

Uso de Inoculante e Micronutrientes na Cultura do Milho

Rogério Nunes Gonçalves¹, Tiago Rodrigues de Sousa², Miriele Silva Vaz da Costa²
Aretha Medeiros Silva¹ e Adilson Pelá³.

¹ Mestrandos em Produção Vegetal, pela Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, GO; e-mail: rogerionunes88@hotmail.com e arethf@yahoo.com.br; ² Acadêmicos da Universidade Estadual de Goiás, UnUIpameri-GO, miri_ele@hotmail.com; ³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Prof. da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, GO ; e-mail: adilson.pela@ueg.br.

RESUMO - O nitrogênio é um dos elementos que mais limitam a produção. O nitrogênio atmosférico pode ser transformado em nitrogênio mineral pela ação de fixadores livres, principalmente aqueles pertencentes ao gênero *Azospirillum*. O molibdênio é um micronutriente que participa do metabolismo do nitrogênio, como cofator na enzima redutase do nitrato, e por isso sua falta pode provocar sintomas semelhantes às de N. O cobalto é parte da cobalamina, um componente de varias enzimas em microrganismos fixadores de nitrogênio. Sua deficiência bloqueia o desenvolvimento e função dos nódulos de fixação de nitrogênio. A fixação biológica de nitrogênio apresenta maior impacto econômico, pois deixa de haver a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Unidade Universitária de Ipameri, da Universidade Estadual de Goiás, no ano agrícola 2011/12. O delineamento experimental foi em bloco casualizado (DBC) com 8 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: T1 – sem aplicação de Nitrogênio (N), na base e cobertura; T2 – nitrogênio total, base e cobertura; T3 – nitrogênio total, mais cobalto e bactéria fixadora de N, na base; T4 – nitrogênio total, mais cobalto e molibdênio, mais bactéria fixadora de N., na base; T5 – nitrogênio meio (50%) do total, com cobalto e molibdênio, mais bactéria fixadora de N., na base; T6 – nitrogênio total, mais cobalto via foliar e bactéria fixadora de N. na base; T7 – nitrogênio total, mais molibdênio via foliar e bactéria fixadora de N, na base; T8 – nitrogênio total, mais cobalto e molibdênio via foliar e bactéria fixadora de N, na base. Não houve ganhos significativos de produtividade com a inoculação associada à aplicação de cobalto e molibdênio na cultura do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., molibdênio, cobalto, fixação biológica de nitrogênio.

Introdução

A adubação nitrogenada tem um papel importante, por ser o nitrogênio o elemento absorvido em maior quantidade pelas gramíneas (CANTARELLA & DUARTE, 2004). O nitrogênio é um dos elementos que mais limitam a produção (VIANA *et al.* 2004). A disponibilidade adequada de nitrogênio constitui requisitos básicos para o crescimento e o funcionamento do sistema radicular (FANCELLI, 2010).

Além do aporte de nitrogênio ao sistema, como adubação de semeadura e cobertura, atualmente muito se discute a possibilidade da aquisição de quantidades

significativas desse elemento por parte de fixadores biológicos que estabelecem relações íntimas com diferentes espécies de gramíneas. O nitrogênio atmosférico pode ser transformado em nitrogênio mineral pela ação de fixadores livres, principalmente aqueles pertencentes ao gênero *Azospirillum* (FANCELLI, 2009). No Brasil, evidências de campo tem demonstrado que a inoculação de sementes com *Azospirillum*, além de incrementar a produtividade do milho, também poderá contribuir para a economia de 30 a 50 kg/ha de nitrogênio.

Os *Azospirillum* são microrganismos que apresentam a capacidade de fixação de nitrogênio, de forma livre (FANCELLI, 2009). As bactérias endofíticas, que são capazes de penetrar nas raízes e ali se desenvolver, embora sem formar estruturas diferenciadas como os nódulos das leguminosas. No interior das raízes estas bactérias se multiplicam e são capazes de fixar o nitrogênio, transferindo-o para as plantas. Verifica-se um aumento na produção de hormônios vegetais, em especial auxinas, citocininas e giberelinas, que podem trazer sensíveis aumentos no sistema radicular e no crescimento das plantas. Testes de eficiência agrônômica demonstram aumentos significativos de produtividade nas parcelas onde foi usado inoculante à base de *Azospirillum*, com a metade do nitrogênio mineral recomendado para a cultura (ARAUJO, 2008).

