

MICROORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO DE PLANTAS NO MANEJO DE *Zea mays* SOB DÉFICIT HÍDRICO

EYKO NATHAN SILVA DO PRADO^{1,2*}, BRUNA MACEDO³, YUGO LIMA MELO⁴,
ALFREDO CASTAMANN⁵, DENISE CARGNELUTTI⁶

1 Introdução

As condições ambientais são um fator que afetam significativamente o desenvolvimento das plantas, que estão sujeitas à diversos estresses abióticos ou bióticos, sendo um exemplo de estresse abiótico o estresse hídrico. O estresse hídrico é um empecilho para o desenvolvimento de vegetais, pois a água é de fundamental importância para funções metabólicas e a regulação de temperatura em organismos vivos, assim o aumento da temperatura somado a baixa frequência de precipitação pode provocar o déficit hídrico nos vegetais. Esses efeitos ao afetar a produtividade de lavouras implicam não somente em questões ambientais, mas também em questões socioeconômicas. Assim, tendo em vista as mudanças climáticas e as suas consequências em áreas de plantio, é fundamental reavaliar o modo como é executado o manejo da agricultura.

Em um cenário como este, os microrganismos são uma alternativa para atenuar o dano resultante da seca, pois estudos realizados pela EMBRAPA já demonstram que bactérias isoladas do ambiente são capazes de promover o crescimento do milho crioulo (*Zea mays* L.) (Kavamura *et al.*, 2013). Assim, a busca por microrganismos eficientes (ME) em ambientes inexplorados se torna uma alternativa para lidar com a falta de água no desenvolvimento dos vegetais. A ativação de enzimas e a síntese de proteínas podem ser otimizadas graças a utilização desses microrganismos, que liberam metabólitos secundários que auxiliam nesses processos (Talaat, 2014). Portanto, o uso desse recurso para o melhor rendimento é promissor em situações em que a cultura do milho se encontra exposta ao estresse hídrico.

¹Discente, instituição Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*, contato: eyko.prado@estudante.uffs.edu.br

² Grupo de Pesquisa: Agricultura Familiar e Transição Agroecológica.

³ Discente de Biologia Bacharelado, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*.

⁴ Professor Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*,

⁵ Professor Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*,

⁶ Professora Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*, **Orientadora**.

2 Objetivos

O presente trabalho objetivou avaliar se o fosfato reativo natural (FNR) associado aos microrganismos eficientes, bactérias do gênero *Azospirillum* (Az) e/ou BiomaPhos (*Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*) auxiliam no crescimento de plantas do milho crioulo (*Z. mays* L.) crescendo sob déficit hídrico.

3 Metodologia

Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Microscopia, laboratório de Entomologia e Bioquímica e na casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus de Erechim. Os experimentos foram conduzidos em vasos utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições por tratamento (Tabela 1). As sementes foram obtidas junto ao Centro de Apoio e Promoção da Agroecologia: CAPA – Erechim, RS (Número de registro no **SISGEN: A5A4971**). As sementes foram colocadas em vasos contendo 8 L de substrato mais solo (solo + composto orgânico + areia, na proporção 1:1:1), sendo colocadas 3 sementes por vaso e após 15 dias foi realizado raleio, deixando-se uma plântula por vaso.

Tabela 1. Tratamentos utilizados. A primeira e a segunda coluna expressam a aplicação de tratamento nos grupos de tratamento de 100% da capacidade de pote (CP) e 50% da CP, respectivamente. TC – tratamento controle.

	100% CP	50% CP
TC	Controle – 100% CP	Controle – 50% CP
AZ	<i>Azospirillum</i>	<i>Azospirillum</i>
ME	ME	ME
<i>BsBm</i>	BiomaPhos	BiomaPhos
FNR + Az	Fosfato + <i>Azospirillum</i>	Fosfato + <i>Azospirillum</i>
FNR + <i>BsBm</i>	Fosfato + BiomaPhos	Fosfato + BiomaPhos
FNR + ME	Fosfato + ME	Fosfato + ME

A capacidade de pote (CP) foi determinada a partir do solo saturado com água e o peso do pote (Souza *et. al.* 2000). A reposição da água evapotranspirada no período foi realizada com uso de regador manual, mantendo-se os vasos próximos à capacidade de pote e omitindo-se a irrigação em 50% (representado por 50% CP), da capacidade do pote naqueles tratamentos em condições de estresse. As plantas foram submetidas ao déficit hídrico 16 dias após a semeadura (DAS) as quais permaneceram nesta condição até a colheita. Os tratamentos foram determinados a partir da definição em laboratório da capacidade de retenção de água do substrato, da densidade do substrato, do volume dos sólidos e dos poros, do volume do substrato em cada pote e do espaço de aeração.

