



Acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca na cultura do milho após inoculação e em Sistema Integrado de Produção Agrícola

Laura Cones Bigaram^(1*); Viviane Cristina Modesto⁽¹⁾; Marcelo Andreotti⁽¹⁾; Deyvison de Asevedo Soares⁽¹⁾; Lourdes Dickmann⁽¹⁾; Allan Hisaki Nakao⁽¹⁾; Eduardo Augusto Pontes Pechoto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000. * lauracones13@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Dentre as culturas graníferas utilizadas nos consórcios em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs), o milho (*Zea mays*) se

destaca por sua extensa utilização na alimentação de animais, humana e por sua comercialização da produção excedente (ALVARENGA et al., 2006), classificando o Brasil mundialmente em terceiro lugar de produção nas safras 2017/18 e como o quarto país consumidor, segundo a Fiesp (2018).

Além de favorecerem o aumento da oferta de grãos, de carne e de leite, os SIPAs proporcionam diversos benefícios, dentre eles, melhoria das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, quebra de ciclo plantas daninhas e pragas, redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades e fornecimento de palhada para continuidade do Sistema Plantio Direto (SPD).

Devido à grande exigência nutricional pelas culturas, principalmente as graníferas, é crescente a procura por novas tecnologias que visem a redução dos gastos com fertilizantes, principalmente os nitrogenados. A utilização de bactérias diazotróficas se destacam por promoverem a fixação biológica do N₂ atmosférico, reduzindo a utilização desses fertilizantes, assim, sua principal vantagem se dá pela economia de até US\$ 1 bilhão por safra com os gastos em insumos e diminuindo os riscos ambientais (ROBERTO; SILVA; LOBATO, 2010).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção e os acúmulos de macronutrientes na matéria seca vegetativa de milho, consorciado ou não com capim-marandu com e sem inoculação com *Azospirillum brasilense* no Cerrado de baixa altitude.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada após a colheita da safra 2015/16, em área de Cerrado de baixa altitude em sistema de sequeiro na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção

RESUMO: No Brasil o consórcio de culturas produtoras de grãos e forrageiras vem ocupando grandes áreas de produção e a utilização de bactérias diazotróficas promotoras de crescimento tem-se tornado aliada nesses sistemas, pois promovem aumento da produção e maior absorção de nutrientes. Neste contexto, objetivou-se avaliar o acúmulo de nutrientes na cultura do milho, inoculados ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho em cultivo exclusivo (solteiro) ou consorciado com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu). O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2015/2016, em área de Cerrado de baixa altitude sob Sistema de Plantio Direto há 12 anos em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico. Utilizou-se o híbrido simples de milho DKB 350 YG em delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, os quais consistiram de: milho exclusivo sem semente inoculada; milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do capim; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do milho; milho exclusivo com semente inoculada; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes. Foram avaliados os teores de nutrientes e de massa de matéria seca das plantas inteiras para posterior cálculo de acúmulo de nutrientes. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. Houve maior acúmulo de N, P, K, Ca e S, nos tratamentos de milho inoculado solteiro ou em consórcio, viabilizando a utilização dos sistemas, além do uso de bactérias promotoras de crescimento e fixadoras de nitrogênio.

Termos de indexação: *Zea mays*, *Urochloa brizantha*, bactérias promotoras de crescimento.



Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS. O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados diários referentes às temperaturas máximas, mínima, e precipitação pluviométrica foram coletados junto à estação meteorológica situada na FEPE (FE/UNESP) e encontram-se na **Figura 1**. O solo da área experimental, é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013) e estava sendo cultivado com culturas anuais em Sistema Plantio Direto por 12 anos, sendo a cultura anterior o capim-marandu.

Utilizou-se o híbrido triplo de milho DKB 350 PRO em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de: milho (solteiro) sem semente inoculada; milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do capim; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do milho; milho (solteiro) com semente inoculada; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes.

As sementes foram inoculadas ou não, na ocasião da semeadura em 17/11/2015, com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) na dose de 100 mL/25kg de sementes. A inoculação ocorreu minutos antes da semeadura, à sombra. O milho foi semeado mecanicamente por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, a uma profundidade de aproximadamente 0,05 m, espaçamento de 0,45 m e cerca de 3,0 sementes m⁻¹, objetivando atingir um estande final próximo a 60.000 plantas ha⁻¹.

A semeadura da forrageira utilizada no consórcio (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) foi realizada posteriormente ao milho, nas entrelinhas com o auxílio de outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para o SPD, as sementes foram depositadas na profundidade de 0,06 m, no espaçamento de 0,17 m, utilizando aproximadamente 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (VC=70%), desta forma, as sementes do capim, ficaram abaixo das sementes do milho.

