

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Augusto Teixeira Cavanha Chimelo

Engenheiro Agrônomo

**Inoculação de bactérias promotoras de crescimento
associado a sistemas de consórcio de milho irrigado
por aspersão**

Dracena

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Augusto Teixeira Cavanha Chimelo

Engenheiro Agrônomo

**Inoculação de bactérias promotoras de crescimento
associado a sistemas de consórcio de milho irrigado
por aspersão**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp,
Câmpus de Dracena como parte das
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Dracena

2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Inoculação de bactérias promotoras de crescimento associado a sistemas de consórcio de milho irrigado por aspersão

Modalidade: Trabalho de atividades de pesquisa

Autor: Augusto Teixeira Cavanha Chimelo

Orientador (a): Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 07/12/2021

Vagner do Nascimento

Leonardo Tropaldi

Vitor Correa de Mattos Barretto

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Augusto Teixeira Cavanha Chimelo, nascido em 09 de abril de 1996, na cidade de Bastos/SP, ingressou no curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Campus de Dracena, no início de 2017. Em 2020 iniciou atividades no *Field Cover Crops* (culturas de cobertura de campo) em produção de cobertura vegetal no solo, acompanhamento de experimentos. Em 2020 ingressou no Grupo de Estudos e Pesquisas na Agricultura de Cereais (GEPAC). Em 2021 concluiu a iniciação científica sem bolsa com o projeto de pesquisa: Sistemas de consorciação e inoculação via foliar de rizobactérias em milho segunda safra. Durante a graduação participou de eventos relacionados a área de agronomia.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Paulo Sergio Chimelo, minha mãe Maria Solange Teixeira Chimelo e minha irmã Flavia Teixeira Chimelo, que me educaram, me aconselharam e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me sustentar ao longe desta caminhada.

Agradeço especialmente aos meus pais Maria Solange e Paulo que sempre me apoiaram e me fortaleceram com tudo de necessário durante a minha jornada. A minha irmã Flávia por sempre me ouvir e me aconselhar nos momentos difíceis, e todos os meus familiares pelo amor, incentivo, força e apoio.

Aos meus amigos, Joao Renato, Guilherme, Heitor, Mateus, Luís Fernando, Lucas, Bruno, Joao Vitor, Jaime, Marcel, Alemão, Yago, Gabriel, Vinicius Akio, Marcelo e ao meu amigo Pedro, que nos deixou há pouco tempo, que a todos os demais que de alguma forma fizeram parte desta caminhada. Eu agradeço com um forte abraço.

A todos os professores que com muita paciência ensinaram-me não somente conteúdos, mas também o sentido de amizade respeito e profissionalismo, ao Prof. Dr. Vagner do Nascimento pela oportunidade, confiança amizade e apoio durante todo processo de construção deste trabalho.

A universidade, aos docentes, diretores e funcionários que sempre proporcionaram o melhor dos ambientes do mesmo durante a uma pandemia para que esse trabalho fosse realizado.

“Enquanto eles não se conscientizarem, não serão rebeldes autênticos e, enquanto não se rebelarem, não têm como se conscientizar.”
(ORWELL, 1984).

RESUMO

Com a crescente demanda de produção de grãos, o uso de tecnologias que melhoram a produtividade e o desempenho agrônomo aliada a sustentabilidade, de extrema importância. O uso de bactérias promotoras do crescimento, é uma tecnologia recente podendo ser uma alternativa. Com isso o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo e produtivo do milho segunda safra, em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura aliado a aplicação via foliar de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido em uma área da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT/UNESP), Câmpus de Dracena, no período de fevereiro a junho de 2021, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico típico de textura arenosa. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 4x2, constituído pelo cultivo de milho solteiro e consorciado com culturas de cobertura (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) na presença e ausência da aplicação via foliar (estádio V4) do inoculante contendo *Azospirillum brasiliense*, com 4 repetições. Foi utilizado o inoculante contendo cepas AbV₅ e AbV₆ de *A. brasiliense* (2×10^8 células viáveis mL) e a dose de 500 mL ha⁻¹. Avaliações realizadas na cultura do milho foram: matéria seca de plantas; teor de clorofila (Índice SPAD) no estágio R1 do híbrido de milho; altura média de plantas; altura de inserção de espigas; diâmetro do colmo; radiação fotossinteticamente ativa (RFA); número de fileiras de grãos por espiga; comprimento de espiga; diâmetro da espiga; número de grãos por fileira; das parcelas colhidas foi quantificado o valor da massa de cem grãos. Os resultados, apontam que a inoculação da bactéria *Azospirillum brasiliense* via foliar juntamente com o consórcio, acarreta benefícios e aumento nas características agrônomicas e conseqüentemente aumentando a produtividade. Dessa forma após realizar o estudo observa-se que, a inoculação associada ao consórcio, torna uma ótima opção visando o incremento de um maior volume de palhada pós-colheita sem prejudicar o desempenho produtivo do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L. *Azospirillum brasilense*. Bactérias diazotróficas. Adubação verde. Plantas de cobertura.

ABSTRACT

With the growing demand for grain production, the use of technologies that improve productivity and agronomic performance, together with sustainability, are extremely important. The use of growth-promoting bacteria is a recent technology and may be an alternative. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic and productive performance of corn second crop, in a single crop and intercropped with cover crops combined with foliar application of inoculant containing *Azospirillum brasilense*. The experiment was carried out in an area of the Faculty of Agrarian and Technological Sciences (FCAT/UNESP), Campus de Dracena, from February to June 2021, in a typical sandy-textured Dystrophic Yellow Argisol. The experimental design used was a randomized block, arranged in a 4x2 factorial scheme, consisting of single maize cultivation and intercropped with cover crops (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* and *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) in the presence and absence of application via foliar (stage V4) of the inoculant containing *Azospirillum brasiliense*, with 4 replications. The inoculant containing strains AbV5 and AbV6 of *A. brasiliense* (2×10^8 viable cells mL) and a dose of 500 mL ha⁻¹ was used. Evaluations carried out in the corn crop were: plant dry matter; chlorophyll content (SPAD Index) at the R1 stage of the corn hybrid; average plant height; spike insertion height; stem diameter; photosynthetically active radiation (RFA); number of grain rows per ear; ear length; ear diameter; number of grains per row; of the harvested parcels, the mass value of one hundred grains was quantified. The results show that the inoculation of the bacterium *Azospirillum brasiliense* via the foliar, together with the intercropping, brings benefits and increases in agronomic characteristics and consequently increases productivity. Thus, after carrying out the study, it is observed that the inoculation associated with the intercropping makes it a great option to implement a greater volume of post-harvest straw without harming the productive performance of corn.

