

Impacto da inoculação com *Azospirillum brasilense* associado a fontes de nitrogênio na cultura do milho

Impact of inoculation with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources in corn culture

Marcelo Stefanello Brondani, Claudir José Basso, Eveline Ferreira Soares*, Mateus Júnior Rodrigues Sangiovo, Eduarda Vargas de Souza Leandro, Lucas Gaviraghi, Marcelo Silveira de Farias e Antônio Luis Santi

Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, Brasil
(*E-mail: soares.eveline@yahoo.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.25241>
Recebido/received: 2021.02.08
Aceite/accepted: 2021.11.18

RESUMO

A adubação nitrogenada na cultura do milho é um fator de grande impacto nos custos de produção, devido sua importância no rendimento da cultura. Desta forma, cama de aves e bactérias fixadoras de nitrogênio podem ser alternativas de estratégias de gestão para suprir a demanda. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos da inoculação da bactéria *A. brasilense* associada à cama de aves e a adubação mineral sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos de milho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 8 repetições, sendo os tratamentos assim constituídos: T1 - Testemunha, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N-mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico, T6 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico + *A. brasilense*, T7 - 100% N-orgânico, T8 - 100% N-orgânico + *A. brasilense*. Para os parâmetros de planta e produtividade final de grãos de milho, a utilização da fonte mineral e associação mineral e orgânica potencializou maiores incrementos quando comparada à fonte somente via orgânica. A inoculação com *A. brasilense* não influenciou nos parâmetros analisados.

Palavras-chave: cama de aves, fixação de nitrogênio, nutrição mineral, produtividade, *Zea mays*.

ABSTRACT

Nitrogen fertilization in corn is a factor of great impact on production costs, due to its importance in crop yield. In this way, poultry litter and nitrogen-fixing bacteria can be alternative management strategies to supply the demand. Therefore, the objective of this work was to evaluate the impacts of the inoculation of the bacterium *A. brasilense* associated with poultry litter and mineral fertilization on some plant parameters and on the final productivity of corn grains. The experiment was conducted in a randomized block design, with 8 treatments and 8 repetitions, the treatments being constituted as follows: T1 – Control, T2 – *A. brasilense*, T3 – 100% N-mineral, T4 – 100% N-mineral + *A. brasilense*, T5 – 50% N-mineral + 50% N-organic, T6 – 50% N-mineral + 50% N-organic + *A. brasilense*, T7 – 100% N-organic, T8 – 100% N-organic + *A. brasilense*. For the plant parameters and final productivity of corn grains, the use of the mineral source and mineral and organic association resulted in greater increments when compared to the organic source alone. The inoculation with *A. brasilense* did not influence the analyzed parameters.

Keywords: poultry litter, nitrogen fixation, mineral nutrition, productivity, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

A produtividade da cultura do milho depende, entre outros fatores, do aporte de nutrientes. Dentre eles, o nitrogênio é o mais absorvido, exercendo funções metabólicas essenciais na planta, como: constituinte da clorofila, enzimas, ácidos nucleicos, proteínas, ATP, NADH e NADPH. Sua deficiência na planta pode reduzir a produtividade bem como a qualidade final de grãos (Marques *et al.*, 2020).

No milho, a utilização de fontes minerais tem sido a principal forma de suprir a demanda de nitrogênio pela cultura, devido a sua concentração conhecida, alta solubilidade e rápida disponibilidade às plantas, facilidade na gestão e, conseqüentemente, maior sincronismo entre a aplicação e a demanda da planta. Todavia, essa alta solubilidade pode potencializar perdas de nitrogênio para o ambiente através de lixiviação e/ou volatilização (Gavilanes *et al.*, 2019). Portanto, a busca por tecnologias e estratégias de gestão mais sustentáveis para o nitrogênio tem sido uma constante entre investigadores, técnicos e produtores. Devido a isso, a utilização de resíduos orgânicos provenientes da produção animal bem como a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento de plantas, com ênfase para as do gênero *Azospirillum* (Milléo & Cristófoli, 2016), têm sido cada vez mais estudadas.

