RELAÇÕES HÍDRICAS E DANO CELULAR NO MARACUJAZEIRO AMARELO SOB SALINIDADE E SUPLEMENTAÇÃO DE PIRUVATO

FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA[1], IDELVAN JOSÉ DA SILVA[2], MIRANDY DOS SANTOS DIAS[3], CASSIANO NOGUEIRA DE LACERDA[4] e PEDRO DANTAS FERNANDES[5]

[1]Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, agrofdsilva@gmail.com
[2]Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, idelvan3@hotmail.com
[3]Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, mirandydias@gmail.com
[4]Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB cassianonogueiraagro@gmail.com
[5]Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. da UFCG, Campina Grande-PB, pedrodantasfernandes@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: O uso de águas com alto teor de sais constitui sério problema na formação de mudas e estabelecimento do maracujazeiro em diferentes áreas da região Nordeste, a qual é considerada bastante expressiva na produção do maracujazeiro amarelo. Diante disso, objetivou-se com o presente estudo, avaliar as relações hídricas e a porcentagem de dano celular em plantas de maracujazeiro redondo amarelo em resposta a salinidade da água de irrigação e a suplementação com piruvato. Os tratamentos foram constituídos de três condutividades elétrica da água de irrigação (0,8, 2,4 e 4,0 dS m^{-1}) e três concentrações de piruvato (0, 25 e 50 mM). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3. Combinados, os fatores resultaram em 9 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo o total de 36 unidades experimentais, constituídas de uma planta. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados mediante análise do teor reativo de água, déficit de saturação hídrica, suculência foliar e extravasamento de eletrólitos. A irrigação com água de 2,4 e 4,0 dS m^{-1} afetou o teor relativo de água, aumentando o déficit de saturação hídrica e a porcentagem de extravasamento de eletrólitos na membrana celular. A suplementação com piruvato é eficiente em aumentar as relações hídricas e reduzir o potencial de extravasamento de eletrólitos em plantas de maracujazeiro redondo amarelo na fase de mudas.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis* Sims, Estresse salino, piruvato, teor relativo de água,

WATER RELATIONS AND CELL DAMAGE IN YELLOW PASSION FRUIT UNDER SALINITY AND PYRUVATE SUPPLEMENTATION

ABSTRACT: The use of water with a high salt content constitutes a serious problem in the formation of seedlings and the establishment of passion fruit in different areas of the Northeast region, which is considered quite expressive in the production of yellow passion fruit. Therefore, the aim of this study was to evaluate the water relationships and the percentage of cellular damage in yellow round passion fruit plants in response to the salinity of irrigation water and supplementation with pyruvate. The treatments consisted of three electrical conductivities of irrigation water (0.8, 2.4 and 4.0 dS m-1) and three concentrations of pyruvate (0, 25 and 50 mM). The experimental design used was in randomized blocks, in a 3 x 3 factorial scheme. Combined, the factors resulted in 9 treatments, with 4 repetitions, making a total of 36 experimental units, consisting of one plant. The effects of the treatments were evaluated by analyzing the reactive water content, water saturation deficit, leaf succulence and electrolyte leakage. Irrigation with 2.4 and 4.0 dS m-1 water affected the relative water content, increasing the water saturation deficit and the percentage of electrolyte leakage in the cell membrane. Pyruvate supplementation is efficient in increasing water relations and reducing the potential for electrolyte leakage in yellow-round passion fruit plants at the seedling stage.

KEYWORDS: *Passiflora edulis* Sims, saline stress, pyruvate, relative water content.

INTRODUÇÃO

A cultura do maracujá (*Passiflora edulis* Sims) tem grande importância socioeconômica para o país, gerando emprego e renda em diversos setores durante a cadeia produtiva (Faleiro e Junqueira, 2016). Nesse contexto, o Brasil é o maior produtor e consumidor mundial dessa fruta (IBGE, 2019).

Na safra 2019, a região Nordeste contribuiu com 64,5% da produção nacional, produzindo 382.739 toneladas em 28.629 ha, com produtividade média de 13,37 t/ha (IBGE, 2019). Apesar das condições edafoclimáticas da região serem adequadas ao cultivo do maracujazeiro, há uma limitação na qualidade da água, tornando-se necessário a utilização de águas com teores de sais elevados como uma alternativa para suprir a demanda hídrica, comprometendo a formação de mudas e o estabelecimento da cultura (Bezerra et al., 2016). Em tais condições, são constatados alterações na fisiologia, danos oxidativos em vários componentes celulares, como proteínas, lipídios e DNA, interrompendo funções celulares vitais das plantas (Gupta et al., 2014).

