

APORTE DE NITROGÊNIO EM PLANTAS DE *Prunus* spp. SUBMETIDAS A HIPÓXIA

GABRIELLE LEIVAS¹; JONATAN EGEWARTH²; SIMONE RIBEIRO LUCHO³;
VALMOR JOÃO BIANCH⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – gabrielleleivas@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – egewarthjonatan@gmail.com;

³Universidade Federal de Pelotas – simonibelmonte@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – valmorjb@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, as áreas de produção com frutíferas de caroço (pessegueiro e ameixeira) são acometidas todos os anos por estresse hídrico em períodos críticos das culturas. O excesso de chuvas é comum na fase de florescimento, enquanto que na fase que antecede a maturação dos frutos o déficit hídrico é recorrente, afetando a qualidade e a produtividade dos pomares (MARTINAZZO et al., 2012). Sob excesso de chuvas, o solo fica com baixa disponibilidade de oxigênio (O₂) para as raízes das plantas, levando a uma condição de hipóxia ou mesmo anóxia. Tais condições limitam a concentração de O₂ para as células das raízes para manter a respiração aeróbica, resultando em déficit de energia, podendo determinar a morte celular e de tecidos, em plantas sob alagamento (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008; LICAUSI, 2013).

Estudos têm mostrado que a adubação nitrogenada melhora a tolerância à hipóxia, mitigando o efeito do estresse causado pela falta de oxigênio nas raízes (ALLÈGRE et al., 2004; MORARD et al., 2004; HORCHANI et al., 2010). O efeito benéfico do fornecimento de nitrato é provavelmente exercido por meio da nitrato redutase (NR), uma enzima citosólica dependente de NADH, que catalisa a redução do nitrato em nitrito. A redução de nitrato pode contribuir para a aclimação celular à privação de oxigênio ao regenerar o NAD⁺. Consequentemente, as espécies tolerantes à privação de oxigênio exibem maior atividade de NR do que as sensíveis (BAILEY-SERRES e VOESENEK, 2008).

Visto isso, objetivou-se com o presente estudo avaliar a resposta de dois porta enxertos de *Prunus*, 'Okinawa' [*Prunus persica* (L.) Batsch] e 'Myrobalan-29C' (*Prunus cerasifera* Ehrh.), quando submetidos à adubação nitrogenada e ao estresse hídrico por alagamento do solo no período por quatro dias.

2. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Pelotas, durante fevereiro e março de 2021. As plantas utilizadas foram mantidas em casa de vegetação durante o período experimental.

Os tratamentos realizados foram: plantas alagadas, consideradas como controle (T1), plantas alagadas com aplicação de 3g de nitrogênio (N) na forma de uréia 96 horas antes do alagamento (T2), e plantas alagadas com aplicação de nitrogênio na forma de uréia 24 horas após a retirada do alagamento (T3). Foi realizado o acompanhamento dessas plantas a partir de 120 horas antes do estresse por alagamento e 120 horas após a suspensão do estresse.

Foram utilizadas plantas das cultivares 'Okinawa' e 'Myrobalan 29C', mantidas em vasos de cinco litros com substrato comercial Turfa fértil. Para o alagamento, foram vedadas as saídas de água no fundo dos vasos e mantido lâmina d'água de aproximadamente 3 cm durante o período de 120 horas.

Durante o experimento, a condutância estomática das folhas das plantas de todos os tratamentos foi aferida nas seguintes datas: Dia 1 (03/03), Dia 2 (05/03), Dia 3 (07/03), Dia 4 (09/03), Dia 5 (11/03), Dia 6 (13/03), Dia 7 (15/03) e Dia 8 (17/03), em que o dia 4 corresponde ao dia sucessor ao alagamento e o dia 6 ao primeiro dia de recuperação das plantas. A condutância estomática foi medida com porômetro (Model SC-1, Decagon Devices, Pullman, EUA). Também foram mensurados nos mesmos dias da análise de condutância estomática, o índice de clorofila (Chl), flavonoides (Flv) e balanço de nitrogênio (NBI) com clorofilômetro (modelo Dualex FORCE-A, Orsay, France).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x8, sendo três tratamentos e oito dias de avaliação. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade, sendo testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade dos erros por Bartlett e Hartley. Quando pertinente aplicou-se o Teste de Tukey ($p < 0.05$) para comparação entre as médias dos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando as variações de condutância estomática entre os dias (1-8) dentro de cada tratamento (T1-3), pode-se observar que para 'Okinawa', somente o T2 apresentou diferenças, enquanto que para 'Myrobalan-29C', ocorreram diferenças entre os dias, em todos os tratamentos avaliados (Tabela1). O T2 apresentou queda na condutância para ambas as cultivares, e mesmo após o período de alagamento não houve um aumento expressivo de condutância. Embora a condutância estomática do T2 de ambas as cultivares decaiu, observou-se um decréscimo mais expressivo para 'Okinawa', principalmente no período de recuperação, demonstrando que 'Myrobalan 29C' tem maior tolerância ao alagamento quando comparado ao de pessegueiro, como observado e descrito em outros trabalhos (KLUMB et al., 2017; KLUMB; BRAGA; BIANCHI, 2020).