Na adubação de semeadura foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 e como adubação de cobertura, em 12/12/2015,

quando as plantas de milho apresentavam aproximadamente 6 folhas completamente desenvolvidas (V6) foi aplicada a dose de 120 kg ha⁻¹ de N – sulfato de amônio, próximo às linhas do milho.

Na colheita do milho foram amostrados os resíduos de material vegetal da parte aérea das plantas de milho em 2 m de linhas/parcela, os quais foram pesados e levados em estufa de ventilação forçada por 72h para a quantificação da produtividade de matéria seca (extrapolada para kg ha⁻¹). Posteriormente, o material foi processado em moinho (tipo Willey) e encaminhado para o Laboratório de Nutrição de Plantas da FE/Unesp, onde foram determinados os teores de macronutrientes. De posse da produção de matéria seca e teores nutricionais, foram calculados os acúmulos de nutrientes por hectare. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a 5% para verificação da normalidade dos dados, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software "R" (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema que promoveu maior produção de matéria seca da parte vegetativa do milho, em área de sequeiro, foi o consorciado com inoculação nas sementes do milho (**Tabela 1**), demonstrando o efeito benéfico da inoculação em aumentar a tolerância ao déficit hídrico, pelo incremento radicular, bem como do efeito hormonal no crescimento e acúmulo de matéria seca das plantas.

Como constatado nesse experimento, a produtividade do consórcio milho com *U. brizantha* concomitantemente à semeadura não reduz significativamente a produção de MS em relação ao cultivo exclusivo, viabilizando esse sistema de produção, corroborando com os resultados descritos por Barducci et al., (2009) e Batista et al., (2011).

A inclusão de forrageiras na rotação de culturas resulta em melhoria da qualidade física do solo pela presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante, aumentando a atividade da macrofauna do solo, além de permitir cobertura total do solo, protegendo-o do efeito erosivo do impacto direto das gotas de chuva e, dessa forma, minimizando o selamento superficial (SANTOS et al., 2014)



O acúmulo total de macronutrientes pelo híbrido triplo DKB 350 PRO, em manejo de sequeiro seguiram a seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > P > Mg$ e S (**Tabela 1**), com resultados significativos para P, K e S, em destaque para os consórcios com inoculação nas sementes do milho. Tal explicação deve-se ao fato de que as bactérias do gênero *Azospirillum* promovem primeiro o incremento de radículas e aumento do diâmetro de raízes, com conseqüente aumento de superfície de absorção de nutrientes (CAVALLET et al., 2000), o que promoverá maior crescimento da planta e absorção de fotoassimilados, proporcionando aumento em produtividade.

O N não apresentou acúmulo significativo (**Tabela 1**), possivelmente pelo histórico de 12 anos da área sob SPD, onde a condução do sistema e as práticas de correção do solo podem ter proporcionado N da mineralização dos resíduos vegetais, disponibilizando esse nutriente para a cultura produtora de grãos e para a forrageira de maneira similar.

O acúmulo de fósforo foi superior no consórcio onde houve inoculação apenas na semente de milho (**Tabela 1**). Apesar da *Urochloa* ser mais eficiente na absorção desse nutriente em relação ao milho (DIAS et al., 2015) devido principalmente ao seu rápido crescimento radicular, a inoculação com bactérias promotoras de crescimento proporcionou às plantas de milho, melhores condições de desenvolvimento e ausência de competição entre as plantas do consórcio.

Condição semelhante ocorreu com o acúmulo de K (**Tabela 1**), onde os maiores acúmulos foram encontrados em consórcios com inoculação nas sementes de milho. Outro fator que pode ter contribuído é a ciclagem de nutrientes proporcionada pelos anos anteriores (palhadas antecessoras) e aos próprios manejos de adubação dos cultivos anteriores em solo argiloso.

O Ca é um nutriente de baixa mobilidade no floema, em particular nos solos ácidos, sendo assim, seu aporte não foi significativo para safra em avaliação, além disso, Freitas et al. (2013) relataram que na presença de *Urochloa* pode ocorrer baixa capacidade competitiva pelo Ca com o milho.

Assim como o Ca, o Mg não apresentou resultados significativos (**Tabela 1**) corroborando com os resultados encontrados por Silva et al. (2015) que, avaliando o mesmo híbrido utilizado nesse estudo consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Piafã sob diferentes densidades, em Viçosa –

MG, relataram que houve redução dos teores de Mg em função da maior densidade de *Urochloa*, resultado da competição entre as espécies.