A fixação biológica de nitrogênio apresenta maior impacto econômico, pois deixa de haver a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados em cerca de 23,3 milhões de hectares de lavouras de soja. Entre os fatores que afetam a fixação biológica de nitrogênio, pode se destacar a adequada disponibilidade de molibdênio e de cobalto, visto que estes nutrientes fazem parte respectivamente das enzimas denitrogenase e cobamida (JUNIOR et al., 2010). O molibdênio é componente de pelo menos cinco enzimas distintas que catalizam reações muito diversas participando em processos de transferência elétrica (MALAVOLTA, 2006).

Grande parte do molibdênio encontra-se na enzima nitrato-redutase das raízes e colmos das plantas superiores, a qual cataliza a redução do íon NO_3^- a NO_2^- . Assim plantas com deficiência de molibdênio apresentam acúmulo de NO_3^- , de modo que a falta de molibdênio tem efeito similar a falta de nitrogênio (DECHEN & NACHTIGALL, 2007). Nitrato redutase catalisa a redução do nitrato a nitrito durante sua assimilação pela célula vegetal, a nitrogenase converte o gás nitrogênio a amônia em microrganismos fixadores de nitrogênio (TAIZ & ZEIGER, 2009). A deficiência de molibdênio pode influenciar a produtividade. A deficiência de molibdênio repercute

negativamente na formação de ácido ascórbico, no conteúdo de clorofila e na atividade respiratória (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

O cobalto é parte da cobalamina, um componente de várias enzimas em microrganismos fixadores de nitrogênio. Assim a deficiência de cobalto bloqueia o desenvolvimento e função dos nódulos de fixação de nitrogênio (TAIZ & ZEIGER, 2009). Plantas que dependem da fixação de nitrogênio atmosférico para seu suprimento de nitrogênio, cobalto são essenciais para seu crescimento (EPSTEIM & BLOOM, 2004). O cobalto é essencial para fixação do N₂ por bactérias de vida livre e sistemas simbióticos (MALAVOLTA, 2006). A exigência de cobalto ocorre em plantas que são hospedeiras de bactérias que fixam nitrogênio como as leguminosas (EPSTEIM & BLOOM, 2004).

Vários estudos com solos brasileiros não tem mostrado resposta de milho á aplicação de micronutrientes, com exceção do zinco. Galvão (1984) não observou reação do milho a molibdênio e cobalto em Latossolos vermelho-escuro argiloso de cerrado (CANTARELLA & DUARTE, 2004). O milho tem baixa sensibilidade á deficiência de molibdênio (CRUZ *et al.* 2008). Não se têm verificado constantemente respostas expressivas das gramíneas forrageiras ao fornecimento de micronutrientes (MONTEIRO, 2010). O molibdênio interfere no crescimento e desenvolvimento do milho e, conseqüentemente, na produção de grãos, por meio do metabolismo do nitrogênio (FAVARIN *et al.* 2008). O molibdênio tem-se verificado efeito benéfico da sua adição a cultura do milho. Araujo *et al.* (1996) mencionou que a aplicação de 90 g ha de molibdênio, aos 15 dias após emergência do milho, proporcionou acréscimos de 14,3% na produtividade (FILHO, 2007).

A demanda tanto das leguminosas em si quanto do sistema de fixação de nitrogênio foi bem estabelecida pela pesquisa, o fornecimento de molibdênio é praticamente uma unanimidade nos casos estudados (MONTEIRO, 2010). Em condições tropicais, a disponibilidade satisfatória de molibdênio (redutase do nitrato), é fundamental para o incremento da eficiência de assimilação e aproveitamento do nitrogênio pelas plantas (FANCELLI, 2010).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a adubação com molibidênio e cobalto na fixação simbiótica da cultura do milho inoculada com *Azospirillum brasilense* em solos com baixos teores desses elementos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Unidade Universitária de Ipameri, da Universidade Estadual de Goiás, no ano agrícola 2011/12. O experimento foi implantado sob condições de sequeiro. A referida fazenda situa-se no município de Ipameri-Go (Latitude 17 43', Longitude 48 08'), à 790 metros de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Kopper, è Tropical Semi-úmido (Aw), constando temperaturas elevadas, com médias anuais de 20 a 24 C e 1300 a 1700 mm, com chuvas no verão e seca no inverno.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006). Apresentando as seguintes características químicas: pH = 5,11 (CaCl₂); Matéria Orgânica = 24,38 g kg⁻¹; CTC = 6,14 cmolc dm⁻³; saturação de bases = 49,53%; teor de Cálcio = 1,80 cmolc dm⁻³; Mg = 1,10 cmolc dm⁻³; K = 56,00 mg dm⁻³; P(Melich) = 2,13 mg dm⁻³; H+Al = 3,10 cmolc dm⁻³; e com as seguintes características físicas: argila = 32%; silte = 09%; areia = 59%.

