PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADA PELA ADUBAÇÃO NITROGENADA, ADIÇÃO DE GESSO E INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* EM PLANTIO DIRETO

Leonardo Felipe Camargo Barão (PIBIC/CNPq/UEPG): leonardobarao2@gmail.com, Eduardo Fávero Caires (Orientador): efcaires@uepg.br, Angelo R. Bini, Ana Claudia Lubczyk, Bernardo O. M. Moraes, Joyce Martins Kufta, Vanderson Modolon Duart.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola/Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia

Agronomia/Ciências do solo/Fertilidade do Solo

Palavras-chave: *Zea mays*, fosfogesso, bactérias promotoras de crescimento vegetal.

Resumo

Um experimento foi realizado em sistema plantio direto de longa duração para estudar os efeitos da adubação nitrogenada, adição de gesso e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* na produtividade de grãos e na nutrição do milho. O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso em parcelas subsubdivididas, com três repetições. Nas parcelas foram empregados dois tratamentos de sementes, sem e com inoculação de *A. brasilense*. Nas subparcelas foram utilizados dois tratamentos, sem com adição de gesso (2,7 t ha^{-1}). Nas subsubparcelas foram aplicadas quatro doses de N (0, 80, 160 e 240 kg N ha^{-1}), na forma de ureia, em cobertura. O gesso foi distribuído sobre a superfície do solo em setembro de 2012 e reaplicado antes da semeadura do milho em agosto de 2017. O milho foi semeado em 31 de agosto de 2017 sendo as doses de N aplicadas no estádio V_4 da cultura. O teor de N nas folhas e a produtividade de milho foram aumentados somente com a adubação nitrogenada em cobertura. O fator parcial de produtividade de N (FPP_N) foi diminuído com o aumento das doses de N, mas a inoculação de *A. brasilense* aumentou o FPPN quando a menor dose de N foi aplicada (80 kg ha^{-1}). A aplicação de gesso não alterou o teor foliar de N, a produtividade de grãos e o FPP_N da cultura do milho.

Introdução

A obtenção de altas produtividades de milho está relacionada com o adequado fornecimento de nitrogênio (N). As pesquisas sobre fixação biológica de N_2 são tradição no Brasil, e uma das bactérias de maior interesse na atualidade é do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas.

A produtividade de grãos está diretamente relacionada ao N e ao enxofre (S), pois esses nutrientes estão diretamente relacionados com a fotossíntese e a síntese de proteínas (TAIZ & ZAIGER, 2009). Para tanto, faz-se necessária a manutenção de bons níveis de N e S no solo. Dessa forma, a utilização de gesso agrícola associada ao fornecimento de N pode melhorar a produtividade de milho.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade de grãos, o teor de N foliar e o Fator Parcial de Produtividade do N (FPP_N) em cobertura com a inoculação das sementes com *A. brasilense*, a aplicação de gesso agrícola e o emprego de doses de N em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa (PR), na Fazenda Santa Cruz, em um Latossolo Vermelho distrófico textura muito argilosa. Os resultados das análises de solo realizadas antes da instalação do experimento são mostrados na tabela 1. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em parcelas subsubdivididas, com três repetições. Nas parcelas foram empregados dois tratamentos de sementes, sem e com inoculação de *A. brasilense* na dose 2,5 mL kg^{-1} de sementes (Hungria, 2010). Nas subparcelas foram empregados dois tratamentos, sem e com aplicação de gesso agrícola, na dose de 2,7 t ha^{-1} visando manter níveis adequados de enxofre. Nas subsubparcelas foram empregadas quatro doses de N-ureia em cobertura: 0, 80, 160 e 240 kg N ha^{-1} (Pavinato et. al, 2017), no estádio de desenvolvimento V_4 da cultura. O gesso foi aplicado sobre a superfície do solo em setembro de 2012, antes do primeiro cultivo com milho, e reaplicado em agosto de 2017 na dose de 2,7 t ha^{-1} antes da semeadura do milho.

