescimento e na qualidade geral da produção de tomate.

El-Mageed et al. (2017) desenvolveram no Egito um estudo visando analisar as potencialidades de utilização do extrato da folha de *Moringa oleífera*, como um novo bioestimulante natural para o crescimento das plantas, podendo desempenhar um papel na melhoria da tolerância à seca em plantas de abóbora sob condições salinas. Os resultados obtidos mostraram que as plantas tratadas com o extrato e expostas a salinidade apresentaram maior crescimento e características de produção, índice de colheita, fluorescência de clorofila, pigmentos fotossintéticos, açúcares solúveis e prolina livre, anatomia foliar, teor relativo de água, índice de estabilidade da membrana e menor vazamento eletrolítico em comparação com plantas não tratadas. A aplicação do extrato também foi efetiva no alívio de danos causados por estresses de seca nessas mesmas plantas.

Em cultivo de batata no Paquistão, observou-se que os efeitos do estresse salino foram melhorados efetivamente pelo ácido salicílico em ambas as cultivares estudadas (Faried et al. 2017). Houve a eliminação de espécies de oxigênio reativo, melhorando as atividades enzimáticas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase, peroxidases) e regulação do ajuste osmótico (prolina, conteúdo fenólico), levando a melhoria dos atributos relacionados a água e as trocas gasosas, aumentando assim a disponibilidade de potássio e diminuindo os teores de sódio nas folhas.

Fasciglione et al. (2015) na Argentina, verificaram os resultados positivos da inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum* em sementes de alface que

posteriormente foram cultivadas em ambiente salino. Observou-se que a inoculação das sementes promoveu a produção de maior biomassa vegetal, além e substancial melhora na qualidade da alface quando as plantas cresciam sob condições de estresse salino. Encontraram-se maiores teores de ácido ascórbico e uma menor taxa de oxidação nas plantas que tiveram as sementes inoculadas que os controles não inoculados. Resultados que se somam aos maiores teores de clorofila, matiz e chroma. Além disso, os efeitos benéficos ultrapassaram o período em campo, sendo estendidos também após o armazenamento dessas plantas, contribuindo para uma maior vida útil pós-colheita.

Hegazi et al. (2017) no Egito, investigaram os efeitos dos fungos micorrízicos arbusculares e brassinosteróides sobre a produção de pimentão cultivado sob a condição de estresse salino. Esses tratamentos melhoraram o crescimento quando comparados com as plantas controle, apresentando melhor crescimento vegetativo e biomassa (peso total fresco e seco por planta), concentrações de clorofila a e b, conteúdo antioxidante expresso em fenóis solúveis totais e concentrações de prolina em todos os níveis de salinidade estudados. Observou-se também o aumento do rendimento dos frutos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas relativos ao estresse salino em plantas são verificados em todo o planeta e com os mais diferentes tipos de espécies agrícolas. No entanto, várias estratégias podem ser utilizadas para contornar esse problema, viabilizando a produção de diversas culturas mesmo sob situações adversas. Ademais, sob determinadas situações, o estresse salino pode até mesmo ser benéfico para a produção de certas culturas. Em um cenário de elevada demanda por alimentos e escassez de terras agricultáveis, o desenvolvimento de técnicas de produção sob condições de salinidade torna-se uma premissa urgente para os setores envolvidos na pesquisa e produção agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ABEDINPOUR, M.; ROHANI, E. Effects of magnetized water application on soil and maize growth indices under different amounts of salt in the water. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7, n.3, p. 319-325, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.216>
- AL-HARBI, A.; HEJAZI, A.; AL-OMRAN, A. Responses of grafted tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to abiotic stresses in Saudi Arabia. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 6, p. 1274-1280, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.005>
- ANOWER M, R.; PEEL, M. D.; MOTT, I.W.; WU, Y. Physiological processes associated with salinity tolerance in an alfalfa half-sib family. **J Agro Crop Sci.**, v. 203, n. 6, p. 506–518, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12221>
- BASU, S.; GIRI, R. K.; BENAZIR, I. et al. Comprehensive physiological analyses and reactive oxygen species profiling in drought tolerant rice genotypes under salinity stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n. 4, p. 837–850, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0477-0>
- CHE-OTHMAN, M. H.; MILLAR, A. H.; TAYLOR, N. L. Connecting salt stress signalling pathways with salinity-induced changes in mitochondrial metabolic processes in C3 plants. **Plant Cell Environ**, v. 40, p. 2875 –2905, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.13034>
- EL-MAGEED, T. A. A.; SEMIDA, W. M.; RADY, M. M. Moringa leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio-biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 46-54, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.004>
- FARHANGI-ABRIZ, S.; NIKPOUR-RASHIDABAD, N. Effect of lignite on alleviation of salt toxicity in soybean (*Glycine max* L.) plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 120, p. 186-193, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.007>
- FARIED, H. N.; AYYUB, C. M.; AMJAD, M.; et al. Salicylic acid confers salt tolerance in potato plants by improving water relations, gaseous exchange, antioxidant activities and osmoregulation. **J. Sci. Food Agric.**, v. 97, p. 1868–1875, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7989>
- FAROOQ, M.; GOGOI, N.; HUSSAIN, M. Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 199-217, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.020>
- FASCIGLIONE, G.; CASANOVAS, E. M.; QUILLEHAUQUY, V. *Azospirillum* inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 195, n. 12, p. 154-162, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.015>
- FENG, G.; ZHANGA, Z.; WAN, C.; LU, P.; BAKOURA, A. Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (*Zea mays* L.) in subsurface

drainage system. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 205-213, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.026>