O delineamento experimental foi em bloco casualizado (DBC) com 08 tratamentos e 04 repetições. Os tratamentos foram: T1 – sem aplicação de Nitrogênio (N), na base e cobertura; T2 – nitrogênio total, base e cobertura; T3 – nitrogênio total, mais cobalto e bactéria fixadora de N, na base; T4 – nitrogênio total, mais cobalto e molibdênio, mais bactéria fixadora de N., na base; T5 – nitrogênio meio (50%) do total, com cobalto e molibdênio, mais bactéria fixadora de N., na base; T6 – nitrogênio total, mais cobalto via foliar e bactéria fixadora de N. na base; T7 – nitrogênio total, mais molibdênio via foliar e bactéria fixadora de N, na base; T8 – nitrogênio total, mais cobalto e molibdênio via foliar e bactéria fixadora de N, na base. Todos os tratamentos receberam as mesmas doses de K₂O e P₂O₅. Foram aplicados nos sulcos uma dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, usando-se como fonte o cloreto de potássio, e 30 kg ha⁻¹ de N, utilizando a uréia como fonte.

O fósforo aplicado na semeadura foi obtido por meio do fertilizante fosfatado superfosfato triplo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada quando as plantas estavam com quatro folhas totalmente expandidas (V4), aplicando-se 200 kg ha⁻¹ de N, usando-se uréia como fonte. A adubação de base e via foliar com cobalto e molibdênio (V4), e de base utilizou-se sulfato de cobalto (23g) e molibdato de sódio ((130), respectivamente como fonte para 80 kg de sementes. Utilizando-se pulverizador costal, usando-se bico tipo cone, com disco de 1,2 mm preto, com formato do jato em cone

vazio, gotas pequenas, ângulo de 80 graus a 60 psl; no qual aplicara-se o equivalente a 200 l ha⁻¹ da solução, sendo esta aplicado no período matutino.

O genótipo utilizado na área experimental a cultivar 30F35. A semeadura foi manual, utilizando-se 4,9 sementes por metro linear, com espaçamento de 0,7 metros entre linhas. Após a germinação das sementes, realizou-se o desbaste, deixando-se 3,5 plantas por metro linear e uma densidade populacional correspondente ao stand de 60 mil plantas por hectare. O inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, foi utilizado na dose de 100 mL ha⁻¹. Os parâmetros avaliados foram: altura de planta, comprimento, produtividade, massa verde e seca da parte aérea das plantas, determinação dos teores de fósforo na planta. Os dados serão submetidos à análise de variância, e quando o teste F foi significativo, procedeu-se o teste Tukey, com $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

Na tabela 1 estão apresentados os valores médios obtido com grãos de milho, em função da aplicação de cobalto e molibdênio via solo e foliar e inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense*. Verificou-se que em relação à variável massa de grãos de dez espigas, houve diferença significativa apenas com relação a testemunha sem aplicação de nitrogênio quando comparada com os demais tratamentos, enquanto que em relação aos demais não diferiram estatisticamente entre si, mesmo alguns tratamentos terem produzidos quantidades maiores de grãos.

Também em relação a massa de mil grãos, verificou diferença significativa apenas com relação a testemunha e os tratamentos, aplicação de cobalto via sementes e inoculação (T-3) e aplicação de cobalto, molibdênio e inoculação, mais metade do nitrogênio (T-5), em relação aos demais não diferiram estatisticamente entre si, mesmo tendo diferença entre eles na produção de biomassa de grãos.