A cama de aves, utilizada como fonte de nitrogênio, pode trazer benefícios para a cultura. Isso ocorre devido a sua alta relação C/N, onde os nutrientes são disponibilizados de forma gradual ao longo do ciclo da cultura o que é bom sob o ponto de vista nutricional, além do aumento nos teores de carbono e matéria orgânica (Neto *et al.*, 2018). No entanto, essa liberação gradual dos nutrientes da cama de aves pode não atender a demanda de nitrogênio nos picos de maior necessidade para a cultura.

Já as bactérias do gênero *Azospirillum*, principalmente a espécie *A. brasilense* que possui comercialização no Brasil, têm capacidade de produzir diversos estímulos nas plantas como a fixação biológica de N (Fukami *et al.*, 2016), além da produção de hormonas de desenvolvimento como citoquininas, giberelinas e auxinas, promovendo maior crescimento radicular e conseqüentemente aumento na

área de absorção de água e nutrientes (Kazi *et al.*, 2016). Porém, ainda são poucas e às vezes contraditórias as informações na literatura com relação à utilização de bactérias do gênero *Azospirillum* no tratamento de sementes.

A falta de consistência nas respostas à utilização de bactérias do gênero *Azospirillum*, pode estar associado a fatores bióticos e abióticos. No entanto, faltam estudos relativos à utilização desse inoculante via semente associado à adubação orgânica. Portanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da inoculação da bactéria *A. brasilense* em fontes de nitrogênio como a cama de aves e a adubação mineral, associadas ou não, sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos do milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na safra agrícola de 2018/2019, no município de Frederico Westphalen, situado na região do Médio Alto Uruguai a uma altitude de 483 m. O clima característico da região é subtropical húmido, com temperatura média anual de 19 °C e a precipitação pluviométrica média anual de 1.880 mm aproximadamente segundo Köppen. O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

O acumulado de chuva foi em torno de 950 mm bem distribuído ao longo do ciclo da cultura, atendendo sua demanda. No entanto, um dia após a sementeira e aplicação dos tratamentos, foi realizada uma irrigação de 19,5 mm para dissolver o N sobre a linha de sementeira e ter humidade suficiente para germinação. Quanto à temperatura média, esta foi cerca de 22 °C, temperatura que a cultura necessita para seu ideal desenvolvimento. Todos os dados referentes às condições climáticas apresentadas neste trabalho foram coletados da estação meteorológica automática, instalada na Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen, a uma distância aproximada de 1.000 m da área experimental (Figura 1).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 8 repetições, e os tratamentos constaram de associações de fontes de nitrogênio mineral (ureia

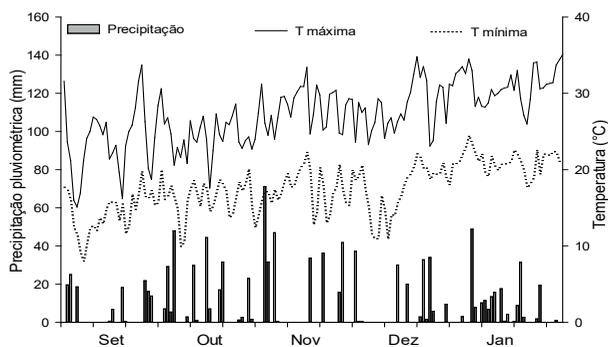


Figura 1 - Temperaturas médias diárias e precipitação diária durante os meses de condução do ensaio. Frederico Westphalen (RS), 2018/19.

45%) e orgânico (cama de aves base seca 2,70% de N) associados ou não com *A. brasilense*: T1= testemunha sem aplicação de qualquer fonte de nitrogênio; T2= *A. brasilense*; T3= 100% de N-mineral; T4= 100% de N-mineral + *A. brasilense*; T5= 50% de N-mineral + 50% N-orgânico; T6= 50% de N mineral + 50% de N-orgânico + *A. brasilense*; T7= 100% N-orgânico; T8= 100% N-orgânico + *A. brasilense*. A quantidade de N aplicada na cultura foi de 130 kg de N ha⁻¹, com base na expectativa de rendimento de 14.000 kg ha⁻¹, conforme o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SBCS, 2016), porém para a adubação orgânica foi considerado 100% do N mineralizado durante o cultivo.