Keywords: *Zea mays* L. *Azospirillum brasilense*. Diazotrophic bacteria. Green manure. Cover plants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Registro e dados meteorológicos de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar em graus celsius (°C), Dracena, SP, Brasil, Safra 2021.....	19
Figura 2. Posições de instalação de sensores (tensiômetros) no solo para monitorar o potencial matricial do solo.....	24
Figura 3. Tensão da água no solo (ET _o).	25
Figura 4. Período e manejo da irrigação.....	25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Valores obtidos das amostragens de solo da área experimental antes da instalação do experimento em 26/11/2020, Dracena, SP, Brasil. 20
- Tabela 2. Valores médios de população final (PF) de plantas, teor de nitrogênio (N) foliar, teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, massa seca das plantas (MSP), altura média de plantas (AP), altura inserção de espigas (AIE) e diâmetro do colmo (DC) do milho consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense*, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.30
- Tabela 3. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a população final (PF) de plantas, teor de clorofila (Índice SPAD), teor de nitrogênio (N) foliar e altura inserção de espigas do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.32
- Tabela 4. Valores médios de número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro de espiga (DE), comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.34
- Tabela 5. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e produtividade de grãos do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.34
- Tabela 6. Valores médios radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no dossel do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e

inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.36

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) do terço inferior no estágio R1 do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO GERAL.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
5 RESULTADOS e discussão	28
7 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	39

1 INTRODUÇÃO

A busca global por tecnologias agrícolas de baixo custo que possam ajudar a aumentar a oferta de alimentos em modelos de produção sustentável está se tornando mais relevante (SÁ *et al.*, 2017).

A inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal, tem sido uma alternativa promissora e de baixo impacto ambiental possibilitando ampliar a eficiência dos fertilizantes químicos, conseqüentemente garantindo altas produtividades e de baixo custo. Essas bactérias são formadas por vários gêneros, como por exemplo o *Bradyrhizobium*, que se caracteriza pela formação de nódulos nas raízes das leguminosas, e as do gênero *Azospirillum*, que não produzem nódulos, mas quebram as moléculas de N₂ atmosférico, graças à ação de enzima chamada dinitrogenase, que é capaz de romper a tripla ligação do N₂ e reduzi-lo a amônia, facilitando sua assimilação pelas plantas, principalmente em plantas da família Poaceae (gramíneas), produzindo e liberando substâncias reguladoras do crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas (REPKE *et al.*, 2013).

No Brasil, o milho safrinha é semeado após a safra de verão, de janeiro até abril. Sua área cultivada, produção e produtividade nacional, aumentaram nas últimas décadas, evidenciando a consolidação da sucessão soja/milho sob plantio direto (CONAB, 2020).

Insumos utilizados na produção do milho safrinha representam a maior porcentagem do custo de produção, que é fornecido às plantas pela forma mineral, principalmente o nitrogênio (N) como elemento requerido em maior quantidade pela cultura, no entanto, 76% do nitrogênio usado em lavouras, acaba sendo perdido por lixiviação ou volatilização (CABEZAS, *et al.*, 2008).

O fornecimento inadequado de N sendo um fator limitante para a produção de grãos do milho, pois é o nutriente mais absorvido por essa cultura, proporcionando alto crescimento e resposta produtiva, desde que outros fatores não sejam limitantes (AL-NAGGAR *et al.*, 2015). Existem produtores que optam por utilizar doses menores de N ou sua exclusão total durante o milho safrinha, devido as condições climáticas menos favoráveis, interferindo na resposta da planta ao nutriente. Estudos comprovam que a aplicação de N em cobertura ao milho influencia positivamente

seu desempenho produtivo no cultivo da segunda safra, mesmo quando é cultivado em sucessão à soja (KAPPES *et al.*, 2009, RAASCH *et al.*, 2016).

O interesse em cultivar milho segunda safra em consórcio com gramíneas ou leguminosas sob plantio direto vem crescendo no Brasil, as forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa*, proporcionam alta produção de palha e ciclagem de nutrientes, fatores que contribuem para a sustentabilidade do plantio direto (FRANCHINI *et al.*, 2014).

Estudos demonstram que a utilização de *Azospirillum* em milho consorciado com braquiária, tem aumentado a produtividade de grãos, e que após a colheita, ocorre um aumento de forragem para fornecimento de pasto aos animais, podendo contribuir também para a diminuição dos custos de produção, principalmente com a utilização de N (HUNGRIA *et al.*, 2010).

Como é característico da espécie da crotalária *spectabilis*, a fixação de N atmosférico, provavelmente não compete pelo N do solo com o milho. Por sua vez, o consórcio de milho com crotalária pode aumentar a quantidade de palha, de N no solo, ciclagem de nutrientes e controle de nematoides que atacam a cultura (GITTI *et al.*, 2012, SOUZA *et al.*, 2019).

O método de aplicação das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) é via foliar, onde, são pulverizadas sobre as folhas da planta cultivada, essa aplicação cria uma interação entre a superfície foliar e o microrganismo, que precisam ser investigados.

Dessa forma a pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo e produtivo do milho segunda safra, em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura aliado a aplicação via foliar de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho agronômico e produtivo do milho segunda safra, em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura aliado a aplicação via foliar de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente, a maximização da produtividade em gramíneas tem se tornado o assunto mais debatido, visto que há necessidade de produzir mais em uma escala menor de tempo, porém na maioria das vezes o uso de fertilizantes minerais é utilizado de forma excessiva, acarretando a contaminação dos lençóis freáticos e solo (ARNUTI *et al.*, 2017). De tal modo visando a necessidade de reduzir custo e impacto ambientais gerados por fertilizantes minerais sendo uma das estratégias utilizadas, a inoculação e co-inoculação de bactérias (GALINDO *et al.*, 2015).

