



## EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E USO DA ÁGUA EM PLANTAS DE MIRTILEIRO SOB INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Ricardo Antônio Ayub<sup>1</sup>, Keren Jemima Almeida Maciel<sup>2</sup>, Isabela Letícia Pessenti<sup>2</sup>, Pedro Reque Kouba<sup>3</sup>, Lygia Werlang Momoli<sup>2</sup>, Evaldo Leandro Potma da Silva<sup>3</sup>, Mariane Antunes<sup>3</sup>

**RESUMO:** A avaliação das variáveis fisiológicas das plantas é imprescindível para se aferir o comportamento destas sob diferentes tratos culturais. Deste modo, objetivou-se avaliar a influência da inoculação de *Azospirillum brasilense* e concentrações de nitrogênio sobre a assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática (Gs) ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e eficiência do uso da água (EUA) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ) em plantas de mirtilheiro cv. Clímax. Para isso foi empregado o delineamento experimental de blocos aleatorizados em esquema fatorial 2 x 3, com seis repetições e seis plantas por parcela. O primeiro fator correspondeu as concentrações de nitrogênio, 0 e 8 g planta<sup>-1</sup>; e o segundo, a inoculação ou não com *A. brasilense*, sendo este ativo ou estéril, totalizando seis tratamentos. As avaliações foram realizadas nos estádios de floração, colheita e após a colheita. Para a A, houve interação significativa para os estádios de floração e pós-colheita e este último também apresentou interação para a EUA. Na colheita não se observou diferença significativa. Não houve interação significativa para Gs, mas a adubação foi benéfica na floração, e após a colheita, o AZE foi superior ao AZ, entretanto não diferiu da testemunha. Conclui-se então, que após a colheita há uma menor necessidade dos fatores estudados neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Azospirillum brasilense*, *Vaccinium ashei*, nitrogênio.

### INTRODUÇÃO

Atualmente, o mirtilheiro (*Vaccinium* spp.) possui grande destaque mundial por ter inúmeras propriedades nutracêuticas e sua produção vem apresentando um célere aumento. Logo, faz-se necessário técnicas efetivas que potencializem seus aspectos produtivos.

Um dos principais manejos realizados é a adubação nitrogenada, uma vez que o nitrogênio é o nutriente mais requerido pelas plantas, estando presente em diversos compostos e atuando em inúmeros processos, como a fotossíntese, e ademais, é de suma importância para a obtenção de altas produtividades (Leitzke *et al.*, 2015).

Outra técnica, é a utilização de bactérias diazotróficas, que são importantes na fixação

<sup>1</sup>Professor Titular de Fruticultura, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Gal. Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa-PR, rayub@uepg.br.

<sup>2</sup>Pós-graduando, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

<sup>3</sup>Graduando, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

biológica de nitrogênio e caracterizadas pelo seu custo módico, auxílio na eficiência do uso de fertilizantes e produção de fitormônios (Cassetari *et al.*, 2016). Um exemplo é o *A. brasilense*, que coloniza numerosas espécies de plantas, melhorando seu crescimento, desenvolvimento e produtividade (Cassán e Dias-Zorita, 2016).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi investigar os efeitos no aparato fotossintético de plantas de mirtilheiro sob inoculação de *A. brasilense* associada ou não com a adubação nitrogenada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido com plantas de mirtilheiro cv. Clímax em um pomar experimental localizado em Ponta Grossa (25° 05' 49" S, 50° 03' 11" O e altitude de 969 m).

Empregou-se o delineamento experimental de blocos aleatorizados em esquema fatorial 2 x 3, com seis repetições e seis plantas por parcela. O primeiro fator correspondeu as concentrações de nitrogênio, 0 e 8 g N planta<sup>-1</sup>; e o segundo, a inoculação ou não com *A. brasilense*, sendo este ativo (AZ) ou estéril (AZE), totalizando seis tratamentos: testemunha, AZ, AZE, 8 g de N planta<sup>-1</sup>, AZ com 8 g de N planta<sup>-1</sup> e AZE com 8 g de N planta<sup>-1</sup>.