As sementes de milho foram inoculadas 30 minutos antes da sementeira com *A. brasilense* (Azototal®), o qual possui estirpes AbV5 e AbV6 e concentração de 2,0 x 10⁸ Unidades Formadoras de Colônias – UFC, ml⁻¹ desenvolvido pela Embrapa e Total Biotecnologia, aplicando-se 4,0 ml kg⁻¹ de sementes de milho.

A área experimental possui um histórico de 5 anos de sementeira direta com rotação de culturas. No momento, encontrava-se com a cultura da aveia branca (*Avena sativa*) em estágio de alongação do caule. Desta forma, efetuou-se a dessecação com Glifosato (Roundup®) 3,5 L ha⁻¹ e, 25 dias após a dessecação, ocorreu a sementeira do milho – cultivar Agroeste 1666 com densidade de 65 mil sementes ha⁻¹. Foi realizada a sementeira utilizando-se uma semeadora de verão de 6 linhas de 45 cm entre linha. As parcelas totalizaram 2,7 metros de largura por 6 metros de comprimento. Primeiramente,

aplicou-se 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com a semeadora e, após essa operação, demarcou-se o ensaio e foi aplicado em cobertura 130 kg ha⁻¹ de K₂O em todas as parcelas. No dia 01/09/2018 efetuou-se a sementeira manualmente, inicialmente com as sementes sem inoculação e, após, com as inoculadas. Nesse mesmo dia, aplicou-se 30 kg ha⁻¹ de N mineral sobre a linha de sementeira e o restante durante os estádios fenológicos V4 e V7, nos tratamentos com N mineral. Nos demais tratamentos com N orgânico aplicou-se a lanço todo o N estipulado para 50 e 100%, isto é, 2.407 e 4.814 kg ha⁻¹ de cama de aves respectivamente, após o que foi efetuada uma irrigação para evitar volatilização.

As práticas de proteção de plantas via controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizadas por um pulverizador manual costal adaptado com barra de 4 bicos e capacidade para 20 L de calda, seguindo a recomendação conforme as indicações técnicas para a cultura do milho (Reunião Técnica Anual de Pesquisa de Milho, 2017).

Quanto aos caracteres de planta, em cada unidade experimental, foram feitas as seguintes avaliações: Massa seca da parte aérea de plantas (MS): coletaram-se 5 plantas rente ao solo aleatoriamente no estágio R1 da escala de Ritchie *et al.* (1993), na segunda linha de sementeira, levando-as para estufa a 60 °C até a obtenção de massa constante; posteriormente pesou-se e extrapolou-se para kg ha⁻¹. O nitrogênio total da parte aérea da planta (NT): determinado a partir da moagem da massa seca num forrageiro e em seguida em moinho willey, retirando-se depois uma porção homogênea para a determinação conforme Tedesco *et al.* (1995), resultados em g kg⁻¹. O teor de clorofila total (TCT): determinado em 5 plantas aleatórias na folha abaixo à oposta à espiga no estágio R1, segundo Hurtado *et al.* (2011), com o auxílio do clorofilômetro portátil CLOROFILOG®, sendo os dados expressos num índice adimensional ICF (índice clorofila Falker). Estatura de planta (EP): medindo-se da superfície do solo até a base da última folha estendida na fase de florescimento, resultados em cm. A altura de inserção de espiga (AIE): foi determinada medindo-se da superfície do solo até a base da 1ª espiga, resultados em cm. A área foliar por planta (AF): mediu-se a área foliar de todas as folhas que tinham no mínimo 50% da área verde, o que é calculado pela expressão AF = C x L x 0,75, em que C

e L representam o comprimento e a largura, respectivamente, de todas as folhas acima de 50% fotossinteticamente ativas segundo Tollenaar (1992), resultados em m².