Com a produção nacional do milho correspondente a 104,0 milhões de toneladas (IBGE, 2020), a cultura do milho (*Zea mays* L.) se destacando dentre as gramíneas agregando valores em aspectos econômicos e nutricionais sendo a segunda espécie mais cultivada no Brasil, perdendo apenas para a cultura da soja. Na região Centro-Oeste, o milho é semeado esporadicamente no outono-inverno, em sucessão a soja.

A sucessão soja-milho safrinha, mesmo produzindo uma quantidade de palhada consideravelmente, ainda proporciona baixa cobertura do solo, a presença de forrageira como opção no consórcio se torna uma alternativa eficiente proporcionando o aumento do volume da palhada na produção de grãos (CECCON *et al.*, 2013) e diminuir a ocorrência de plantas daninhas (COCENÇO *et al.*, 2013).

Devido a rápida decomposição da palhada das culturas de verão, especialmente soja, feijão e algodão, a viabilidade e sustentabilidade do sistema de plantio direto tende a serem comprometidas. Este sistema de manejo conservacionista é caracterizado pela semeadura em solo não revolvido, pela rotação de cultura e manutenção da palha na superfície do solo (PEREIRA *et al.*, 2009).

A inoculação de bactérias promotoras do crescimento das plantas, compreendem um grupo de microrganismos benéficos devido a sua capacidade de colonizar superfícies radiculares, rizosfera e tecidos internos (DAVISON, 1988; KLOPPER *et al.*, 1989). Essas bactérias podem estimular o crescimento das plantas por meio de diversos processos, incluindo: fixação biológica de N (HUERGO *et al.*, 2008); aumento da atividade de nitrato redutase quando há crescimento como endófitos de plantas (CASSÁN *et al.*, 2008); através da síntese de hormônios como

auxinas, citocininas (TIEN *et al.*, 1979), giberelinas (BOTTINI *et al.*, 1989), etileno (STRZELCZYK *et al.*, 1994); variedade de outras moléculas (PERRIG *et al.*, 2007); por solubilização de fosfato (RODRIGUEZ *et al.*, 2004); e exercendo também o controle biológico de patógenos (CORREA *et al.*, 2008). Acredita-se que o beneficiamento do crescimento da planta juntamente com essas bactérias vem através da combinação desses mecanismos (DOBBELAERE *et al.*, 2003).

Ao que tange o gênero de bactérias, uma extensa gama que promove o crescimento de plantas (BPCP) tem sido descrito, incluindo *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum* e *Azospirillum* (WELLER; TOMASHOW 1994; GLICK 1995; PROBENZA *et al.*, 1996). *Azospirillum* é um exemplo de (BPCP) de vida livre encontrado quase em todos os lugares da terra (DOBEREINER; PEDROSA 1987; HUERGO *et al.*, 2008). O mesmo foi descrito pela primeira vez em 1978, por Beijerinck, juntamente com a descrição de duas espécies *A. lipoferum* e *A. brasiliense* (TARRAND *et al.*, 1978). Relatórios têm mostrado que *Azospirillum* pode promover o crescimento e rendimentos de inúmeras espécies de plantas, muitas das quais são de importância agrônômica ou ecológica (OKON; LABANDERA-GONZALEZ 1994; BASHAN; HOLGUIN 1997; BASHAN *et al.*, 2004). Estudos acreditam que a produção de vários fitormônios melhoram o crescimento das raízes e absorção de água e minerais, aumentando a tolerância a estresses como salinidade e seca, tornando a planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN; HOLGUIN 1997; DOBBELAERE *et al.*, 2001; BASHAN *et al.*, 2004).

Os sistemas de cultivo em que o milho é submetido ao consórcio com plantas forrageiras tem sido utilizado para a sustentabilidade da produção de grãos e carne no Brasil. A *Urochloa ruziziensis* é conhecido como a espécie mais importante entre as alternativas de manejo, o consórcio com milho safrinha e *B. ruziziensis* visa a produção de palha para cobertura do solo em plantio direto e evoluiu as lavouras de agricultores por causa dos resultados de pesquisas sobre sua viabilidade econômica. (CECCON *et al.*, 2007).

Como na Região Sudeste, há pelo menos duas safras sendo a primeira de verão no período de semeadura entre outubro/dezembro com a colheita em janeiro/março e a segunda de inverno no período de semeadura em janeiro/março com a colheita sendo realizada junho/agosto, o objetivo principal desse sistema é aumentar a quantidade de palha após a colheita do milho, de forma que a matéria

orgânica também aumente criando assim um ambiente melhor para a soja que vem em sucessão na safra de verão.

O sistema se fundamenta na produção consorciada de cultura de grãos, especialmente o milho (*Zea Mays L.*), o sorgo (*Sorghum spp.*), milheto (*Pennisetum americanum L.*), soja (*Glycine max L.*), com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Brachiaria*, em áreas de lavoura com solo parcialmente corrigido; tem como objetivo produzir forragem para a entressafra, palha em qualidade e quantidade para o sistema de plantio direto e plantio convencional (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000).

Espécies do gênero *Crotalária*, são caracterizadas por desenvolver rápido crescimento vegetativo, altos níveis de biomassa produção e extração de nutrientes, bem como a capacidade de se adaptar bem as condições de baixa fertilidade no solo (FONTANETTI *et al.*, 2006; VARGAS *et al.*, 2011). Como tal são uma boa opção para o seu uso em sistema de plantio direto, além da sua utilização como adubo verde, resíduos vegetais e a consequente liberação rápida de nutrientes, principalmente N que são disponíveis para cultivares subsequente (AITA *et al.*, 2001). Com seu sistema radicular profundo e ramificado, auxilia na eficácia de absorção de nutrientes mais profundos e translocando para as camadas mais superficiais, contribuindo para a mobilização de nutrientes para a superfície do solo como fosforo (P) e potássio (K) (ALCANTRA *et al.*, 2000).