Por ser considerada uma planta de ciclo curto (Faleiro e Junqueiro, 2016), essa cultura exige do produtor a renovação das áreas plantadas, obrigando-o à produção ou aquisição de mudas de alta qualidade. Muitas pesquisas demonstram que substâncias provenientes de produtos orgânicos, podem minorar os efeitos deletérios dos sais às plantas (Farhangi-Abriz et al., 2018; Silva et al., 2019; Silva et al., 2020), elevando a capacidade das plantas a se ajustarem às elevadas concentrações de sais contidos na solução do solo.

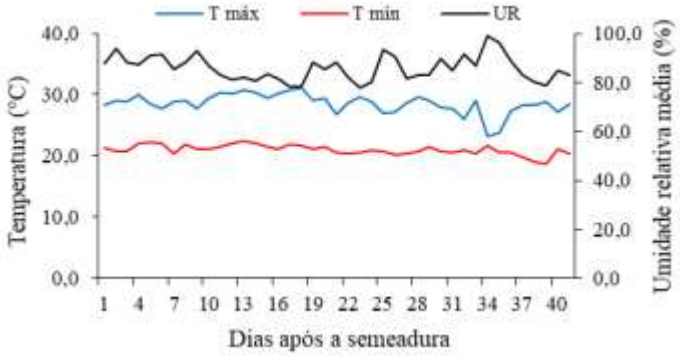
O piruvato é tido como um elemento crucial no metabolismo do Ciclo de Krebs, que tem um papel vital na conversão da glicose em energia, ou seja, neste processo a glicose (molécula com 6 carbonos) é quebrada em duas moléculas de ácido pirúvico (3 carbonos) que, no Ciclo de Krebs se transformam em energia (ATP) (Taiz et al., 2017). Assim, a aplicação exógena de piruvato vem como uma técnica para minimizar os efeitos deletérios dos sais sobre as plantas, especialmente para a região semiárida brasileira.

Diante disso, objetivou-se com o presente estudo, avaliar as relações hídricas e a porcentagem de dano celular em plantas de maracujazeiro Redondo Amarelo em resposta a salinidade da água de irrigação e a suplementação com piruvato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de abril e maio de 2021 em ambiente protegido (casa de vegetação) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na Unidade de Engenharia Agrícola, localizado na cidade de Campina Grande, Paraíba, nas coordenadas geográficas 07° 15’ 18’’ S, 35° 52’ 28’’ W, a uma altitude de 550 m. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no período da pesquisa estão na Figura 1.

Figura 1. Temperatura máxima (T máx.) e mínima (T min.) (ºC) e umidade relativa média (UR (%), observadas durante a pesquisa. Campina Grande, PB. 2021.



Fonte: dados dos autores

Os tratamentos foram constituídos de três condutividades elétricas da água de irrigação (0,8, 2,4 e 4,0 dS m^{-1}) e três concentrações de piruvato (0, 25 e 50 mM). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3. Combinados, os fatores resultaram em

9 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo o total de 36 unidades experimentais, constituídas de uma planta. As mudas foram produzidas em sacos de polietileno com capacidade para 0,5 dm^3, no qual foram preenchidos com solo, cujos atributos químicos estão na Tabela 1.

Tabela1. Atributos químicos do solo. Campina Grande, PB

pH	P	K	Ca	Na	Mg	Al	H	SB	CTC	V	M	MO
6,5	mg dm^{-3}	.....cmolc dm^{-3}.....								.....%.....		mg dm^{-3}
	79	0,24	14,9	0,51	5,4	0,0	0,9	7,74	16,54	94,9	0,0	8,1

CTC a pH 7,0; Método EMBRAPA; Extração: Água (pH); Mehlich (P, K, Na); KCl 1N (Ca, Mg e Al); Acetato de Cálcio pH 7,0 (H + Al). Fonte: dados dos autores

Foi utilizada sementes de maracujazeiro cv. Redondo amarelo, com poder germinativo de 87% no qual foi semeada duas sementes por recipiente. Após a estabilização da emergência, aos 20 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por recipiente.

As águas salinas foram preparadas dissolvendo-se os sais NaCl, $CaCl_2.2H_2O$ e $MgCl_2.6H_2O$, na proporção equivalente de 7:2:1, entre Na^+, Ca^{2+} e Mg^{2+}, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m^{-1}). Essa proporção de sais é comumente encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 2003), com base na relação entre CEa e a concentração de sais (10*mmolc L^{-1} = CEa dS m^{-1}), extraída de Richards (1954).

As irrigações foram realizadas com água de abastecimento local (0,4 dS m^{-1}) uma vez ao dia a partir da semeadura, no início da manhã, de modo a deixar a umidade do solo próximo a capacidade de campo. A partir dos 30 DAS, iniciou-se as aplicações com água salinas.