As restantes avaliações foram efetuadas após o ponto de maturação fisiológica do milho utilizando 10 espigas colhidas aleatoriamente da área útil de cada parcela, determinando-se: O número de fileiras (NF) e grãos por fileira (NGF): foi contado manualmente em cada espiga, resultados em unidade. O diâmetro de espiga (DE) e diâmetro do sabugo (DS): determinou-se através do uso de um paquímetro digital, resultados em cm. O comprimento de espiga (CE): foi obtido através do auxílio de uma régua, medindo-se a partir da base até a fileira maior da espiga, resultado em cm. A massa de mil grãos (MMG): determinado por meio de oito sub amostras de cem grãos de cada parcela para determinar o rendimento de grãos, onde se obteve a média e ajuste para massa de mil grãos a 13%

de humidade, resultado em g. Produtividade final de grãos (PFG): determinado através da colheita da área útil da unidade experimental, totalizando 4,5 m² e 10 espigas para os parâmetros de rendimento. Estas foram debulhadas com um trilhador manual e o peso corrigido para 13% de humidade, posteriormente extrapolado os dados da produtividade em kg ha⁻¹.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando as variáveis mostraram significância, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou diferença significativa a 5% de probabilidade de erro, pelo teste

Quadro 1 - Resumo da análise de variância com informações referentes aos caracteres estatura de planta (EP), altura da inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), área foliar por planta (AF), massa seca da parte aérea da planta (MS), comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras (NF), diâmetro de espiga (DE), diâmetro de sabugo (DS), nitrogênio total da parte aérea da planta (NT), teor de clorofila total (TCT), massa de mil grãos (MMG) e produtividade final de grãos (PFG), obtidos do milho em função de adubação orgânica e mineral de nitrogênio associadas a *A. brasilense*, Frederico Westphalen, safra de 2018/19

FV ¹	QM						
	GL	EP	AIE	DC	AF	MS	CE
Blocos	3	113,63*	100,20*	0,005 ^{ns}	0,01*	1.761.148,01*	1,03*
Tratamentos	7	614,02*	232,03*	0,183*	0,02*	11.623.720,19*	15,82*
Erro	21	19,75	29,39	0,007	0,01	1.653.022,43	0,93
Total	63						
CV-%		1,96	4,40	3,89	6,44	13,37	5,52

Continuação

FV ¹	QM							
	GL	NGF	NF	DE	DS	NT	TCT	MMG
Blocos	3	1,99 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,96 ^{ns}	61,04*	723,88*
Tratamentos	7	54,60*	0,13 ^{ns}	12,14*	6,60*	82,06*	629,27*	4.579,26*
Erro	21	3,69	0,22	0,91	0,72	1,57	16,31	152,54
Total	63							
CV-%		5,40	3,25	1,85	3,20	6,78	5,99	2,84

FV ¹	QM	
	GL	PFG
Blocos	3	2.452.201,08*
Tratamentos	7	50.084.399,60*
Erro	21	863.145,09
Total	63	
CV-%		7,02

FV¹: Fator de Variação; GL: graus de liberdade; CV-%: coeficiente de variação; QM: quadrado médio das variáveis; *Valores significativos para teste F a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: valor não significativo.

Quadro 2 - Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre a estatura de planta (EP), altura da inserção da espiga (AIE) e diâmetro do colmo (DC), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19

Tratamentos	EP (cm)	AIE (cm)	DC (cm)
Testemunha	212,52 b	114,27 b	1,89 b
<i>A. brasilense</i>	213,61 b	116,05 b	1,94 b
100% N-mineral	232,82 a	124,27 a	2,26 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	230,80 a	124,62 a	2,21 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	234,37 a	129,45 a	2,24 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	233,95 a	128,12 a	2,28 a
100% N-orgânico	226,32 b	124,97 a	2,23 a
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	226,35 b	124,85 a	2,19 a
CV-%	1,96	4,40	3,89

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

F, para as variáveis EP, AIE, DC, AF, MS, CE, NGF, DE, DS, NT, TCT, MMG e PFG, enquanto por outro lado, a variável NF não apresentou diferença significativa (Quadro 1).