Diante dessas condições, há melhorias em abundância nas propriedades química e físicas do solo (AMADO *et al.*, 2007), como por exemplo o aumento na capacidade de retenção de água no solo (SOUZA *et al.*, 2011), supressão do desenvolvimento de ervas daninhas (CONCENÇO *et al.*, 2013; CONCENÇO *et al.*, 2015), aumento no rendimento da colheita de soja na próxima safra (ALVES *et al.*, 2013), e por fim o efeito supressor na reprodução de alguns nematoides fitófagos que são considerados um grande problema no Brasil (INOMOTO *et al.*, 2007, CUNHA *et al.*, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

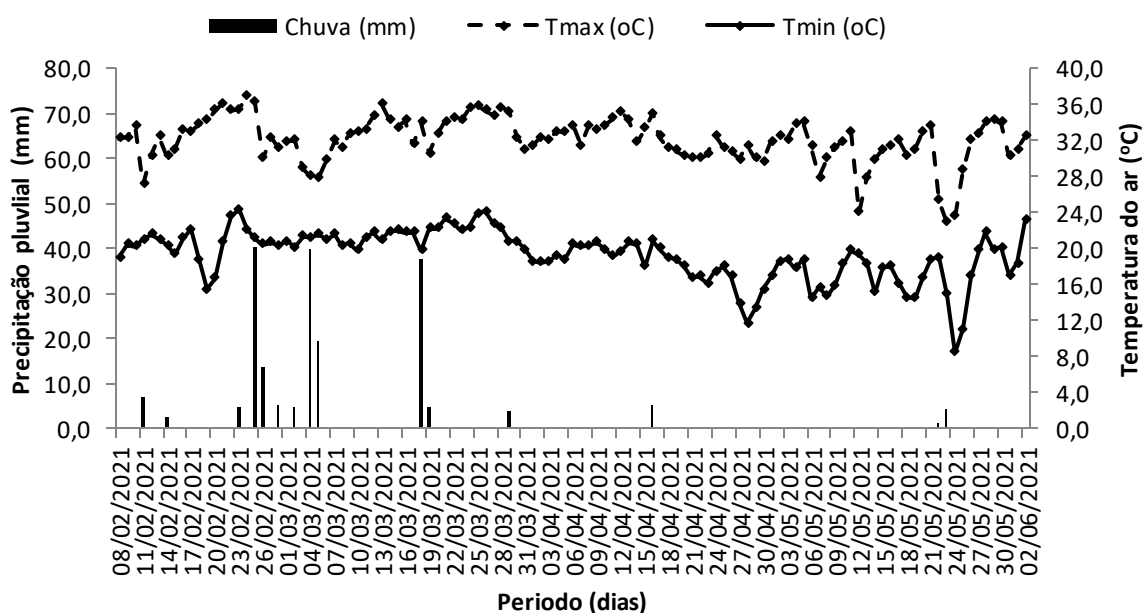
O projeto foi desenvolvido durante o outono-inverno de 2021, em área experimental da UNESP, Campus de Dracena, SP, pertencente à região da Nova Alta Paulista, situada aproximadamente a 51° 52' de longitude Oeste de Greenwich e 21° 29' de Latitude Sul e 420 metros de altitude. O experimento foi desenvolvido em um Agissolo Amarelo distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013).

As condições climáticas do local apresentam temperatura média anual de 24,0°C, a precipitação pluvial com média anual é de 1.261 mm e a umidade relativa do ar com média anual de 64,0%. De acordo com Koppen, o tipo climático da região é o tropical úmido (Aw), caracterizado com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

Os dados climáticos de temperatura do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar durante a condução da pesquisa foram obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na UNESP, Câmpus de Dracena, localizada a 200 m da área experimental.

Os dados climáticos do período experimental são apresentados na (Figura1).

Figura 1. Registro e dados meteorológicos de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar em graus celsius (°C), Dracena, SP, Brasil, Safra 2021.



Fonte: Estação Meteorológica Automática, Campbell Modelo CR10X – FCAT/Unesp Câmpus de Dracena, SP, 2021.

Antes da instalação do experimento foi realizada uma caracterização química do solo no dia 11 de novembro de 2020, sendo realizada a coleta de amostras de solo das profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, foram coletadas e encaminhada para o laboratório de solo de Ilha Solteira para caracterização química do solo em toda área experimental.

Na Tabela 1 pode-se observar os valores que foram obtidos das amostragens de solo da área experimental antes da instalação do experimento na data 26 de novembro de 2020.

Tabela 1. Valores obtidos das amostragens de solo da área experimental antes da instalação do experimento em 26/11/2020, Dracena, SP, Brasil.

Profundidade (cm)	pH (CaCl ₂)	MO (g/dm ³)	V% V%	P ¹	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	Al
				mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³				
0-20	5,7	13000	65	6	3	1,3	14	10	15	25,3	40,3	0
20-40	4,6	10000	39	3	4	1,7	7	4	20	12,7	32,7	2

Fonte: Universidade Estadual Paulista - Câmpus Ilha Solteira, Laboratório de Fertilidade do Solo, 2020.

Após o diagnóstico dos atributos químicos do solo (Tabela 1), baseado nos resultados da camada 0,00-0,40 m, aplicou-se na área experimental conforme recomendação de Raij *et al*, (1997), 1.440 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 90%, usando equipamento com distribuidor a lança. Foram realizados os cálculos de necessidade de calagem preconizada para o estado de São Paulo, com metas de saturação por bases para a calagem de 70% para o cultivo do milho segunda safra. A dose total foi parcelada em duas aplicações de 720 kg ha⁻¹ antes da operação de arado de aiveca e 720 kg ha⁻¹ antes da operação grade niveladora.

Antes do preparo convencional do solo foi realizada uma dessecação com herbicida sistêmico em área total em 13 de novembro de 2020, com os herbicidas glyphosate (1.440 g ha⁻¹ do i.a.) + 2,4-D (670 g ha⁻¹ do i.a.). Os herbicidas foram aplicados com pulverizador tratorizado de barras regulado para 240 L ha⁻¹ de calda.

O preparo convencional do solo foi composto por uma aração profunda e duas operações com grade leve, que ocorreu entre os meses de dezembro de 2020 e janeiro de 2021 antes da instalação do experimento.

Após o preparo do solo, foi realizada a semeadura do milho em 08 fevereiro de 2021 e conduzido até 01 de junho de 2021. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2, constituído pelo cultivo de milho solteiro e consorciado com culturas de cobertura (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) na presença e ausência da aplicação via foliar (no estágio fenológico V4) do inoculante contendo *Azospirillum brasilense*, com 4 repetições.