Tabela 1: Índices de condutância estomática das plantas ao longo dos dias, em cada tratamento, onde T1 é considerado o controle, com plantas alagadas, T2 são plantas alagadas com aplicação de N 96 horas antes do alagamento e T3 plantas alagadas com aplicação de N 24 horas após a retirada do alagamento.

Trat.	MYROBALAN 29C							
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8
T1	591.45 ^{ns} A	546.40 ^{ns} A	395.10 b A	562.50 a A	575.55 a A	562.10 a A	652.25 a A	519.40 a A
T2	533.18 AB	504.38 AB	582.53 a A	331.63 b BC	104.70 b CD	94.73 b D	113.90 b CD	150.73 b CD
T3	532.50 A	520.76 A	657.90 a A	562.60 a A	562.40 a A	488.20 a A	597.20 a A	610.25 a A
CV (%)	18.74							
Trat.	OKINAWA							
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8
T1	563.73 ^{ns} AB	525.86 ab AB	661.13 ^{ns} A	659.03 a A	463.96 a B	387.83 a B	525.40 a AB	478.50 a AB
T2	477.38 AB	425.06 b AB	595.36 A	311.10 b B	74.43 b C	33.60 b C	33.13 b C	52.85 b C
T3	590.61 A	575.86 a A	604.90 A	566.96 a A	454.93 a AB	371.03 a B	465.03 a AB	539.90 a AB
CV (%)	16.62							

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação ao índice de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio (Tabela2), os dados não apresentaram interação quando relacionamos os tratamentos com os dias avaliados. Porém, no somatório dos dias de experimento, observa-se que o T2, em que foi aplicado N 96 horas anterior ao alagamento das plantas, 'Okinawa' apresentou um aumento no índice de clorofila e também no balanço de N. Esse maior teor de clorofila nas plantas submetidas ao maior nível de estresse tem relação com o sistema de proteção da planta, a qual busca aumentar a concentração de clorofila na folha objetivando maior atividade

fotossintética de forma a compensar a redução de área foliar (MELO et al., 2018). Já 'Myrobalan 29C' não mostrou diferença nos tratamentos para índice de clorofila e balanço de N. Resultados similares foram encontrados por Thiel et al. (2019) em plantas de soja, onde os valores de balanço de N e índice de clorofila não foram afetados, na primeira avaliação que foi aos 9 dias. De um modo geral, estes resultados permitem inferir que plantas de 'Okinawa' foram mais rapidamente estressadas pelo alagamento, enquanto 'Myrobalan 29C' se manteve mais estável no período avaliado.

Os teores de flavonoides tiveram um leve acréscimo para 'Okinawa' no T1 (1,82) (Tabela 2), e em 'Myrobalan 29C' no T2 (1,84), não diferindo estatisticamente de T3 (1,81), sendo que os valores absolutos se mostraram similares em todas as avaliações. Os flavonoides desempenham diversas funções nas plantas, como defesa química contra herbivoria e proteção contra a radiação ultravioleta, patógenos e radicais livres, sendo sua produção e acúmulo aumentados sob estresse (CARTELAT et al., 2005). Em trabalho com aplicações subsequentes de N, o índice Flv também se manteve constante no período inicial do experimento, indicando que as plantas não estavam estressadas (SILVA, 2019).

Ao longo dos dias de avaliação, observou-se diferenças apenas para o índice de Chl na cultivar Myrobalan 29C e para os Flv em 'Okinawa'. Sendo que para índice de Chl em 'Myrobalan 29C', os maiores valores médios (31,39), foram obtidos aos 5 dias (Tabela 3). Em relação ao índice de Flv, os maiores valores médios (1,83) foram observados aos 7 dias, diferindo apenas do dia 4.

Tabela 2: Índice de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio, relacionados aos tratamentos aplicados, onde T1 é considerado o controle, com plantas alagadas, T2 são plantas alagadas com aplicação de N 120 horas antes do alagamento e T3 plantas alagadas com aplicação de N 24 horas após a retirada do alagamento.