A variável número de fileira de grãos (NF) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, nem mesmo para os tratamentos sem adição de N (testemunha). Essa observação vai de encontro ao apresentado por Pizolato Neto *et al.* (2016), os quais atribuem esse resultado ao alto controle genético das cultivares de milho.

A estatura de plantas (EP) foi maior quando aplicado N-mineral, independentemente da inoculação ou não com *A. brasilense*, bem como da sua associação ou não a uma fonte de N-orgânico, o que pode estar associado a maior solubilidade do N-mineral, tornando-se mais rapidamente disponível às plantas (Quadro 2).

Morais *et al.* (2015) também verificaram que a EP foi maior com o incremento de doses de nitrogênio, e não observaram efeito da associação com *A. brasilense*. Ao estudarem a utilização de doses de cama de aves associadas ou não ao N mineral, em substituição da adubação convencional na cultura do milho, Neto *et al.* (2018) observaram no tratamento com a dose mais alta, 8 t ha⁻¹ de cama de aves, uma redução da estatura de planta em relação aos demais tratamentos com ureia, no estágio vegetativo, e estabilidade no estágio reprodutivo, corroborando com o presente estudo. Uma possível explicação para este resultado é que, devido à baixa mineralização do N da cama de aves, o mesmo poderá tornar-se insuficiente nos estádios iniciais para a

produção de fitohormonas de promoção do crescimento como as auxinas, afetando consequentemente no aumento da expansão e divisão celular.

Independente da fonte de N utilizada, a AIE e o DC foram maiores relativamente à testemunha e ao tratamento só com *A. brasilense*. Comparando com a testemunha, a inoculação com *A. brasilense* não foi suficiente para melhorar essas variáveis, o que mostra a baixa eficiência dessa associação. Estudando a gestão do nitrogênio na cultura do milho em sistema de sementeira direta, Kappes *et al.* (2014) observaram que o diâmetro de colmo e a altura de plantas também se comportaram de maneira similar ao observado no presente estudo e ambas as características foram influenciadas somente pelas doses de nitrogênio.

A altura de inserção de espiga pode ser considerada alta, já que muitas espigas estão inseridas acima do ponto médio da planta, o que pode tornar o genótipo vulnerável às condições de acamamento. Quanto maior é a relação entre altura de inserção de espiga e altura da planta, mais deslocado estará o centro de gravidade da planta e maior é a possibilidade de quebra de colmo (Kappes *et al.*, 2014).

Independente da fonte, a aplicação de N foi suficiente para aumentar a AF e a MS do milho, em relação aos tratamentos apenas com *A. brasilense* e a testemunha. O tratamento com inoculação apenas, não foi suficiente para aumentar a produção de massa seca do milho. Quando associado a alguma fonte de nitrogênio, a aplicação de *A. brasilense* não teve efeito diferente da aplicação apenas de

Quadro 3 - Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre área foliar por planta (AFP) e massa seca da parte aérea da planta (MS), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19

Tratamentos	AFP (m ²)	MS (Kg ha ⁻¹)
Testemunha	0,58 b	7.684,15 b
<i>A. brasilense</i>	0,62 b	7.903,07 b
100% N-mineral	0,72 a	10.539,40 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	0,72 a	10.949,05 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	0,73 a	9.906,17 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	0,72 a	10.423,32 a
100% N-orgânico	0,69 a	9.982,75 a
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	0,68 a	9.549,37 a
CV-%	6,44	13,33

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

nitrogênio, mostrando que neste estudo a inoculação não foi eficiente (Quadro 3).

Em solos com menores teores de N pode-se potencializar o efeito da associação planta -*A. brasilense*, já que solos com baixo teor desse nutriente evidenciam a produção de N fixado pela bactéria, causando assim um efeito direto sobre a produção de MS (Coelho, 2018).