A semeadura do consórcio de milho com *U. ruziziensis*, *C. spectabilis* e ambas ocorreram no mesmo dia de forma mecânica e manual. O milho semeado foi utilizado semeadora-adubadora de discos, regulada para 60 mil plantas por hectare com espaçamento de 0,90m entrelinha, constituída de sete sementes por metro linear. O híbrido do milho utilizado foi o da KWS K9606 VIP3 de ciclo precoce, adaptado às condições ambientais locais de acordo com as recomendações técnicas do cultivar para a região tropical de baixa altitude (até 500 m) por apresentar elevada estabilidade produtiva, sendo recomendado para produção de silagem e grãos.

As sementes de *U. ruziziensis* utilizadas na pesquisa apresentaram valores de germinação de 80% e pureza de 90%, constituído de valor cultural de 72%, e a quantidade de sementes usada de *U. ruziziensis* foi de 2,5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. As sementes de *C. spectabilis* utilizadas na pesquisa apresentaram valores de germinação de 82% e pureza de 99%, com densidade de sementes utilizadas na semeadura para de 20,0 kg ha⁻¹. Ambas as espécies de cobertura do solo foram semeadas na profundidade de 0,03 m.

Para a semeadura manual da *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* foi utilizado o copinho descartável distribuindo de maneira uniforme em uma única fileira no meio das entrelinhas do milho. A quantidade de sementes usada para a espécie de *U. ruziziensis* foi de 2,4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV). A densidade de sementes utilizadas na semeadura para *C. spectabilis* foi de 20,0 kg ha⁻¹. Todas as plantas de cobertura do solo foram semeadas na profundidade de 0,03 m. As parcelas de milho em cultivo solteiro e consorciado foram constituídas por quatro linhas com 5 m de comprimento espaçadas de 0,90 m, sendo semeadas na

profundidade de 0,05 m. Todas as parcelas experimentais foram constituídas de uma área de 18,00 m², considerando-se como área útil para as avaliações as duas linhas centrais de milho, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade.

A adubação mineral nos sulcos (N-P₂O₅-K₂O) de semeadura do milho calculada de acordo com os atributos químicos da análise do solo e produtividade esperada de 6 a 8 t/há⁻¹ de grãos, conforme recomendação de Raij e Cantarella (1996).

Não foi realizada adubação mineral das plantas de cobertura no sulco de semeadura. Usando um híbrido simples de ciclo precoce ou super precoce recomendado e adaptado para a região na segunda safra. Antes da semeadura foi realizado o tratamento de sementes com inseticidas e fungicidas específicos. A aplicação de nitrogênio em cobertura realizada em dose única de 100 kg/ha⁻¹ de forma parcelada com metade dose (50%) quando as plantas de milho apresentar estágio fenológico de cinco (V5) folhas expandidas e a outra metade da dose (50%) quando as plantas de milho apresentar o estágio fenológico de oito (V8) folhas expandidas, usando como fonte de nitrogênio a ureia (46% de N). A inoculação via foliar com a bactéria diazotrófica, foi realizada quando as plantas possuírem estágio fenológico V4 (quatro folhas expandidas).

A aplicação do inoculante realizada no dia 03/03 após as 17h, sob condições de temperatura amena em torno de 25°C, para favorecer a inoculação com a bactéria. No momento da inoculação foi utilizado um pulverizador costal a pressão constante de 2,068428 KPa pressurizado por CO₂ comprimido munido de uma ponta de bico de jato plano "leque" J5F 110-02, com volume de aplicação proporcional à 400 L ha⁻¹. O inoculante usado continha estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* e apresenta 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 500 ml/ha⁻¹ do inoculante.

Para o manejo de plantas daninhas foi realizado pela utilização de herbicidas aplicados em pós-emergência precoce das plantas daninhas e seletivo para o milho, *C. spectabilis* e *U. ruziziensis*, realizado com a utilização de herbicidas aplicados por pulverizador tratorizado regulado para 270 L ha⁻¹ de taxa de aplicação. Aos 16 dias após emergência (DAE) das plantas de milho foi utilizado em pós-emergência os herbicidas bentazon Basagran (600 g ha⁻¹ do i.a.). Demais plantas daninhas não controladas pelos herbicidas foram eliminadas manualmente com auxílio da capina manual. Também foram aplicados inseticidas e fungicidas na cultura, utilizando os

produtos fungicida: Amistar top Difenconazol 400 ml/ha, e inseticida: Connect Imidacloprido 900 ml/ha⁻¹, há uma vazão de 250 L/ha⁻¹. Os demais tratamentos culturais e fitossanitários foram os normalmente recomendados à cultura do milho segunda safra para a região.

O sistema de irrigação utilizado foi via aspersão convencional, nosso modelo utilizado de aspersor foi Agropolo, NY25 com bocais de 2,8 x 2,5 mm, obtém uma lâmina líquida de 4,9 mm h⁻¹ em uma pressão de serviço 2,5 Kgf cm⁻². O manejo da água de irrigação foi realizado com base na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), determinada pela equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN *et al.*, 1998).

Equação de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) (Equação 1).

$$ET_o = \frac{0,408 s(Rn-G) + \gamma \frac{900U_2(e_s - e_a)}{T+273}}{s + \gamma (1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

O turno de rega fixo adotado foi de 4 dias de acordo com tratamento estabelecido, sempre que a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) atingir o nível crítico, que foi dado por uma fração da capacidade de armazenamento de água disponível no solo calculado por meio da Equação 2.

