



# Índice de clorofila e teores de nutrientes foliares na cultura do milho em consórcio ou não com capim-marandu em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*<sup>(1)</sup>

**Viviane Cristina Modesto<sup>(2)</sup>; Marcelo Andreotti<sup>(3)</sup>; Isabô Melina Pascoaloto<sup>(4)</sup>;  
Eric Hiroki Saito<sup>(5)</sup>; Cássia Maria de Paula Garcia<sup>(6)</sup>; Gilmar Cotrin Lima<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

<sup>(2)</sup> Doutoranda em Agronomia, FEIS-UNESP, Avenida Brasil, 56, 15385-000 Ilha Solteira (SP), Brasil, vivianemodesto@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, FEIS-UNESP, <sup>(4)</sup> Mestranda em Agronomia FEIS-UNESP; <sup>(5)</sup> Graduando em Agronomia FEIS-UNESP; <sup>(6)</sup> Doutoranda em Zootecnia FMVZ-UNESP; <sup>(7)</sup> Graduando em Zootecnia FEIS-UNESP.

**RESUMO:** O cultivo consorciado de culturas produtoras de grãos com espécies forrageiras tem apresentado resultados promissores, pela disponibilização de forragem no período de escassez. O trabalho de pesquisa objetivou em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições irrigadas e de sequeiro, no Cerrado, avaliar o efeito da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho em cultivo exclusivo (solteiro) ou consorciado com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) sobre o índice de clorofila foliar e teores de nutrientes foliares no milho. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. No florescimento feminino, foram coletados na área útil da parcela, 20 terços médios das folhas opostas imediatamente abaixo da espiga principal, secas, moídas e encaminhadas para análise da matéria seca quanto aos teores de macro e micronutrientes. Neste mesmo período foram efetuadas as leituras de índice de clorofila foliar. A inoculação com *A. brasilense* mostrou-se eficiente em área de sequeiro independente da utilização do consórcio. Os teores de nutrientes encontraram-se adequados independente da inoculação e da utilização ou não do consórcio.

**Termos de indexação:** *Zea mays*; bactérias diazotróficas; integração lavoura-pecuária.

## INTRODUÇÃO

O fornecimento de N via fertilizantes químicos é o principal fator responsável pelo alto custo de produção das culturas tornando-se necessário o direcionamento das pesquisas para o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Para a cultura do milho e outras gramíneas a inoculação com a bactéria diazotrófica *Azospirillum* spp. tem sido praticada, mostrando incrementos de produtividade (Braccini et al., 2012).

O sistema de cultivo consorciado de plantas produtoras de grãos com forrageiras tropicais em SPD tem aumentado significativamente por parte de técnicos e produtores das regiões caracterizadas com inverno seco (Garcia et al., 2014). Esse sistema tem como principal característica o aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Villela et al., 2011), além do fornecimento de palhada para continuidade do sistema plantio direto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o cultivo do milho consorciado ou não com capim-marandu em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no ano agrícola (2014/2015), em área irrigada (pivô central) e de sequeiro na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/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 pluvial foram coletados junto à estação meteorológica situada na FEPE (FEIS/UNESP) e encontram-se na Figura 1.

O solo da área experimental, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso e está sendo cultivado com culturas anuais em Sistema Plantio Direto há 10 anos, sendo a cultura anterior soja. Foram coletadas amostras de solo deformadas, com um trado de rosca na profundidade de 0,10 a 0,20 m para a caracterização de sua fertilidade inicial (Raij et al.,



2001). Os resultados encontrados para P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), M.O. ( $\text{g dm}^{-3}$ ), pH ( $\text{CaCl}_2$ ), K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), S- $\text{SO}_4$  ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), V(%) e m(%) para a áreas de sequeiro foram de 33; 25; 4,4; 2,5; 13; 7; 58; 11; 22,5; 80,5; 14; 28 e 33, respectivamente e para a área irrigada foram: 18; 20; 4,9; 3,5; 17; 15; 38; 3,5; 39; 76,8; 11; 49 e 5,8, respectivamente. De acordo com os resultados foi realizada a adubação de semeadura com aplicação de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 08-28-16 ( $24 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $84 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $48 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente). Como adubação de cobertura, foi aplicada a dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (fonte ureia).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo seis tratamentos, constituídos do cultivo do milho (exclusivamente ou em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu) com ou sem a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, assim descritos: milho (solteiro) com semente inoculada; milho (solteiro) sem semente inoculada; milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes; milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação das sementes do milho e milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação das sementes do capim.