O inoculante utilizado foi o GRAPNODa, estirpes AbV5 e AbV6 (2×10<sup>8</sup> Ufc/ml), autoclavando este para a obtenção da forma estéril. A dosagem foi adaptada de Hadas e Okon (1987), usando 1 µl de AZ e AZE, mais 999 µl de água destilada e colocada em um buraco de 10 cm próximo ao colo de cada planta. O adubo utilizado foi o Yara Bela 27 00 00.

Para determinação da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) (µmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (Gs) (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e eficiência do uso da água (EUA) (µmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O), foram escolhidas folhas saudáveis e utilizado o analisador de gás infravermelho – IRGA – Infrared Gas Analyser, modelo LICOR 6400. As avaliações foram realizadas nos estádios de floração (25/10/2017), colheita (27/01/2018) e após a colheita (16/03/2018).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos. Satisfeita essa pressuposição, foi feito o teste F (5%) da análise de variância para verificar a significância dos fatores e interação, ao teste significativo, foi comparado às médias por Tukey (p>0,05) através do software R CORE TEAM.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As taxas de A, apresentaram interação significativa em dois estádios. Na floração, a aplicação do nitrogênio beneficiou a inoculação com AZ. Em contrapartida, para AZE, a não adubação apresentou os melhores resultados, entretanto, após a colheita, observou-se



um comportamento inverso. Em relação aos níveis de nitrogênio, o uso de 8 g N planta<sup>-1</sup> com AZ, diminuiu esta variável (Tabela 1).

Tabela 1 – Assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e eficiência do uso da água de plantas de mirtilheiro cv. Clímax, no estágio de floração e pós-colheita, sob inoculações de *A. brasilense* e concentrações de nitrogênio.

|                              | ASSIMILAÇÃO LÍQUIDA DE CO <sub>2</sub> (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |          |              |           | EUA (μmol CO <sub>2</sub> mol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O) |          |
|------------------------------|--|----------|--------------|-----------|---|----------|
|                              | FLORAÇÃO   |          | PÓS-COLHEITA |           | PÓS-COLHEITA  |          |
|                              | 0  | 8        | 0            | 8         | 0   | 8        |
|                              | (g N planta <sup>-1</sup> )  |          |              |           |   |          |
| Sem inoculação               | 7,811 Aa   | 8,647 Aa | 8,375 Aa     | 9,125 Aa  | 4,851 Ba  | 5,440 Aa |
| <i>A. brasilense</i>         | 9,749 Ab   | 7,815 Aa | 8,437 Aa     | 6,704 Ba  | 6,105 Aa  | 4,474 Ab |
| <i>A. brasilense</i> estéril | 9,563 Aa   | 7,843 Ab | 8,426 Ab     | 10,416 Aa | 5,006 Aba   | 5,022 Aa |
| CV (%)                       | 11,72  |          | 13,68        |           | 13,07   |          |

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

Não houve interação significativa para Gs, todavia na floração, houve diferença significativa para os níveis de nitrogênio, mostrando que a concentração 8 g N planta<sup>-1</sup> foi superior a 0 g N planta<sup>-1</sup>, apresentando os valores 0,223 e 0,177 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente. Após a colheita, a inoculação com AZE foi superior ao AZ, mas não diferiu da testemunha, sendo os valores, nesta ordem, 0,048, 0,037 e 0,0438 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Para os resultados de EUA, houve interação apenas no estágio de pós-colheita. A aplicação de nitrogênio diminuiu as taxas desta variável quando inoculado com AZ, mas esta, aumentou os valores de EUA quando não houve adubação (tabela 1), mostrando que esta pode afetar a eficiência fisiológica do uso da água de *A. brasilense*, não obstante, este pode auxiliar a planta na produção de compostos que irão regular o potencial osmótico das células (Dimkpa *et al.*, 2009; Cassetari *et al.*, 2016).