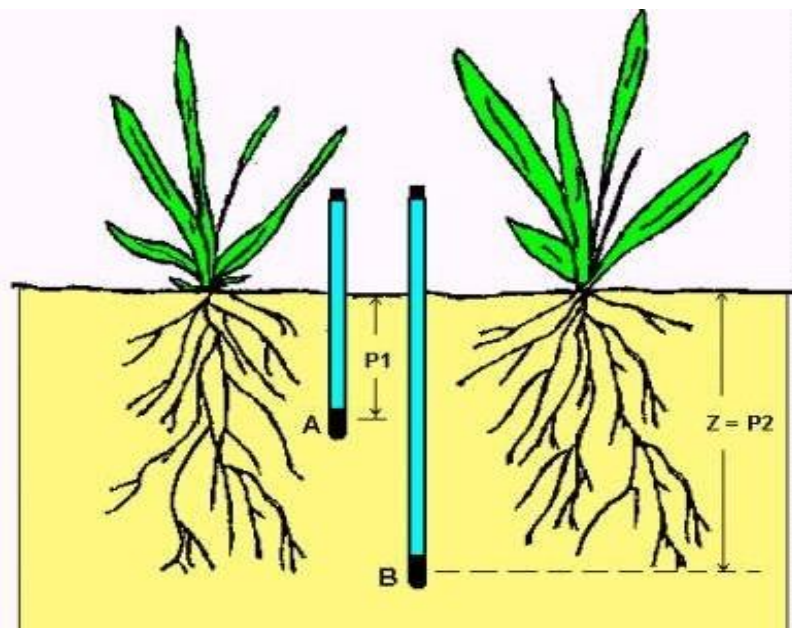
$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times d \times f \times Z \quad (2)$$

Para determinar o potencial matricial do solo foram utilizados tensiômetros e instalados em 19 de fevereiro de 2021. Os valores de leitura foram coletados por tensiômetro digital em milibar, a fim de determinar indiretamente os valores de umidade do solo.

As medições do potencial ou da umidade do solo foram obtidas em quatro pontos representativos ou unidades experimentais na área de pesquisa em duas

profundidades (Figura 1), uma zona de máxima atividade radicular (ponto A: que corresponde aproximadamente à região mediana da profundidade efetiva do sistema radicular, para a cultura do milho em seu máximo desenvolvimento) e outra nas proximidades da parte inferior da zona radicular (ponto B).

Figura 2. Posições de instalação de sensores (tensiômetros) no solo para monitorar o potencial matricial do solo.

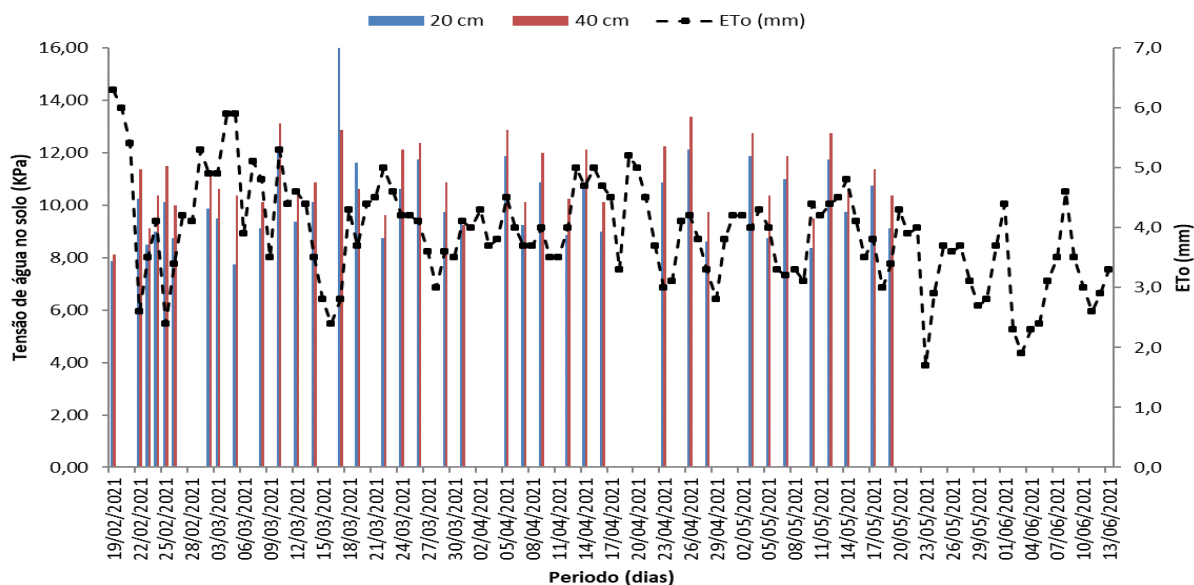


Fonte: Associação de Agricultura Natural de Campinas (AANC), 2015

Profundidade efetiva do sistema radicular de 0,40 m, com instalação de tensiômetros nas profundidades dos pontos: A: 0,00-0,20 m e B: 0,00-0,40 m. Fonte: adaptado de Albuquerque, 2010.

Os dados coletados foram transformados em umidade volumétrica, segundo o modelo de Genuchten (1980). Os parâmetros deste modelo são expressos na Figura 3.

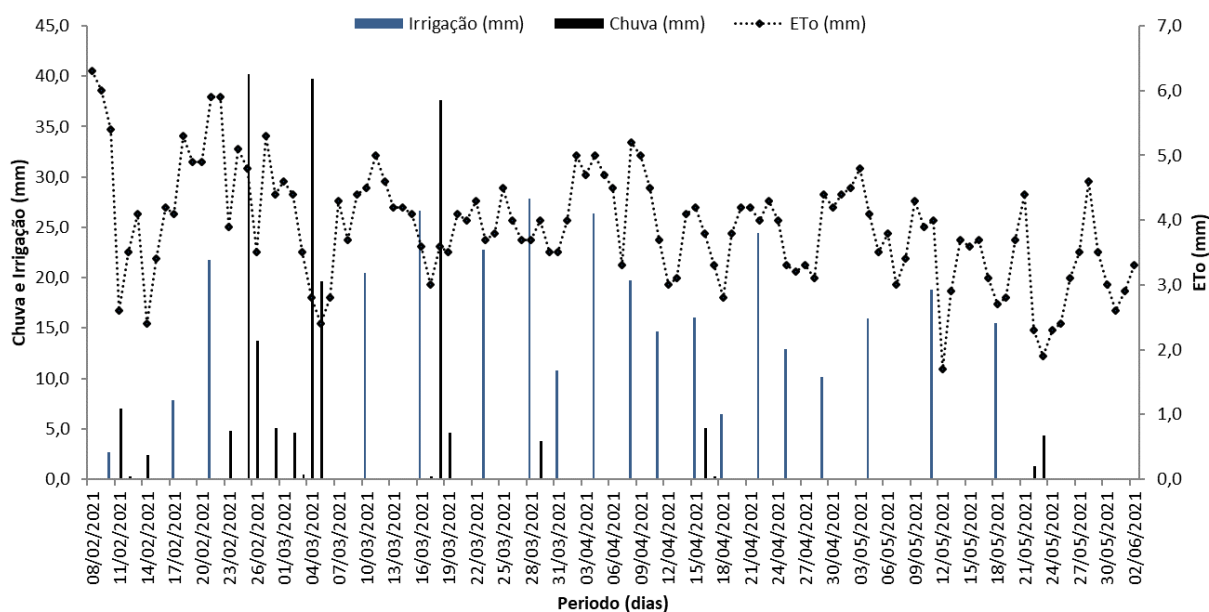
Figura 3. Tensão da água no solo (ETo).