As plantas de maracujazeiro foram submetidas a 40 dias com aplicação da irrigação com água salina, iniciando aos 30 DAS e perdurando até os 70 DAS. A aplicação de piruvato teve início aos 40 DAS, na ocasião as plantas estavam com 10 dias de irrigação com água salina. Foram realizadas 6 aplicações com intervalo de 5 dias (aos 40, 45, 50, 55, 60 e 65 DAS). A fonte de piruvato utilizada na suplementação exógena das plantas foi o piruvato de cálcio.

A adubação foi realizada conforme recomendação de Novais (1991), sendo aplicado em cada unidade experimental, 0,555 gramas de ureia como fonte de N, 1,25 g de fosfato monoamônio (MAP) como fonte de fósforo e 0,625 g de cloreto de potássio como fonte K_2O, parceladas aos 15 e 30 DAS.

Foi aplicado aos 20 e 40 DAS uma solução de micronutrientes na concentração de 1,0 g L^{-1} do produto comercial Dripsol® micro contendo: Mg (1,1%); Zn (4,2%); B (0,85%); Fe (3,4%); Mn (3,2%); Cu (0,5%); Mo (0,05%), via foliar, nas faces adaxial e abaxial, com o uso de um borrifador.

O controle de pragas e doenças foram feitas de forma preventiva e controle quando houve o aparecimento do causador para isso foi utilizado produtos químicos seletivos a base de Imidacloprido e Abamectina utilizando-se no preparo da calda 1 g para 10 L e 2,5 mL para 10 L respectivamente.

Aos 70 DAS foi avaliado o teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), suculência foliar (SUC) e extravasamento de eletrólitos (EE). O TRA, e DSH, foram estimados por relações entre a massa fresca (MF), massa turgida (MT) e massa seca (MS) de 6 discos foliares (BRITO et al., 2011) Eq. 1 e 2:

$$TRA = [(MF - MS) / (MT - MS)] * 100$$
$$DSH = [(MT - MF) / (MT - MS)] * 100 \quad (1 \text{ e } 2)$$

O extravasamento de eletrólitos (EE), expressos em percentagem, foram estimados pela relação da condutividade elétrica inicial (CE_1) e condutividade elétrica final (CE_2) (SINGH et al., 2007) Eq. 3.

$$EE (\%) = (CE_1/CE_2) *100 \quad (3)$$

A suculência foliar seguiu metodologia proposta por Mantovani (1999), por meio da Eq. 4.

$$SUC = (MFF - MSF) /AF \quad (4)$$

Em que: MFF- massa fresca da folha (g); MSF- massa seca da folha (g) e AF- área foliar (cm^2)

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, quando significativos foi aplicado o teste de Tukey, utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resumo da ANOVA (Tabela 2), constata-se que não houve interação significativa entre os fatores estudados, porém, observa-se diferença significativa para salinidade e suplementação com piruvato de forma isolada sobre o TRA, DSH e EE. Para SUC, foi observado diferença significativa apenas para a suplementação com piruvato.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância e médias dos tratamentos para teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), suculência foliar (SUC) e extravasamento de eletrólitos de plantas de maracujazeiro em fase de mudas, sob irrigação com água salinizada e suplementação com piruvato de cálcio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		TRA	DSH	SUC	EE
Sal	2	97,74**	97,74**	5,62ns	15,41**
Piruvato	2	32,54**	32,54**	56,17**	21,18**
S x P	4	2,04ns	2,04ns	1,15ns	1,19ns
Bloco	3	2,39ns	2,39 ns	4,28ns	5,44*
Erro	24	1,58	1,58	1,82	1,48
Média		79,78	6,22	17,62	15,43
CV (%)		1,58	20,2	7,66	7,89
Sal (dSm^{-1})			Médias		
0,8		83,05 a	16,93 b	18,05 a	14,49 b
2,4		78,50 b	21,49 a	17,99 a	15,11 b
4,0		77,80 b	22,19 a	16,83 a	16,69 a
Piruvato (mM)			Médias		
0		77,91 b	22,07 a	15,79 b	16,77 a
25		80,42 a	19,57 b	17,07 b	15,40 b
50		81,02 a	18,97 b	20,01 a	14,12 c

Letras iguais não há diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 0,05%

O TRA foi reduzido com o aumento da salinidade da água de irrigação. Sendo a irrigação com água de baixa salinidade (0,8 dS m^{-1}) diferente estatisticamente das salinidades 2,4 e 4,0 dS m^{-1}. A redução do TRA das plantas sob estresse salino pode estar relacionada com a diminuição da absorção de água pelas raízes e estresse osmótico da toxicidade do sal através do enriquecimento das células vegetais pelo conteúdo excessivo de sódio (Farhangi-Abriz, et al., 2018).