A aplicação de nitrogênio aumentou o CE, NGF e DE (Quadro 4). O efeito da associação do milho com *A. brasilense* pode ser variável no que diz respeito às características de espiga (Repke *et al.*, 2013). Estas estão relacionadas com a produtividade de grãos do milho e podem explicar as variações na mesma. No entanto, a associação de *A. brasilense* com milho não obteve efeito sobre CE, NGF e DE. Para essas características em milho, Repke *et al.* (2013) também não observaram efeito da inoculação com

A. brasilense. De forma geral, todos os tratamentos com aplicação de N foram superiores à testemunha, porém, comparando as várias fontes de N, observa-se uma resposta significativa para todos os tratamentos que continham parte ou o total de N aplicado via mineral.

O TCT e o NT foram maiores com a aplicação de N, apresentando comportamentos semelhantes ao observado para as variáveis anteriores. A inoculação de *A. brasilense* em milho não apresentou efeito sobre TCT e NT, onde a inoculação apenas com *A. brasilense*, não foi estatisticamente superior à testemunha, (Quadro 5). Essa resposta pode estar associada à própria função do nutriente na planta, como participação direta na biossíntese de proteínas e clorofilas (Andrade *et al.*, 2003). Coelho (2018) também não encontrou efeito da associação sobre a quantidade de clorofila, mas observou que a produção orgânica incrementou a variável analisada.

Quadro 4 - Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre o comprimento da espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF) e diâmetro de espiga (DE), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19

Tratamentos	CE (cm)	NGF (n°)	DE (mm)
Testemunha	15,15 c	31,14 c	49,38 c
<i>A. brasilense</i>	15,62 c	32,27 c	49,95 c
100% N-mineral	19,11 a	38,07 a	52,68 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	18,49 a	37,82 a	52,73 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	18,34 a	37,59 a	52,16 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	18,20 a	36,86 a	52,04 a
100% N-orgânico	17,64 b	35,26 b	51,34 b
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	17,41 b	35,86 b	51,16 b
CV-%	5,52	5,40	1,85

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Quadro 5 - Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas ao *A. brasilense* sobre o teor de clorofila total (TCT) e nitrogênio total da parte aérea da planta (NT), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19

Tratamentos	TCT	NT (g Kg ⁻¹)
Testemunha	53,06 c	13,01 c
<i>A. brasilense</i>	55,94 c	13,95 c
100% N-mineral	75,65 a	20,59 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	75,93 a	21,05 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	73,25 a	20,76 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	73,32 a	20,69 a
100% N-orgânico	66,98 b	18,86 b
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	65,58 b	18,81 b
CV-%	5,99	6,78

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Neste estudo, foi possível observar ganhos na PFG com a aplicação de nitrogênio e corroborar com sua importância no sistema de produção (Quadro 6). Os tratamentos com adubação mineral e/ou associada a adubação orgânica foi 13,7% superior em relação aos tratamentos com 100% do nitrogênio via cama de aves e 41,9% comparado aos tratamentos sem alguma fonte nitrogenada. Esses resultados relacionam-se com a MMG, assim como também DS, pois quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (Favarato *et al.*, 2016).

A aplicação de nitrogênio, principalmente na forma mineral, aumentou o DS. A inoculação de *A. brasilense* não acarretou mudanças no DS em relação à testemunha e foi inferior aos tratamentos com aplicação de nitrogênio. Semelhante aos resultados obtidos por Repke *et al.* (2013), a associação com *A. brasilense* não alterou o DS, no entanto, a

aplicação de nitrogênio foi suficiente para incrementar esses valores.

A massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento de grãos. A MMG tem alta dependência da absorção de nitrogênio pelo milho, a qual alcança um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos. A deficiência de nitrogênio, neste período, pode favorecer a formação de grãos com menor massa específica, devido à não translocação deste nutriente em quantidades adequadas para os mesmos, além de manter as folhas fisiologicamente ativas por menos tempo, ocasionando redução sobre a MMG (Mota *et al.*, 2015).