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: Leitura a cada dois (2) dias dos tensiômetros.

Visando obter o manejo correto da irrigação, dados como irrigação (mm) chuva (mm) ETo (mm) foram coletados durante o período de desenvolvimento da cultura do milho.

Figura 4. Período e manejo da irrigação.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor. Dados: Anotações feitas durante o período de irrigação.

Foram realizadas as seguintes avaliações na cultura do milho:

1) Matéria seca de plantas: por ocasião do pendoamento (florescimento masculino) das plantas de milho foi coletada 5 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela. O florescimento feminino (estádio fenológico R1) e a colheita das plantas das parcelas de milho ocorreram em 04/04/2021 e 02/06/2021, respectivamente. As plantas foram levadas ao laboratório, acondicionadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa em equilíbrio.

2) Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar: a leitura do índice SPAD foi realizada no estágio R1 do híbrido de milho. Para a leitura do índice SPAD de clorofila foi utilizado um clorofilômetro digital (SPAD), que faz leituras instantâneas. As leituras efetuadas por este equipamento indicam valores proporcionais de clorofila na folha e são calculadas com base na quantidade de luz transmitida pela folha. As leituras do índice SPAD foram efetuadas no terço central da folha da base da espiga ou no terço central da primeira folha abaixo e oposta da espiga, conforme recomendação de Raij e Cantarella (1996), em cinco (5) plantas de milho por parcela no estágio R1.

3) População final de plantas: foi determinada pela contagem do número de plantas em duas linhas de 4 m na área útil de cada parcela, no final do desenvolvimento da cultura.

4) Altura média de plantas: medida em metros, do nível do solo até a inserção do limbo da folha bandeira, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

5) Altura de inserção de espigas: medida em metros, do nível do solo até a inserção da espiga superior, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

6) Diâmetro médio do colmo: medida em milímetros com paquímetro a uma altura de 0,20 m do nível do solo, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

7) Radiação fotossinteticamente ativa (RFA): realizado nas mesmas ocasiões de coleta de matéria seca de plantas por ocasião do pendoamento (florescimento masculino) das plantas de milho utilizando o Medidor de RFA marca APOGEE, MODELO APG-MQ 301, seguindo as recomendações do fabricante. Foram tomadas medidas em todas as parcelas em três pontos dos dosséis: acima, abaixo e no meio, perpendicular às linhas das plantas.

8) Número de fileiras de grãos por espiga: determinado pela simples contagem de fileiras do terço médio das mesmas espigas utilizadas para avaliar o comprimento.

9) Comprimento de espiga: medida em centímetros com régua graduada em dez espigas do total de espigas colhidas de cada parcela.

10) Diâmetro da espiga: medida em milímetros com paquímetro digital no terço médio de dez espigas utilizadas para avaliar o comprimento.

11) Número de grãos por fileira: na ocasião da colheita foram retiradas 10 espigas por parcela em local pré-estabelecido para a determinação.

12) Massa de cem grãos (g): na ocasião da colheita após a trilha mecânica das parcelas colhidas foi quantificado o valor da massa de cem grãos de duas amostras por parcela e posterior correção da umidade para 13% de base úmida.

13) Produtividade de grãos (kg ha^{-1}): foram avaliadas as espigas das plantas de duas linhas de 4 m de comprimento, da área útil de cada parcela, foram colhidas e submetidas à trilha mecânica, os grãos obtidos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} , corrigindo para 13% base úmida.

Análise estatística dos resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e constatada a interação significativa entre as fontes de variação, procedera-se o desdobramento, comparando as médias da inoculação pelo teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância, de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). O efeito das doses crescentes de fósforo foi analisado por regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F. Para essa análise estatística foi utilizado o *software* SISVAR desenvolvido por Ferreira (2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos das avaliações do desempenho agrônômico e produtivo do milho segunda safra, em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura aliado a aplicação via foliar de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*, estão presentes nas tabelas a seguir.

A Tabela 2 expõe população final (PF) de plantas, teor de nitrogênio (N) foliar, teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, massa seca das plantas realizado no estágio de pendoamento (MSP), altura média de plantas (AP), altura inserção de espigas (AIE) e diâmetro do colmo (DC) do milho consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense*. Os resultados analisados da Tabela 2, demonstram que nas condições edafoclimáticas em que o experimento foi conduzido houve significância pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com Repke *et al.*, 2013, a inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal tem sido uma alternativa interessante com baixo impacto ambiental, fornecendo eficiência dos fertilizantes químicos, que influenciou em alta produtividade e baixo custo.

Ao analisar a população final de plantas (PFP), teor de nitrogênio foliar, teor relativo de clorofila foliar (índice SPAD), massa seca das plantas (MSP), altura média de plantas (AP), altura inserção de espigas (AIP) e diâmetro do colmo (DC) do milho consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense*, observou-se que tanto o fator inoculação, quanto o fator o consórcio e a interação I x C alteram significativamente os teores de N foliar. Bactérias do gênero *Azospirillum* podem ser inoculadas em plantas de interesse agrônômico, estimulando seu crescimento por múltiplos mecanismos, incluindo síntese de fito-hormônio, melhoria da nutrição nitrogenada, mitigação de estresse e controle biológico da microbiota patogênica (Bashan; Bashan, *et al.*, 2010)

Já em relação ao efeito da interação inoculação x consórcio com a bactéria *Azospirillum brasilense*, A relação AP/AIE, houve significância apenas na altura de inserção de espiga que, por sua vez, é feita tendo em vista que

plantas de maior porte e com maior altura de inserção de espiga tendem a ser mais produtivas (KAPPES *et al.*, 2014).