Os ME utilizados nesta pesquisa foram obtidos e capturados de acordo com as normas do Ministério da Agricultura da Pecuária e Abastecimento, por meio das Fichas Agroecológicas na área experimental da UFFS, Campus Erechim (Número de registro no SISGEN: A5A4971). Os microrganismos, *Azospirillum* e BiomaPhos e/ou os ME, na forma de solução diluída (1:500) foram aplicados em tratamento de sementes e borrifados 4 ml por vaso na planta e no solo. As aplicações dos microrganismos foram semanais, realizadas sempre no período da tarde e se estenderam até 35 DAS. No tratamento controle foi borrifado apenas água. O fosfato natural na dose de 75 g por vaso foi incorporado ao solo no momento da preparação do substrato para o cultivo das plantas. A dose de fosfato natural foi calculada com base na análise de solo.

As análises dos parâmetros biométricos foram realizadas aos 35 DAS, avaliando as seguintes variáveis: altura das plantas (PA), diâmetro do caule (DC) e número de folhas por planta (NFP). O teor de clorofila foi mensurado com o uso do clorofilômetro portátil (modelo SPAD). A atividade dos fotossistemas foi determinada utilizando-se o equipamento fluorômetro. Na avaliação das trocas gasosas, foi usado o Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA), do qual foram obtidos os seguintes parâmetros: C_i - Concentração interna de CO_2 , E - taxa de transpiração, G_s - condutância estomática, A - Taxa de fotossíntese líquida, EUA - Eficiência do uso de água e A/C_i - eficiência de carboxilação, também partir do terço médio da primeira folha completamente expandida.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de *Tukey* a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software genes e as análises de correlações foram obtidas por meio do software prisma (GraphPad Prism 10).

4 Resultados e Discussão

A análise de *Tukey* mostrou que os melhores tratamentos tanto para plantas cultivadas a 100% da CP quanto plantas cultivadas a 50% CP foram FNR+AZ, FNR+BsBm e FNR+ME, os quais induziram um aumento de 27% na altura de *Z. mays* quando comparado com a média dos tratamentos controle. No déficit hídrico, os dados mostraram que a altura da PA de *Z. mays* cultivado sob restrição hídrica (50% CP) foi 10% maior ($p \leq 0.05$) quando comparado com as plantas cultivadas sem restrição hídrica (100% CP), principalmente com a aplicação de FRN+ME, FNR+Az e FNR+BsBm (Tabela 02).

Tabela 02. Efeito de interação entre as médias da variável Fv/Fm de folhas de *Zea mays* tratado com bioinsumos (*Az*; ME; *BsBm*; FNR + *Az*; FNR + *BsBm*; FNR + ME e TC (tratamento controle) cultivados na presença (Capacidade de pote 50%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica

Bioinsumos	Altura PA			Diâmetro do Caule ^{ms}		NFP ^{ms}		
	(cm)			(cm)				
	100%	50%	\bar{x} (100%:50%)	100%	50%	100%	50%	
TC	46.73	50.5	48.62	b	7.89	8.08	8.25	8.50
<i>Az</i> ^l	48.37	59.5	53.94	ab	6.96	7.69	7.00	8.50
ME	55.37	55.75	55.56	ab	7.05	7.44	8.75	7.75
<i>BsBm</i>	54.37	55.5	54.94	ab	7.5	8.16	8.25	8.25
FNR + <i>Az</i>	56.87	66.25	61.56	a	7.58	8.56	8.00	8.00
FNR + <i>BsBm</i>	62.75	60.25	61.5	a	7.99	8.65	8.50	8.25
FNR + ME	56.42	71.12	63.78	a	8.18	8.51	8.25	7.75
Média	54.42 B	59.84 A			7.59	8.15	8.14	8.14
CV (%)	11.909				14.42		14.31	

Os resultados do presente estudo para a Ci mostraram uma diminuição significativa de 22% e 12%, respectivamente, nas folhas de *Z. mays* do TC de 50% CP e nas folhas do tratamento com aplicação de *Az*, quando comparados com o TC de 100% CP (Tabela 03). Analisando os resultados da Ci para os tratamentos sem restrição hídrica, a principal diferença significativa foi entre o tratamento com aplicação de *Az* e o tratamento com a combinação de FNR+ME, sendo o primeiro 22% maior que o segundo (Tabela 03).