Para a produtividade final de grãos, observa-se que todos os tratamentos com aplicação de N independente da fonte foram superiores à testemunha

Quadro 6 - Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre o diâmetro do sabugo (DS), a massa de mil grãos (MMG) e produtividade final de grãos (PFG), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19

Tratamentos	DS (mm)	MMG (g)	PFG (Kg ha ⁻¹)
Testemunha	25,01 b	397,35 c	10.198,60 c
<i>A. brasilense</i>	25,16 b	400,71 c	10.634,24 c
100% N-mineral	27,27 a	455,01 a	15.038,39 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	27,45 a	458,87 a	15.291,12 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	26,88 a	450,77 a	14.530,74 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	26,87 a	448,41 a	14.259,60 a
100% N-orgânico	26,48 a	433,64 b	13.090,67 b
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	26,41 a	431,17 b	12.901,22 b
CV-%	3,20	2,84	7,30

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

e ao tratamento só com *A. brasilense*. Na comparação entre as fontes de nitrogênio, verificou-se que as maiores produtividades foram obtidas quando da aplicação de parte ou de todo o N na forma mineral. Essas produtividades demonstraram superioridade às obtidas nos tratamentos com aplicação total do N via cama de aves. O incremento na produtividade final de grãos foi 13,7% superior ao observado para a média nos tratamentos onde só se utilizou a cama de aves. Essa falta de resposta na produtividade do milho com a utilização da cama de aves, como fonte de nitrogênio, pode estar associada à falta de sincronismo entre a demanda pela cultura e a disponibilidade de nitrogênio mineral na solução do solo devido sua lenta liberação. Desse modo, estes resultados indicam que outros fatores interferiram na resposta da planta à adubação com cama de aves, como a interação com outros elementos, causando desbalanço nas relações entre nutrientes (Rodrigues & Casali, 1999), deixando o P indisponível para as plantas. Para a maior produtividade de grãos (15.291 kg ha⁻¹) no tratamento (100% N-mineral + *A. brasilense*), houve um aumento de 49,9% no comparativo à testemunha, evidenciando a importância do nitrogênio para alcançar altas produtividades na cultura do milho.

A aplicação da cama de aves associada com N mineral, pode ser uma alternativa para o suprimento adequado de N ao longo de todo o ciclo da cultura, pois são fontes com diferentes comportamentos na liberação desse nutriente e sua associação pode ocasionar um maior sincronismo entre a disponibilidade e a demanda de nitrogênio pela cultura do milho. Além disso, a cama de aves promove outros benefícios que vão além do suprimento de nitrogênio à cultura, como melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Neste estudo, a utilização da bactéria *A. brasilense* na produtividade do milho demonstrou ser

ineficiente. Contudo, a utilização desta bactéria pode ser importante para momentos de estresses hídricos na lavoura. Coelho (2018) constatou que existe uma maior compensação das plantas sobrevivem a estresses abióticos quando inoculadas. Além disso, a competição entre bactérias inoculadas com as bactérias nativas do solo, pode ser também uma das justificativas para a redução de 15,6% na produtividade do milho. A comunidade microbiana é mais ativa em sistemas com adubação orgânica, que em geral possui boa fertilidade, o que pode aumentar a competição com o *A. brasilense*, dificultando seu estabelecimento (Coelho, 2018). Os microrganismos nativos são adaptados as condições de solo e se estabelecem com maior facilidade que as estirpes inoculadas.

CONCLUSÃO

A utilização de *A. brasilense* não teve efeito nos parâmetros analisados nas plantas e na produtividade final de grãos para a cultura do milho, nas condições edafo-climáticas e historial de práticas agrícolas da área em que decorreu o ensaio. Quanto à utilização de fontes de N, houve uma resposta significativa relativamente à testemunha, independentemente da fonte utilizada. Porém, a produtividade final foi maior quando houve aplicação de N-mineral no tratamento. Logo, a utilização de cama de aves como fonte de nitrogênio na cultura do milho deve vir associada à adubação mineral e não aplicada de forma isolada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A.C.; Fonseca, D.M.; Queiroz, D.S.; Salgado, L.T. & Cecon, P.R. (2003) – Adubação nitrogenada e potássica em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). *Revista Ciência Agrotécnica*, vol. 27, p. 1643-1651.
- Coelho, S.P. (2018) – *Azospirillum brasilense* no sistema de plantio direto orgânico e convencional de milho. Tese Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.