A suplementação das plantas com piruvato aumentou a teor reativo de água na planta, quando comparado com as plantas que não foram suplementadas com piruvato. O incremento percentual na TRA foi de 3,22% para suplementação com 25 mM e de 3,99% com 50 mM.

O DSH seguiu a mesma tendência do TRA, aumentando a deficiência hídrica nas plantas com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Para a suplementação de piruvato, as plantas que não foram suplementadas apresentaram maiores porcentagem de deficiência hídrica.

A suculência foliar não foi influenciada pelos níveis de sais. Para a suplementação de piruvato, foi observado que as plantas submetidas a tal tratamento obtiveram maiores índices de suculência quando comparado as plantas que não foram suplementadas.

Quanto aos danos causados a membrana celular pela aplicação dos sais, foi observado que o maior extravasamento de eletrólitos ocorreu com aplicação da irrigação com água de alta salinidade (4,0 dS m^{-1}), enquanto que a aplicação com água de 0,8 e 2,4 dS m^{-1} não diferiram entre si. Para a suplementação de piruvato, o menor índice no extravasamento de eletrólitos foi observado quando da aplicação de 50 mM de piruvato, seguido da aplicação de 25 mM. As plantas que não foram suplementadas com piruvato, apresentaram maiores porcentagem de extravasamento de eletrólitos.

Por ser um elemento crucial no metabolismo do Ciclo de Krebs, o piruvato tem um papel vital na conversão da glicose em energia, sob tais condições, essa substancia provavelmente disponibilizou mais energia, induzindo o sistema de defesa da planta, culminando em maior absorção de água, e consequentemente, maior acúmulo de água nas células.

Apesar desta pesquisa não ter sido observada interação entre salinidade e aplicação de piruvato, muitas pesquisas demonstram que substâncias provenientes de produtos orgânicos, podem minorar os efeitos deletérios dos sais às plantas, elevando a capacidade das plantas a se ajustarem às

elevadas concentrações de sais contidos na solução do solo. Farhangi-Abriz et al. (2018), ao estudar aplicação de ácido salicílico e o ácido jasmônico em plantas de soja sob salinidade, verificaram que a aplicação exógena dessas substancias melhorou consideravelmente o teor de água das folhas sob diferentes níveis de salinidade. SILVA et al. (2020), avaliando a aplicação de ácido salicílico como atenuador do estresse salino de gravioleira, concluíram que a aplicação exógena do ácido salicílico induziu a tolerância ao estresse salino a gravioleira.

CONCLUSÕES

A aplicação com água salina de 2,4 e 4,0 dS m^{-1} reduzem o teor reativo de água, aumenta o déficit de saturação hídrica e a porcentagem de danos na membrana celular do maracujazeiro amarelo em sua fase de mudas.

A suplementação com piruvato é eficiente em aumentar as relações hídricas e reduzir o potencial de extravasamento celular em mudas de maracujazeiro.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFCG.

REFERÊNCIAS

Bezerra, J. D., Pereira, W. E., Silva, J. M. D., & Raposo, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade1. Revista Ceres, v. 63, p. 502-508, 2016.

Faleiro, F. G.; Junqueira, n. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Cerrados-Livro técnico, 2016. 341 p.

Farhangi-Abriz, S.; Ghassemi-Golezani, K. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants?. Ecotoxicology and environmental safety, v. 147, p. 1010-1016, 2018.

Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista brasileira de biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

Gupta, B.; Huang, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International journal of genomics, v. 2014, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.2019. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado. Acesso em 28/07/2021.

Mantovani, A. A method to improve leaf succulence quantification. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.42, p.9-14, 1999.

Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da Salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agricola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2003.

Novais, R. D.; Neves, J. C. L.; Barros, N. D. Ensaio em ambiente controlado. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo, v. 1, p. 89-253, 1991.

Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (1954) Washington: U.S, Department of Agriculture.

Silva, A. A. R. D.; Lima, G. S. D.; Azevedo, C. A. V. D.; Gheyi, H. R.; Souza, L. D. P.; Veloso, L. L. D. S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide1. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 49, 2019.

Silva, A. A. R. D.; Lima, G. S. D.; Azevedo, C. A. V. D.; Veloso, L. L. D. S. A.; Gheyi, H. R. Ácido salicílico como atenuador do estresse salino de gravioleira. Revista Caatinga, v. 33, n. 4, p. 1092-1101, 2020

Singh, H. P.; Batish, D. R.; Kohli, R.V.; Arora, K. Arsenic-induced root Growth inhibition in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is due to oxidative stress resulting from enhanced lipid peroxidation. Plant Growth Regulation, Netherlands, v. 53, p. 65-73, 2007.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.