



Acúmulo de Micronutrientes em Grãos de Milho inoculado com *Azospirillum brasilense* no Cerrado

Poliana Aparecida Leonel Rosa^(1*); Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽¹⁾; Murilo Augusto Sgobi⁽¹⁾; Fernando Shintate Galindo⁽¹⁾; Rafaela Neris Gaspareto⁽¹⁾; Willian Lima Rodrigues⁽¹⁾; Maurício Barco Neto⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000 (*apresentador, polianaleonelrosa@gmail.com).

RESUMO: A inoculação com microrganismos promotores de crescimento e/ou diazotróficos, podem vir a interferir na absorção e acúmulo de nutrientes em diferentes genótipos de espécies vegetais. Assim, objetivou-se avaliar o acúmulo de micronutrientes nos grãos de dois híbridos de milho inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi desenvolvido em sistema plantio direto, na safra 2014/15, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, argiloso, do município de Selvíria-MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, e esquema fatorial 2x2 (2 híbridos de milho (DKB 350 VT PRO e DKB 390 VT PRO), com e sem inoculação das sementes por *Azospirillum brasilense*). As parcelas possuíam 20 m de comprimento com seis linhas espaçadas de 0,45 m. Na maturidade fisiológica da cultura, após a colheita, foi determinada a massa seca e a concentração de micronutrientes nos grãos, para posterior cálculo do acúmulo de micronutrientes nos grãos. O acúmulo de micronutrientes nos grãos não difere entre os dois híbridos de milho, exceto para B. O híbrido simples DKB 390 exporta mais B da área pelos grãos do que o híbrido triplo DKB 350, independente da inoculação. A inoculação de híbridos de milho com *Azospirillum brasilense* (via semente) proporciona menor exportação de B e Cu por meio dos grãos, independente do híbrido.

Termos de indexação: exportação de micronutrientes; *Zea mays*; híbridos precoces.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) se destaca como uma das culturas de elevada importância econômica e social, devido principalmente à sua diversidade de uso e abrangência de cultivo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial deste cereal. A produção nacional em 2016/17 foi de 88,4 milhões de toneladas de grãos em uma área de 14,2 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2018).

A inoculação de espécies vegetais com

determinados microrganismos promotores de crescimento e/ou diazotróficos, tem sido estudada buscando maneiras de aumentar o aproveitamento de fertilizantes pelas plantas (maior volume do sistema radicular devido ao efeito hormonal), a produtividade de grãos e até enriquecimento de grãos em nutrientes.

Araújo (2008), relata que as bactérias do gênero *Azospirillum* apresentam as seguintes vantagens: antagonismo a agentes patogênicos; produção de fitormônios; pouca sensibilidade às variações de temperatura e ocorrência em todos os tipos de solo e clima. Neste sentido torna-se interessante o desenvolvimento de novas pesquisas com tal gênero.

Devido ao intensivo trabalho do melhoramento genético, existe no mercado constante renovação dos híbridos disponíveis aos agricultores (GUTIÉRREZ et al., 2015). Diferentes materiais genéticos acumulam quantidades distintas de nutrientes.

A falta de informações atuais referentes ao acúmulo de nutrientes por híbridos de alto potencial produtivo para as condições de solos brasileiros, principalmente relacionada aos micronutrientes, justifica a realização de pesquisas que englobem esses genótipos, sendo possível descobrir-se as quantidades que devem ser devolvidas ao solo para manter sua fertilidade (GUTIÉRREZ, 2016). Dessa forma, objetivou-se avaliar o acúmulo de micronutrientes nos grãos de dois híbridos de milho inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS.

O tipo climático da região é classificado como Aw de Köppen, com precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho



Distrófico típico, argiloso, de acordo com critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2018), com granulometria na profundidade de 0,00-0,20 m de 420, 50 e 530 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 28 anos, sendo os últimos 12 anos em sistema plantio direto. A cultura anterior à semeadura do milho foi o trigo.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois híbridos de milho, com inoculação ou não das sementes por *Azospirillum brasilense*.

As parcelas experimentais apresentavam 20 m de comprimento com seis linhas espaçadas de 0,45 m, considerando como área útil da parcela apenas as quatro linhas centrais.

Utilizou-se os seguintes híbridos de milho: o híbrido simples DKB 390 VT PRO, de ciclo precoce (870 GD), grão semiduro amarelo-alaranjado, com população média de 60-65 mil plantas ha⁻¹; e o híbrido triplo DKB 350 VT PRO, de ciclo precoce (860 GD), grão semiduro alaranjado, com população média de 65-70 mil plantas ha⁻¹; ambos transgênicos (resistentes à lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)), de alta resistência ao acamamento, alto nível de tecnologia e destinados à produção de grãos (CRUZ et al., 2014).

As sementes foram inoculadas no momento da semeadura (dezembro/2014) utilizando as estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum brasilense* (2x10⁸ células viáveis mL⁻¹) na dose de 200 mL ha⁻¹.

Na maturidade fisiológica da cultura, após a colheita (abril/2015), foi determinada a massa seca e a concentração de micronutrientes nos grãos (B, Cu, Fe, Mn e Zn) de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), para posterior cálculo do acúmulo destes micronutrientes nos grãos.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias dos tratamentos. Foi utilizado o programa computacional SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Fe e o Zn foram os micronutrientes mais acumulados nos grãos dos híbridos de milho, e o Cu e o B os nutrientes menos acumulados, respectivamente (**Tabela 1**).