Trat.	OKINAWA			MYROBALAN 29C		
	NBI	Chl	Flv	NBI	Chl	Flv
T1	18.69 c	33.81 b	1.82 a	14.46 ^{ns}	25.38 ^{ns}	1.77 b
T2	23.04 a	41.05 a	1.76 b	17.19	26.17	1.84 a
T3	20.90 b	36.30 b	1.74 b	13.85	24.95	1.81 ab
CV (%)	13.91	13.41	3.39	56.56	15.66	4.53

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3: Índice de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio, relacionados aos dias do experimento.

Dia	NBI		Chl		Flv	
	Okinawa	Myrobalan 29C	Okinawa	Myrobalan 29C	Okinawa	Myrobalan 29C
1	20.80 ^{ns}	12.95 ^{ns}	37.23 ^{ns}	23.37 b	1.79 ab	1.81 ^{ns}
2	21.57	13.40	38.12	24.05 b	1.77 ab	1.80
3	22.12	14.21	38.41	25.01 b	1.74 ab	1.76
4	21.76	21.97	38.16	25.51 ab	1.73 b	1.80
5	18.48	18.02	32.41	31.39 a	1.76 ab	1.76
6	20.66	13.42	36.79	24.23 b	1.78 ab	1.81
7	20.27	13.77	36.88	25.41 b	1.83 a	1.85
8	21.38	13.60	38.45	25.04 b	1.81 ab	1.85
CV (%)	13.91	56.56	13.41	15.66	3.39	4.53

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

A suplementação de nitrogênio anterior ao alagamento não apresenta respostas positivas em relação a manutenção da condutância estomática, nas condições avaliadas. Independente do tratamento imposto, 'Myrobalan 29C' é mais tolerante que 'Okinawa'. Entretanto, estudos complementares são necessários para avaliar outros tempos de imposição do estresse e doses de N.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLÈGRE, A.; SILVESTRE, J.; MORARD, P.; KALLERHOFF, J.; PINELLI, E. Nitrate reductase regulation in tomato roots by exogenous nitrate: a possible role in tolerance to long-term root anoxia. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.2625–2634, 2004.
- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L.A. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.313–339, 2008.
- CARTELAT, A.; CEROVIC, Z.G.; GOULAS, Y.; MEYER, S.; LELARGE, C.; PRIOUL, J.L.; BARBOTTIN, A.; JEUFFROY, M.H.; GATE, P.; AGATI, G.; MOYA, I. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v. 91, p. 35–49, 2005.
- HORCHANI, F.; ASCHI-SMITI S.; BROUQUISSE, R. Involvement of nitrate reduction in the tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants to prolonged root hypoxia. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.32, n. 6, p.1113–1123, 2010.
- JACKSON, M.; ARMSTRONG, W. Formation of aerenchyma and the processes of plant ventilation in relation to soil flooding and submergence. **Plant Biology**, v.1, p.274–287, 1999.
- KLUMB, E.K.; RICKES, L.N.; BRAGA, E.J.B.; BIANCHI, V.J. Evaluation of Gas Exchanges in Different Prunus spp. Rootstocks Under Drought and Flooding Stress. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, 2017.
- KLUMB, E.K.; BRAGA, E.J.B.; BIANCHI, V.J. Differential expression of genes involved in the response of Prunus spp. rootstocks under soil flooding. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 109038, 2020.
- LICAUSI, F. Molecular elements of low-oxygen signaling in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 148, p. 1-8, 2013.
- MARTINAZZO, E. G.; RAMM, A.; BACARIN, M. A. The chlorophyll a fluorescence as an indicator of the temperature stress in the leaves of Prunus persica. **Brazilian Society of Plant Physiology**, Brasil, v. 24, n. 4 p. 237-246, 2012.
- MORARD, P.; SILVESTRE, J.; LACOSTE, L.; CAUMES, E.; LAMAZE, T. Nitrate uptake and nitrite release by tomato roots in response to anoxia. **Journal Plant Physiology**, França, v.161, p.855–865, 2004.
- MELO, A.S.; SILVA, A.R.F.; DUTRA, A.F.; DUTRA, W.F.; SÁ, F.V.S.; ROCHA, M.M. Crescimento e pigmentos cloroplastídicos de genótipos de feijão vigna sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n. 2579 - 2591, 2018.
- SILVA, J.M. Índices nitrogenados, biomassa e produção de pimentão em SLAB associados a doses de nitrogênio via gotejamento. 2019. 61f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- THIEL, C.H. Comportamento fisiológico da cultura da soja em terras baixas. 2019. 52f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Curso de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.