O preparo da área com dessecação preliminar, feita com uso do herbicida Glyphosate, com posterior manejo utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (triton). A cultura do milho foi semeada mecanicamente (0,45 m entrelinhas) por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, objetivando-se atingir um estande final de  $60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ .

A semeadura do capim-marandu foi realizada simultaneamente ao milho, sendo efetuada com a mistura das sementes do capim com o adubo de semeadura. As sementes do milho e/ou forrageira foram inoculadas à sombra com o inoculante líquido, momentos antes da semeadura, utilizando-se da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, fornecida pelo inoculante AZO Total (Embrapa) na dose de  $100 \text{ mL}/25 \text{ kg}$  de sementes.

No estágio de florescimento feminino, foram coletados na área útil da parcela, 20 terços médios das folhas opostas imediatamente abaixo da espiga principal, secas a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ , moídas e encaminhadas para análise da matéria seca quanto aos teores de macro e micronutrientes (Malavolta et al., 1997). Neste mesmo período foram efetuadas as leituras de índice de clorofila foliar (ICF) utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker). As leituras foram realizadas no terço médio das folhas da base da espiga, utilizando-se em média 5 folhas por parcela.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ). O efeito dos tratamentos foi comparado pelo teste de "t", utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 constam os valores médios do índice de clorofila foliar (ICF) e teores de nutrientes foliares no florescimento pleno do milho DKB 390 exclusivamente ou em consórcio com capim-marandu inoculados ou não nas sementes com *A. brasilense*.

Observaram-se em ambas as áreas (irrigada e de sequeiro) resultados significativos para o índice de clorofila foliar, com destaque para a área irrigada, onde os valores de ICF foram superiores em relação a área de sequeiro, fato decorrente do estresse hídrico ocorrido na área sem irrigação. Segundo Bergamaschi (2004), no período de máxima fotossíntese ocorre um aumento da necessidade hídrica da cultura, elevando o fluxo energético incidente e também a evapotranspiração.

Em relação aos tratamentos, o experimento sob pivô central mostrou-se indiferente para o ICF do milho quando cultivado exclusivamente ou em consórcio com e sem a inoculação das sementes com *A. brasilense*. Enquanto que na área sem irrigação, os melhores resultados para ICF do milho foram encontrados para as sementes inoculadas, independente do cultivo exclusivo ou em consórcio, ressaltando a eficiência do uso de inoculantes do gênero *A. brasilense*, que segundo Barassi et al. (2008), proporcionam melhores parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila mesmo em condições de estresse hídrico.

Os nutrientes do experimento em ambas as áreas estão dentro dos teores adequados segundo Raij et al. (1997). Bashan et al. (2006) sugerem que a interação *Azospirillum* x planta envolvem múltiplos mecanismos de ação que são ativados simultaneamente, como efeito hormonal, fixação de nitrogênio e absorção de minerais.

Em ambos os experimentos, o Zn apresentou teores de nutrientes abaixo do recomendado por Raij et al. (1997), fato que pode estar relacionado a sua baixa mobilidade no perfil do solo, devido à sua capacidade de ser fixado na M.O. ou nas argilas, tornando-se indisponível para as plantas (Dechen & Nathtigall, 2006).

Mais estudos com *A. brasilense*, genótipos de milho em sistemas de consórcio são necessários para se alcançar viabilidade no uso dessas bactérias e usufruir dos benefícios que esse tipo de microrganismo pode trazer para a cultura.



## CONCLUSÕES

A utilização de *A. brasiliense* mostrou-se eficiente no incremento de ICF e teores de nutrientes foliares do milho em área de sequeiro independente da utilização ou não do consórcio com capim-marandu.

Os teores de nutrientes foliares encontram-se adequados independentes da utilização ou não de inoculação com *A. brasiliense* e da utilização ou não do consórcio com capim-marandu.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

BARASSI, C.A. et al. Potencialidad de *Azospirillum* em optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. IN: CASSÁN, F.D. & GARCIA, S. (Ed). *Azospirillum* sp.: Cell physiology, plant interactions and Agronomic Research in Argentina, Buenos Aires, 2008. p. 49-59.

BASHAN, Y. et al. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. *Biol. Fert. Soils*; 2006;42:279-285.

BERGAMASCHI, C. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo. 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – UFRGS, Porto Alegre.

BRACCINI, A.L. et al. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. *Rev. Caatinga*. 2012;25:58-64.

DECHEN, A.R. & NATHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição mineral de plantas. IN: NOVAIS, R.F. et al. (Ed). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, 2007, p. 91-132.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 2006. 306 p.