Borges (2006) quando avaliou dois híbridos simples de milho precoces (GNZ2004 e P30F33) em Latossolo Vermelho Distroférrico (textura argilosa),

também observou que os micronutrientes que apareciam em menores quantidades nos grãos era o Cu, entretanto, o Mn era o micronutriente que manifestava-se em maior quantidade.

Avaliando seis híbridos de milho transgênicos no estado de Illinois, EUA, Bender et al. (2013), observaram em média que Zn e Fe são os micronutrientes com maiores quantidades acumuladas nos grãos e, B e Cu são os que possuem menor quantidade acumulada, no mesmo sentido que o presente trabalho, embora sejam duas condições muito distintas.

O acúmulo de B nos grãos de milho diferiu tanto em relação aos híbridos quanto em relação à inoculação. O híbrido DKB 390 acumulou mais B do que o DKB 350, chegando a acumular cerca de 38% à mais deste nutriente nos grãos. Tal fato pode ter se dado devido ao primeiro ser um híbrido simples, de alto nível tecnológico, elevado potencial produtivo, muito mais exigente nutricionalmente do que o DKB 350 (híbrido triplo, de nível tecnológico menor).

A inoculação com *A. brasilense* reduziu significativamente o acúmulo de B e Cu nos grãos dos híbridos de milho, em 32 e 55%, respectivamente. Porém, para o acúmulo de Cu não houve diferença significativa entre os híbridos.

Para os acúmulos de Fe, Mn e Zn nos grãos não houve diferença significativa entre os tratamentos, mas ainda assim, quando inoculados os híbridos apresentaram maior acúmulo de Fe (incremento de 8%) e Zn (incremento de 3%) nos grãos. Tal fato pode ser interessante quando se pensa em biofortificação agrônômica, uma forma de enriquecer nutricionalmente os grãos e agregar valor aos mesmos.

Não houve interação significativa dos tratamentos para nenhum dos micronutrientes estudados.

CONCLUSÕES

O acúmulo de micronutrientes nos grãos não difere entre os dois híbridos de milho, exceto para B.

O híbrido simples DKB 390 exporta mais B da área pelos grãos do que o híbrido triplo DKB 350, independente da inoculação.

A inoculação de híbridos de milho com *Azospirillum brasilense* (via semente) proporciona menor exportação de B e Cu por meio dos grãos, independente do híbrido.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS



ARAÚJO, S. C. Realidade e perspectivas para o uso de Azospirillum na cultura do milho. Revista informações agronômicas, n. 122, p. 4-6, 2008.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. Agronomy Journal, v.105, n.1, p. 161-170, 2013.

BORGES, I. D. Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. 2006. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Décimo primeiro levantamento: safra 2017/2018. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; QUEIROZ, L. R. Milho: cultivares para 2013/2014. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. Brasília, 2018. 530p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUTIÉRREZ, A. M.; PADILHA, F. A.; SILVA, C. G. M.; RESENDE, A. V.; MOREIRA, S. G.; SIMÃO, E. P. Teor nos grãos e exportação de micronutrientes pelo milho em dois níveis de investimento tecnológico. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – CBCS 2015, Natal-RN. 2015. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015. 4 p.

GUTIÉRREZ, A. M. Extração e exportação de micronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de adubação em plantio direto no cerrado. 2016. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências agrárias) – Universidade Federal de São João del-Rei, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

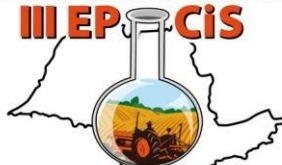


Tabela 1 - Acúmulos de micronutrientes nos grãos de híbridos de milho inoculados ou não com *A. brasilense*. Selvíria – MS.

	B	Cu #	Fe	Mn	Zn
	-----g ha ⁻¹ -----				
Híbridos					
DKB 390 VT PRO	38,09 a	22,94 a	168,72 a	37,81 a	152,29 a
DKB 350 VT PRO	27,66 b	41,14 a	180,62 a	43,21 a	171,34 a
DMS (5%)	8,04	19,43	41,15	9,66	30,06
Inoculação					
Com <i>Azospirillum</i>	26,58 b	19,91 b	181,75 a	41,01 a	164,56 a
Sem <i>Azospirillum</i>	39,17 a	44,17 a	167,59 a	40,01 a	159,07 a
DMS (5%)	8,04	19,43	41,15	9,66	30,06
Teste F					
Híbrido (H)	8,60*	4,49 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,60 ^{ns}	2,05 ^{ns}
Inoculação (I)	12,54**	7,98*	0,61 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,17 ^{ns}
H x I	0,18 ^{ns}	1,94 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,99 ^{ns}
Média geral	32,88	32,04	174,67	40,51	161,82
CV (%)	21,63	25,35	20,83	21,09	16,42

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**, * e ^{ns}: significativas em p < 0,01, 0,01 < p < 0,05, e não significativas, respectivamente.

#: dados ajustados pela seguinte equação $(X + 0,5)^{0,5}$.