Tabela 1: Condições químicas e granulométricas do solo em diferentes profundidades antes da instalação do experimento.

Prof.	pH ($CaCl_2$)	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P[1]	C	S-SO_4^{2-}	V[2]	Areia	Silte	Argila
cm		-------- $mmol_c\ dm^{-3}$ --------					$mg\ dm^{-3}$	$g\ dm^{-3}$	$mg\ dm^{-3}$	%	-------$g\ kg^{-1}$----------		
0–20	5,2	57,6	0	45	13	2,9	6,1	28	65,8	52	91	349	560
20–40	4,8	72,0	2	25	9	2,4	1,2	26	81,5	34	76	264	660
40–60	4,9	72,0	2	25	8	1,9	0,2	25	77,9	33	79	241	680

[1]P extraído com solução de Mehlich 1. [2]V = Saturação por bases.

O híbrido de milho DKB 230 VT PRO 3 foi semeado em 31 de agosto de 2017 na sucessão do cultivo de aveia preta para cobertura do solo. A aveia preta foi adubada com 15 kg ha^{-1} de N e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5. A adubação de base da cultura do milho foi realizada com 45 kg ha^{-1} de N e 57,5 kg ha^{-1} de P_2O_5. Após a emergência das plântulas foram aplicados 120 kg ha^{-1} K_2O em cobertura. Houve falta de chuvas logo após a semeadura e no período de florescimento da cultura do milho.

Na ocasião do florescimento da cultura coletou-se a folha abaixo e oposta à espiga, em 30 plantas por subsubparcela, para fins de diagnose foliar. Após a cultura atingir o ponto de colheita foi realizada a colheita manual de 6 m² de cada subsubparcela para determinação de produtividade, corrigindo-se a umidade para 130 g kg^{-1}.

Os resultados foram submetidos às análises de variância e de regressão. Os efeitos da inoculação com *Azospirillum* e da adição de gesso foram comparados pelo teste de Tukey a 5%. Equações de regressão foram ajustadas para os dados obtidos em função das doses de N, adotando-se como critério para a escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de determinação significativos a 5%. No caso de interação significativa entre os tratamentos, foram realizados os desdobramentos.

Resultados e Discussão

O teor de N foliar e a produtividade de grãos de milho foram influenciados de forma significativa somente pelas doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 2). As doses de N em cobertura aumentaram o teor de N nas folhas e a produtividade de grãos de milho, de acordo com o modelo quadrático. O aumento do teor de N no tecido foliar do milho com o aumento das doses de N aplicadas em cobertura certamente foi ocasionado pela maior disponibilidade de N no solo proveniente da adubação

nitrogenada. O milho, por apresentar ciclo C_4, demanda grande quantidade de N para o seu pleno crescimento e para a obtenção de adequada área fotossintética. Assim quando se aumentaram as doses de N em cobertura, o teor de N nas folhas também foi aumentado, de forma semelhante ao que foi constatado no trabalho de Caires e Milla (2015). Aumentos na produtividade de grãos de milho com doses de N

Tabela 2. Teor de nitrogênio foliar, produtividade de grãos e fator parcial de produtividade de N (FPP_N) da cultura do milho, em 2017/18, considerando a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, a aplicação de gesso e as doses de nitrogênio em cobertura.

Tratamento	N foliar (g kg^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})	FPP_N (kg kg^{-1})
Inoculação das sementes			
Sem Azospirillum	28,9	12099	97,6
Com Azospirillum	30,8	12287	101,1
Efeito	ns	ns	ns
Aplicação de gesso			
Sem gesso	30,4	12325	101,3
Com gesso	29,3	12060	97,5
Efeito	ns	ns	na
N em cobertura (kg ha^{-1})			
0	23,0	9890	-
80	30,6	13090	163,6a
160	32,2	12980	81,1b
240	33,6	12811	53,4c
Efeito	Q**	Q**	

ns, não significativo, *P<0,05. Gesso aplicado em 2012 e reaplicado antes da semeadura do milho em 2017, nitrogênio aplicado em cobertura no estádio de desenvolvimento V_4 do milho.