No estágio de colheita, não houve diferenças significativas para as variáveis. As respectivas médias para os níveis 0 e 8 g N planta<sup>-1</sup>, sem inoculação, AZ e AZ para A foram 6,79; 7,00; 6,69; 6,69 e 7,20 (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), para EUA, 9,13; 8,72; 8,77; 9,28 e 8,72 (μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O), e para Gs, 0,030; 0,316; 0,030; 0,029; 0,033 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Os resultados supracitados demonstram a maior exigência de nitrogênio pela planta no período reprodutivo, uma vez que a adubação, concomitante com a inoculação, beneficiou as variáveis no período de floração. Contudo, após a colheita, a aplicação de nitrogênio inibiu a ação do *A. brasilense*, pois a necessidade da planta por este macronutriente é menor neste estágio, não necessitando assim, da associação (Cassetari *et al.*, 2016; Taiz *et al.*, 2017).

As melhorias ocasionadas no aparato fotossintético das plantas podem ser

<sup>1</sup>Professor Titular de Fruticultura, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Gal. Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa-PR, rayub@uepg.br.

<sup>2</sup>Pós-graduando, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

<sup>3</sup>Graduando, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

revertidas em aumentos nas diversas características fisiológicas. Xie *et al.* (2018), avaliando a interação planta-micorriza-bactéria em plantas locais da Finlândia, concluíram que os microrganismos propiciaram maior aumento no peso da parte aérea e eficiência fotossintética. Já Andrade *et al.* (2019), concluíram que a cultura do morangueiro responde positivamente à inoculação com bactérias promotores do crescimento, tendo respostas ainda mais expressivas com a inoculação combinada com nitrogênio.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados conclui-se que houve uma interação entre o nitrogênio e o *A. brasilense* na floração para a A e após a colheita para A e EUA. Quanto a Gs, não teve interação, mas o nitrogênio e a inoculação beneficiaram a floração, demonstrando que após a colheita há uma menor necessidade de adubação e da associação.

## REFERÊNCIAS

- Andrade FM, Pereira TA, Souza TP, Guimaraes PHS, Martins AD, Schwan RF, Pasqual M, Dória J. Beneficial effects of inoculation of growth-promoting bacteria in strawberry, *Microbiol Res.* 2019; 223-225:120-128. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.04.005>
- Cassán F, Diaz-Zorita M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biol Biochem.* 2016; 103:117-130. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020>
- Cassetari AS, Gomez SPM, Silva MCP. Fixação biológica de nitrogênio associativa e de vida livre. In: Cardoso EJBN, Andreote FD, editores. *Microbiologia do solo*. 2nd ed. Piracicaba: ESALQ; 2016. p. 133-147.
- Dimkpa C, Weinand T, Asch F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell Environ.* 2009; 32:1682-1694. [10.1111/j.1365-3040.2009.02028.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02028.x)
- Hadas R, Okon Y. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedlings. *Biol Fertil Soils.* 1987; 5:241-247. <https://doi.org/10.1007/BF00256908>
- Leitzke LN, Picolotto ISP, Vignolo GK, Schimtz JD, Vizzotto M, Antunes LEC. Nitrogen fertilizer affects the chemical composition of the substrate, the foliar nutrient content, the vegetative growth, the production and fruit quality of blueberry. *Científica, Jaboticabal.* 2015; 4:316-324. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n4p316-324>
- R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018.
- Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6nd ed. Porto Alegre: Artmed; 2017.
- Xie L, Lehvãvirta S, Timonen S, Kasurinen, J, Niemikapee J, Valkonen JPT. Species specific synergistic effects of two plant growth—Promoting microbes on green roof plant biomass and photosynthetic efficiency. *Plos One.* 2018; 13:1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209432>