HANNACHI, S.; VAN LABEKE, M. C. Salt stress affects germination, seedling growth and physiological responses differentially in eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 228, n.26, p. 56-65, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.002>

HEGAZI, A. M.; EL-SHRAIY, A. M.; GHONAME, A. A. Mitigation of Salt Stress Negative Effects on Sweet Pepper Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), *Bacillus megaterium* and Brassinosteroids (BRs). **Gesunde Pflanzen**, v. 69, n. 2, p. 91-102, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-017-0393-9>

JUNG, S.; HÜTSCH, W. B.; SCHUBERT, S. Salt stress reduces kernel number of corn by inhibiting plasma membrane H⁺-ATPase activity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 113, p.198-207, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.02.009>

KATERJI, N.; MASTRORILLI, M.; LAHMER, F. Z.; MAALOUF, F.; OWEIS T. Faba bean productivity in saline–drought conditions. **European Journal of Agronomy**, v. 35, p. 2 – 12, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.03.001>

KUMAR, K.; KUMAR, M.; KIM, S.R.; RYU, H.; CHO, Y.G. Insights into genomics of salt stress response in rice. **Rice**, v. 6, p. 1-15, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1186/1939-8433-6-27>

LEOGRANDE, R.; VITTI, C.; LOPEDOTA, O.; VENTRELLA, D.; MONTEMURRO, F. Effects of Irrigation Volume and Saline Water On Maize Yield and Soil in Southern Italy. **Irrig. and Drain.**, v. 65, p. 243–253, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ird.1964>

LOTFI, R.; GHASSEMI-GOLEZANI, K. Influence of salicylic acid and silicon on seed development and quality of mung bean under salt stress. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 52-61, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2015.43.1.06>

MAHMOOD, S.; DAUR, I.; HUSSAIN, M. B. et al. Silicon Application and Rhizobacterial Inoculation Regulate Mung Bean Response to Saline Water Irrigation. **Clean – Soil, Air, Water**, v. 45, n.8, p. 1-10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/clen.201600436>

MENG, N.; YU, B. J.; GUO, J. S. Ameliorative effects of inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on Glycine max and Glycine soja seedlings under salt stress. **Plant Growth Regul.**, v. 80, p.137-147, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-016-0150-6>

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

NAZAR, R; IQBAL, N.; SYEED, S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. **J. Plant Physiol.**, v. 168, p. 807–815, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.11.001>

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. **Ecotoxicol. Environ.**, v. 60, p. 324–349, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>

ROSSATTO, T.; AMARAL, M. N.; BENITEZ, L. C. et al. Gene expression and activity of antioxidant enzymes in rice plants, cv. BRS AG, under saline stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n. 4, p. 865–875, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0467-2>

SETIA, R.; GOTTSCHALK, P.; SMITH, P.; MARSCHNER, P.; BALDOCK, J.; SETIA, D.; SMITH, J. Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. **Science of the Total Environment**, v. 465, p. 267–272, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.028>

SHABALA, S. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. **Annals of Botany**, v. 112, p.1209–1221, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct205>

WANG, Q.; WU, C.; XIE, B.; LIU, Y.; CUI, J.; CHEN, G.; ZHANG, Y. Model analysing the antioxidant responses of leaves and roots of switchgrass to NaCl-salinity stress. **Plant Physiol. Biochem.**, v. 58, p. 288-296, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.06.021>

YUAN, Z.; DRUZHININA, I. S.; LABBÉ, J. et al. Specialized microbiome of a halophyte and its role in helping non-host plants to withstand salinity. **Scientific Reports**, v. 6, n. 32467, p. 1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep32467>

ZHAO, Z.; LI, Y.; LIU, H.; ZHAI, X.; DENG, M.; DONG, Y.; FAN, G. Genome-wide expression analysis of salt-stressed diploid and autotetraploid *Paulownia tomentosa*. **PLoS ONE**, v. 12, n.10, p. 1-23, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185455>

ZHU, C.; HUANG, M.; ZHAI, Y.; ZHANG, Z.; ZHENG, J; LIU, Z. Response of gas exchange and chlorophyll fluorescence of maize to alternate irrigation with fresh- and brackish water. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 67, n.5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1301547>

ZHU, M., SHABALA, S., SHABALA, L., FAN, Y. AND ZHOU, M. X. Evaluating Predictive Values of Various Physiological Indices for Salinity Stress Tolerance in Wheat. **J Agro Crop Sci**, v. 202, p. 115–124, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12122>