aplicadas em cobertura também foram relatados em outros trabalhos (CAIRES e MILLA, 2015; CAIRES *et al.,* 2016). Hungria et al. (2010) observaram aumento na produtividade de milho na presença de inoculante, mas tal efeito não foi constatado no presente estudo em ambiente de alto rendimento de grãos sob plantio direto. Na ausência de aplicação de N em cobertura, a média de produtividade foi de 9890 kg ha^{-1}, resultado superior à média paranaense que foi de 8748 kg ha^{-1} (CONAB, 2018). Como esperado, o FPP_N diminuiu com o aumento das doses de N em cobertura (Tabela 2). Essa diminuição do FPP_N com o aumento das doses de N é explicada pela lei dos incrementos decrescentes. Porém, o FPP_N foi influenciado significativamente pela interação entre os tratamentos de inoculação com *A. brasilense* e doses de N em cobertura. O desdobramento dessa interação revelou a inoculação das sementes com *A. brasilense* aumentou o FPP_N somente quando a dose mais baixa de N (80 kg ha^{-1}) foi aplicada em cobertura (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* × doses de nitrogênio para fator parcial de produtividade de N (FPP_N) pela cultura do milho em sistema plantio direto.

Tratamento	Nitrogênio, kg ha^{-1}			DMS
	80	160	240	
Inoculação	----------kg ha^{-1}----------			
Sem *Azospirillum*	156,8Ba	76,9Ab	50,7Ac	13,0
Com *Azospirillum*	170,4Aa	85,3Ab	56,0Ac	
DMS		10,8		

DMS: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5%; letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A aplicação de gesso não ocasionou alterações significativas no teor de N foliar, na produtividade de grãos e no FPP_N da cultura do milho. Segundo Caires & Guimarães (2018), a aplicação de gesso visando a melhoria do subsolo deve ser feita somente quando a saturação por cálcio (Ca) na CTC efetiva da camada de 20–40 cm for menor que 54%. No presente estudo, a saturação por Ca na CTC efetiva do subsolo (20–40 cm) já era, incialmente, 65%.

Conclusões

O teor de N foliar e a produtividade de grãos de milho foram aumentados com a adubação nitrogenada em cobertura.

A eficiência de uso do N, avaliada pelo FPPN, foi diminuída com o incremento das doses de N em cobertura. Porém, a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentou o FPP_N quando a dose mais baixa de N (80 kg ha^{-1}) foi aplicada em cobertura.

O uso de gesso não ocasionou alterações significativas no teor de N nas folhas, na produtividade de grãos e no FPP_N da cultura do milho.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa, ao Professor Eduardo Fávero Caires pela orientação, aos colegas de Laboratório de Fertilidade do Solo e à equipe do Laboratório Multiusuário da UEPG.

Referências

CAIRES, E.F.; GUIMARÃES, A.M. A novel phosphogypsum application recommendation method under continuous no-till management in Brazil. **Agronomy journal**, v. 110, p. 1-9, 2018.

CAIRES, E.F.; MILLA R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia,** v.75, n.1, p. 87-95, 2016.

CAIRES, E.F.; ZARDO FILHO, R.; BARTH, G.; JORIS, H.A.W. Optimizing nitrogen use efficiency for no-till corn production by improving root growth and capturing NO_3-N in subsoil. **Pedosphere,** v.26, n.4, p. 474-485, 2016.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil***,* Netherlands, v. 331, n. 1/2, p. 413-425, 2010.

CONAB - ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. v. 5 - Safra 2017/18, n.11 - Décimo primeiro levantamento, agosto 2018.

PAVINATO, P.S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V.; MOREIRA, A. Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná. SBCS/NEPAR, Curitiba, 2017.