Tabela 3. Resumo da análise de variância ANOVA (Fatorial seguindo delineamento inteiramente casualizado) para as variáveis Ci e A/Ci de *Z. mays* tratado com bioinsumos ou não (TC, tratamento controle) e cultivado na presença (CP 50%) ou não (CP 100%) de restrição hídrica.

Bioinsumos	Ci						EUA						A/Ci					
	$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}^{-1})$						$(\text{micromol/m}^2/\text{s})/(\text{mol/m}^2/\text{s})$						$(\text{micromol/m}^2/\text{s})/(\text{micromol/mol})$					
	100%		50%				100%		50%		100%		50%					
TC	149.6	ab	A	116.4	d	B	6.09	cd	B	6.98	a	A	0.17	ab	B	0.23	a	A
<i>Az</i> ^l	154.4	a	A	134.6	bcd	B	5.72	d	B	6.80	ab	A	0.15	b	B	0.202	ab	A
ME	144.8	ab	A	156.6	ab	A	6.58	abc	A	6.33	bc	A	0.20	ab	A	0.182	ab	A
<i>BsBm</i> ^l	149.4	ab	A	163	a	A	6.39	abc	A	6.03	c	B	0.19	ab	A	0.172	b	A
FNR + <i>Az</i> ^l	151.8	ab	A	164.4	a	A	6.19	bcd	A	5.95	c	A	0.18	ab	A	0.166	b	A
FNR + <i>BsBm</i> ^l	142	ab	A	147.6	abc	A	6.66	ab	A	6.31	bc	A	0.22	a	A	0.198	ab	A
FNR + ME	125.6	b	A	120.2	cd	A	6.93	a	A	6.40	bc	B	0.23	a	A	0.196	ab	A
Média	149.4			147.6			6.40			6.03			0.192			0.196		
CV (%)	10.02						4.39						14.96					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal dentro de cada condição/capacidade de pote, e minúscula na vertical dentro de cada condição Bioinsumos não diferem entre si pelo teste Tukey a 95% de confiança ($p \leq 0.05$).

Os resultados do presente estudo mostraram que os tratamentos responsáveis pelos maiores (8% e 12%, respectivamente) índices de EUA foram FNR+BsBm e FNR+ME quando comparados com o TC (100% CP). Sob restrição hídrica, o único tratamento significativamente superior para o mesmo parâmetro foi o *Az* e o TC, quando comparado a EUA de plantas de *Z. mays* cultivadas em 100% CP. A A/Ci apresentou médias significativamente maiores em folhas de *Z. mays* sob 50% CP quando comparado com plantas

sob 100% da CP, somente nos tratamentos controle e com aplicação de *Az*, sendo estes 32% e 34% maiores, respectivamente (Tabela 03). Para G_s , E e A, não houve diferenças significativas.

5 Conclusão

Os resultados mostram que a presença de bioinsumos unidos ao FNR proporcionou um efeito positivo na altura de *Zea mays* cultivado sob déficit hídrico, embora os demais parâmetros morfológicos não tenham demonstrado alterações significativas. Não obtivemos dados significativos para o teor de clorofila e eficiência quântica do PSII. Por outro lado, a aplicação de *Az* proporcionou uma maior A/C_i em folhas de *Z. mays* submetido ao déficit hídrico em comparação ao grupo sem estresse.

6 Referências Bibliográficas

KAVAMURA, Vanessa N. et al. Triagem de rizobactérias de cactos brasileiros para promoção do crescimento de plantas sob seca. **Pesquisa microbiológica**, v. 168, n. 4, p. 183-191, 2013.

TALAAT, Neveen B. Effective microorganisms enhance the scavenging capacity of the ascorbate-glutathione cycle in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown in salty soils. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 136–143, 2019.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, I. de F. da; NETO, M. da S. A. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

Palavras-chave: milho crioulo, estresse hídrico, BiomaPhos, fosfato reativo natural, *Azospirillum*.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2023-0055.

Financiamento: UFFS.