FERREIRA, D.F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). Lavras: DEX/UFLA, 2003.

GARCIA, C.M.P. et al. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. *Bragantia*. 2014;73:143-152.

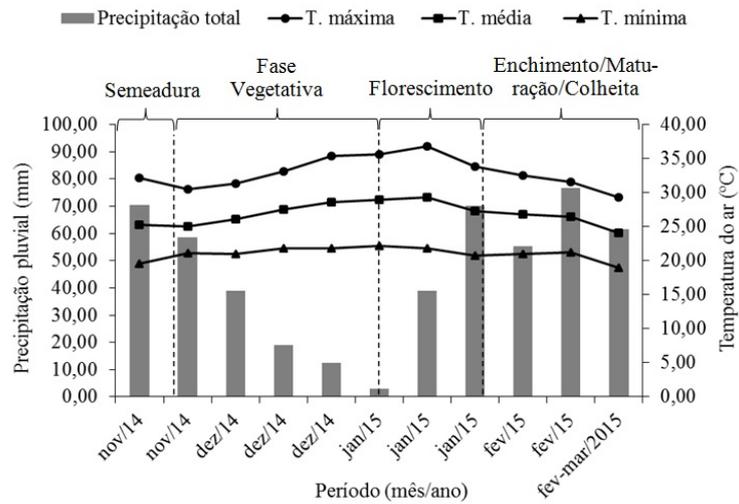
MALAVOLTA E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

RAIJ et al. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 287 p.

RAIJ et al. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura- pecuária na região do Cerrado. *Pesq. Agrop. Bras.* 2011;46;10:1127-1138.

Figura 1. Dados climatológicos em decêndios entre a semeadura do experimento até a colheita do milho. Selvíria – MS (2015).



Fonte: Estação meteorológica localizada na fazenda de ensino, pesquisa e extensão da Unesp-Ilha Solteira (FEPE), Selvíria-MS.

Tabela 1. Índice de clorofila foliar (ICF) e teores de nutrientes foliares no florescimento pleno do milho DKB 390, exclusivamente ou em consórcio com capim-marandu e inoculação ou não das sementes com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014/2015.

Tratamentos <sup>1</sup>	ICF	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Área Irrigada</b>											
	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
MSSI	76,6a	27,8	2,9b	18,0ab	2,8ab	1,6	2,8	15,5	194,2	53,7bc	14,5
MCSI	72,6b	29,0	3,2a	17,0abc	3,0a	1,6	2,2	20,2	200,2	51,7bc	14,7
MCIU	70,5b	28,0	3,5a	19,5a	2,9ab	1,6	2,2	17,2	209,5	57,2ab	14,7
MCIM	71,1b	28,5	3,4a	14,0c	2,6ab	1,6	2,3	19,7	184,2	45,5bc	14
MSI	66,2c	30,7	3,5a	16,0ab	2,9ab	1,7	2,2	17,0	178,5	63,0a	18,5
MCIMU	79,2a	28,9	3,4a	16,5abc	3,0ab	1,6	1,9	16,5	205,7	56,5ab	19,5
CV %	3,3	5,9	5,7	13,4	8,76	14,5	19,9	25,9	8,18	11,1	17,4
<b>Área de Sequeiro</b>											
	*	ns	*	*	*	ns	ns	*	ns	*	ns
MSSI	34,5c	19,4	1,8c	16,5bc	2,6abc	1,6	1,6	7,1b	130,2	66,0a	8,7
MCSI	41,1b	20,6	2,1b	16,0c	2,5bcd	1,3	1,6	10,0a	134,7	67,2a	10,0
MCIU	39,7bc	19,2	2,2ab	21,0a	2,2cd	1,1	1,5	7,5b	119,0	53,7c	9,0
MCIM	47,5a	18,7	2,0bc	17,5bc	3,0a	1,5	1,5	7,0b	114,7	45,5c	8,2
MSI	52,2a	20,0	2,1b	18,0bc	2,0d	1,5	1,6	8,0b	116,5	65,5ab	8,7
MCIMU	46,9a	20,7	2,4a	19,0ab	2,8ab	1,6	1,5	7,7b	146,5	55,2bc	9,2
CV %	8,1	5,9	7,8	9,3	13,2	17,3	10,7	10,0	20,4	11,9	10,2

<sup>1</sup> MSSI = Milho (solteiro) sem semente inoculada; MCSI = Milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação; MCIU = Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do capim; MCIM = Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação nas sementes do milho; MSI = Milho (solteiro) com semente inoculada; MCIMU = Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes. \*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "t" a 5% de probabilidade.