- EMBRAPA (2013) – *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Favarato, L.F.; Souza, J.L.; Galvão, J.C.C.; Souza, C.M de; Guarconil, R.C. & Balbino, J.M. de S. (2016) – Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. *Revista Brasileira de Agricultura, Silvicultura, Engenharia e Desenvolvimento Rural*, vol. 75, n. 4, p. 497-506. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.549>
- Ferreira, D.F. (2011) – Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Fukami, J.; Nogueira, M.A.; Araujo, R.S. & Hungria, M. (2016) – Assessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, vol. 6, art. 3. <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y>
- Gavilanes, F.Z.; Andrade, D.S.; Silva, H.R.; Zamora, R.B. & Palacios, C.C. (2019) – A cultura do milho: nitrogênio e inoculação com bactérias promotoras de crescimento. *UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 3, n. 3, p. 17-26. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v3.n3.2019.153>
- Hurtado, S.M.C.; Resende, A.V.; Silva, C.A.; Corazza, E.J. Shiratsuchi, L.S. (2011) – Nitrogen top dressing for high yield corn based on the chlorophyll meter readings. *Ciência Rural*, vol. 41, n. 6, p. 1011-1017.
- Kappes, C.; Arf, O.; Dal Bem, E.A.; Portugal, J.R. & Gonzaga, A.R. (2014) – Manejo de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 13, n. 2, p. 201-217. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p201-217>
- Kazi, N.; Deaker, R.; Wilson, N.; Muhammad, K. & Trethowan, R. (2016) – The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. *Field Crops Research*, vol. 196, p. 368-378. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.012>
- Marques, J.B.; Rezende, C.F.A. & De Jesus Bueno, A.K. (2020) – Inoculação de *Azospirillum brasilense* e aplicação de doses de nitrogênio em cobertura no milho. *Global Science and Technology*, vol. 13, n.1, p. 66-75.
- Milléo, M.V.R. & Cristófoli, I. (2016) – Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. *Scientia Agraria*, vol. 17, n. 3, p. 14-23. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i3.44630>
- Morais, T.P.; Brito, C.H.; Ferreira A.S. & Luz, J.M.Q. (2015) – Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. *Revista Ceres*, vol. 62, n. 6, p. 589-596. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060012>
- Mota, M.R.; Sangoi, L.; Schenatto, D.E.; Giordani, W.; Boniatti, C.M. & Dall’Igna, L. (2015) – Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 39, n. 2, p. 512-522. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140308>
- Neto, P.M. de L.; Júnior, D.G.S.; Dias, D.S.; Cruz, S.C.S.; Resende, H. de O. & Costa, M.M. (2018) – Cama de aves associada a adubação nitrogenada no cultivo do milho. *Colloquium Agrariae*, vol. 14, n. 3, p. 39-50.
- Pizolato Neto, A.; Camargos, A.E.V.; Valeriano, T.B.; Sgobi, M.A. & Santana, M.J. (2016) – Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. *Nucleus*, vol. 13, n. 1, p. 87-96. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1606>
- Repke, R.A.; Cruz, S.J.S.; Silva, C.J. da; Figueiredo, P.G. & Bicudo, S.J. (2013) – Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 12, n. 3, p. 214-226. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226>
- Reunião Técnica Anual de Pesquisa de Milho (2017) – *Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul Safras 2017/2018 e 2018/2019*. Embrapa. Sertão, IFRS, 209p.
- Ritchie, S.W.; Hanway, J.J. & Benson, G.O. (1993) – *How a corn plant develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 26p.
- Rodrigues, E. T. & Casali, V. W. D. (1999) – Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, vol. 17, n. 2, p. 125-128. <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000200010>
- SBCS (2016) – *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 11. Ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC.
- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H. & Volkweiss, S.J. (1995) – *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p.
- Tollenaar, M. (1992) – Is low density a stress in maize? *Maydica*, vol. 37, n. 2, p. 305-311.