Para a massa de grãos da área útil, somente o tratamento sem aplicação de nitrogênio diferiu dos demais, enquanto os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, mesmo tendo diferença entre eles na quantidade de massa de grãos produzida. Já em relação à massa total de grãos da área útil, somente o tratamento sem aplicação de nitrogênio diferiu dos demais, enquanto os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, mesmo tendo diferença entre eles na quantidade de massa de grãos produzida.

Diante das variáveis analisada, podemos observar a importância do elemento mineral nitrogênio na determinação da produção do milho, quando comparado o

tratamento sem aplicação de nitrogênio em relação aos demais que receberam o nutriente. Mesmo não diferindo estatisticamente entre os tratamentos que receberam nitrogênio, alguns tratamentos produziram quantidades expressivas de grãos quando comparado entre ele. A inoculação juntamente com aplicação de cobalto proporcionou as maiores produtividades de grãos por área útil, mesmo não diferindo estatisticamente.

Não houve ganhos significativos de produtividade com a inoculação associada à aplicação de cobalto e molibdênio na cultura do milho.

Literatura citada

CRUZ, J. C.; KARAN, D.; MONTEIRO, M. A. R. e MAGALHÃES, P. C.. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p.

DECHEN, A. R. e NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos á nutrição de plantas. p. 91-132. In NOVAIS, R. F. et al. (Eds). Fertilidade do solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E. e BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2 Ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 404 p.

FANCELLI, A. L. Milho. p. 43-97. In PROCHNOW, L. I. et al. (eds). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Vol. 3. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. 467 p.

FAVARIN, J. L; TEZOTTO, T. e RAGASSI, C. F. Uso racional de micronutrientes na cultura de milho (*Zea mays* L.). In FANCELLI, A. L. (Ed). Milho: nutrição e adubação. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2008. 204 p.

FILHO, D.F. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

JUNIOR, A. O. et al. Soja. p. 05-42. In PROCHNOW, L. I. et al. (eds). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Vol. 3. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. 467 p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MONTEIRO, F. A. Pastagens. p. 233-288. In PROCHNOW, L. I. et al. (eds). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Vol. 3. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. 467 p.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R. e WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. p. 605-658. In BORÉM, A. (Ed.) Melhoramento de espécies cultivadas. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005. 969 p.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4 Ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 848 p.

VIANA, P. A.; et al. Quimigação na cultura do milho. p. 183-226. In GALVÃO, J.C.C. e MIRANDA, G.V. (eds). Tecnologias de produção do milho. Viçosa: UFV, 2004. 366 p.

Tabela 1. Massa de grãos de dez espigas (MGDE), massa de mil grãos (MMG), massa de grãos da área útil (MGAU), massa total de grãos da área útil (MTGAU), de milho em função da aplicação de Cobalto e Molibdênio via solo e foliar, mais inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultivar 30F35, Ipameri-GO, 2012.

Tratamentos	Médias							
	MGDE(kg)		MMG (g)		MGAU (kg)		MTGAU (kg)	
T_1-sem N.	0,86	a	253	a	2,60	a	3,47	a
T_2 – N. t.	1,35	b	274	ab	3,72	b	5,08	b
T_8 – N.t.+Co+Mo(A.F.)+BFN	1,44	b	276	ab	3,62	b	5,06	b
T_5 – N.m.+Co+Mo+BFN	1,47	b	287	b	3,86	b	5,34	b
T_7 – N.t.+Mo(A.F.)+BFN	1,48	b	276	ab	4,06	b	5,54	b
T_4 – N.t.+Co+Mo+BFN	1,53	b	284	ab	3,36	ab	4,90	b
T_3 – N.t.+Co+BFN	1,53	b	287	b	4,08	b	5,62	b
T_6 – N.t.+Co(A.F.)+BFN	1,55	b	284	ab	3,81	b	5,36	b
C. V. (%)	6,66		4,79		9,16		7,65	
DMS	0,22		1,62		0,79		0,91	

Sem N=sem aplicação de nitrogênio; N.t.=nitrogênio total (200 kg ha⁻¹); N. m.=nitrogênio meia dose (100 kg ha⁻¹); Co=cobalto; Mo=molibdênio; BFN=bactéria fixadora de nitrogênio e A.F.=adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre se pelo teste de Tukey a 5% de significância.