Os tratamentos que receberam inoculação nas sementes de milho, independentes se cultivados em consórcio ou solteiro apresentaram acúmulo de S superiores aos demais tratamentos (**Tabela 1**), pois geralmente as necessidades das plantas são supridas com a utilização de fertilizantes, que no presente trabalho foi o sulfato de amônio aplicado em cobertura, entretanto, como grande parte do S está ligado à M.O., esses valores podem ser acrescidos através da adoção do SPD.

O estudo do acúmulo de nutrientes e a velocidade em são disponibilizados pela palhada para a cultura subsequente são necessários para se verificar o quão essa fonte de nutrientes é suficiente para atender a demanda pela cultura em sucessão e se há sincronismo entre a época em que esse nutriente estará disponível e a exigência pela cultura sucessora.

CONCLUSÕES

Os maiores acúmulos de P, K e S ocorre pela inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense*.

O consórcio de milho com capim-marandu, com ou sem inoculação, não reduz a produtividade de matéria seca da cultura granífera.

A utilização do SIPA em SPD proporciona incremento na disponibilidade de nutrientes para ambas as culturas em consórcio e para a cultura em sucessão.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão da bolsa de doutorado da segunda autora, através do processo 2014/02697-1.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTCHKOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; NETO, M. M. G. A cultura do milho na Integração Lavoura Pecuária. Circular técnica nº 80, Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 14 p., 2006.
- BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho



safrinha em função da adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 1154-1160, 2011.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. Archivos de Zootecnia, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

DIAS, D. G.; PEGORARO, R. F.; ALVES, D. D.; PORTO, E. M. V.; SANTOS NETO, J. A.; ASPIAZÚ, I. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.4, p.330-335, 2015.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S., e SANTOS, F. L. S. Population of maize plants intercropped with *Urochloa ruziziensis*. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 43, n. 1, p.79-87, 2013.

FIESP (Brasil). Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (fiesp). Safra Mundial de Milho 2018/19: 4º Levantamento do USDA. 2018. Disponível em:

<file:///C:/Users/Abel/Downloads/file-20180813192126-boletim milho agosto 2018.pdf>. Acesso em: 03 set. 2018.

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da Cultura do Milho a Aplicação de Diferentes Doses de Inoculante (*Azospirillum brasilense*) Via Semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. v. 1, p. 1 - 6.

SANTOS, F. C. dos; KURIHARA, C. H.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de. Arranjo de plantas de braquiária em consórcio com a cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 6 p. (Circular Técnica, 202).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, F. A.; LOPES, F. C. F.; ROCHA, P. R.; CUNHA, R. L.; DALLABONA DOMBROSKI, J. L. X.; HOLANDA, J. L. C.; ELIANI, M.; MAYKY, F. P. L. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. Semina: Ciências Agrárias, v. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.

Figura 1 - Temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial coletadas junto à área experimental no período de implantação e condução do experimento. Selvíria - MS (2016)

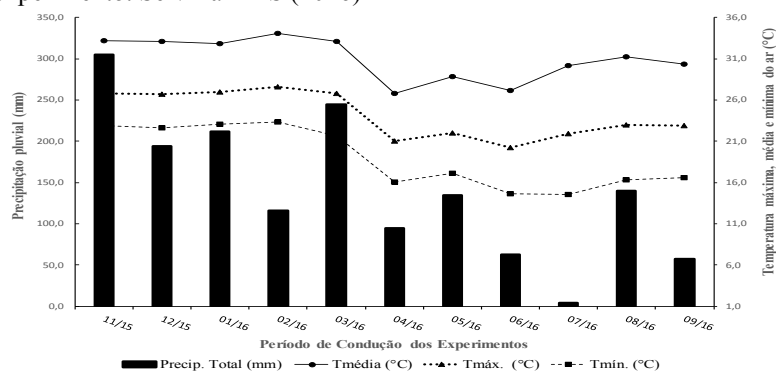


Tabela 1- Produção de matéria seca (PMSm) e acúmulo de macronutrientes em palha de milho, em área de sequeiro. Safra 2015/16.

Tratamentos	PMSm	N	P	Kg ha ⁻¹			
				K	Ca	Mg	S
Milho	4810b	56,00	4,53b	44,67b	12,91	10,25	8,11b
Milho + U	5814b	69,56	6,44b	53,31b	17,32	11,37	6,90b
Milho + U(I)	5077b	44,16	4,67b	48,46b	13,62	7,98	5,84b
Milho (I) + U	7742a	67,47	11,84a	82,14a	14,21	13,03	9,56ab
Milho (I)	6421ab	65,71	5,36b	47,67b	19,06	12,28	12,63a
Milho (I) + U(I)	5473ab	63,89	6,55b	46,02b	15,14	9,81	7,63b
CV (%)	23,17	26,89	27,04	24,83	30,13	21,94	29,79