O estágio R1, notou-se que a inoculação sozinha não alterou os valores de SPAD das folhas do milho, entretanto, o consórcio por si só altera e, quando se analisa a interação do consórcio com a inoculação, nota-se diferença entre os valores de SPAD.

Cunha *et al.*, (2014) não obtiveram resposta em parâmetros como diâmetro de colmo, em altura de planta, índice de SPAD, teor de N, massa seca de planta e população final de planta. Os autores Reis Júnior *et al.*, (2008), relataram em seu estudo que a variabilidade dos resultados em trabalhos de inoculação com *A. brasilense* é frequente devido à inconsistência da colonização radicular, problemas de sobrevivência do inóculo ou por condições ambientais desfavoráveis à bactéria.

Quanto ao consórcio, o milho solteiro se destacou pela quantidade de massa seca e diâmetro do colmo, no qual apresentou resultado significativamente maior, e conseqüentemente em maior índice, assim sendo quanto maior gramas (g) por planta de massa seca, pode ser observado que o milho se desenvolve melhor em parte aérea.

A utilização do milho com a *C. spectabilis* e a *U. ruziziensi* não se difere em valor discrepante da produção de massa seca do milho, porém o milho se desenvolveu mais, e pensando em cobertura do solo, para tonelada de palhada por ha, poderia se recomendar tais plantas de cobertura.

Em relação a inoculação com o consórcio, ambos apresentaram resultados significativos, ou seja, a inoculação juntamente com o consórcio acarreta benefícios na produtividade, principalmente no que se diz respeito a população final de plantas, altura de inserção de espiga e teor de N e, conseqüentemente, maior teor de clorofila pelo aumento na taxa fotossintética. Uma planta de maior estatura é decorrente de uma nutrição adequada, principalmente de N, que incide diretamente em uma maior produtividade (VALDERRAMA *et al.*, 2011).

Tabela 2. Valores médios de população final (PF) de plantas, teor de nitrogênio (N) foliar, teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, massa seca das plantas (MSP), altura média de plantas (AP), altura inserção de espigas (AIE) e diâmetro do colmo (DC) do milho consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense*, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

	PF	Teor N	Índice SPAD	MSP	AP	AIE	DC
	Plantas ha ⁻¹ x 1000	(g kg ⁻¹)		g planta ⁻¹	m	m	mm
Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i>							
Ausência	56,4	20	49,3	120,5	2,01	1,03	18,42
Presença	54,6	20	49,2	126,8	2,04	1,05	18,03
Consórcio							
Milho (M)	55,3	21	59,0	148,8 a	2,01	1,03	18,98 a
Milho + C	57,3	19	59,1	125,1ab	2,04	1,05	18,00bc
Milho + U	59,3	21	60,2	118,5 b	2,02	1,04	17,32 c
M + C + U	50,1	19	59,0	108,3 b	2,02	1,02	18,60ab
Valores de F							
Inoc. (I)	2,083 ^{ns}	4,624*	0,041 ^{ns}	1,876 ^{ns}	2,533 ^{ns}	3,068 ^{ns}	2,350 ^{ns}
Cons. (C)	9,935*	9,839*	148,039*	9,904*	0,361 ^{ns}	1,212 ^{ns}	7,843*
I x C	3,507*	17,305*	12,696*	0,278 ^{ns}	1,220 ^{ns}	2,893*	1,013 ^{ns}
DMS (5%)							
Inoculação	--	--	--	--	--	--	--
Consórcio	--	--	--	18,1533	--	--	0,9539
CV (%)	6,36	4,85	5,32	10,53	6,67	7,19	9,00

* significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro de inoculação e consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

Os resultados nos tratamentos, demonstram que o Índice SPAD no estágio fenológico R1 e Teor de N, em que o experimento foi conduzido não houve significância pelo teste de Tukey a 5%, apenas no Milho solteiro, independente da presença da bactéria ou não.

A Tabela 3 apresenta os dados relacionados aos resultados dos tratamentos, onde observa-se que, valores do índice SPAD e teor de N das médias dos tratamentos sem inoculação foram estatisticamente menores no milho solteiro, e em relação aos menores valores do índice SPAD observou-se que o

consórcio M + C + U, demonstrando que em estádios avançados a competição do consórcio reduz o teor de clorofila do milho.

Ao analisar a população final de plantas, foi possível observar que apenas no milho solteiro e no consórcio do milho e crotalária foram encontradas diferenças significativas em relação ao uso da bactéria. Os resultados nos tratamentos, demonstram que nas condições Índice SPAD no estágio fenológico R1 e Teor de N, em que o experimento foi conduzido houve variabilidade de significância apenas no Milho, independente da presença da bactéria ou não. Já em relação à altura de inserção de espiga o Milho solteiro e Milho com crotalária apresentaram alteração quando utilizado a bactéria.

É observado, considerando consórcio dentro de inoculação, que os valores do índice SPAD das médias dos tratamentos sem inoculação foram estatisticamente menores que do a do milho solteiro. Os menores valores do índice SPAD foram observados no tratamento dos três consórcios M+C+U, apontando que em estádios avançados a competição do consórcio reduz o teor de clorofila do milho. Comportamento similar é observado nos tratamentos inoculados, entretanto, o menor valor de média observado foi no tratamento M+U, os tratamentos M+C+U, M+C não apresentaram diferença estatisticamente entre eles, entretanto os maiores valores de SPAD foram observados no tratamento milho solteiro.

Quando se considera inoculação dentro de consórcio, pode-se observar que a inoculação favorece maiores médias do índice SPAD no estágio R1 no tratamento M+C e M+C+U. Já no grupo sem inoculação no estágio R1, observa-se menor valor de média no tratamento M+U em comparação com o inoculado. Magalhães; Durães, (2006), abordam em seu estudo, que estágio R1 é crucial para a produtividade, pois nesse estágio ocorrem o embonecamento e a polinização. Índices de clorofila mais elevados nessa fase podem indicar que a planta se encontra em bom nível nutricional, visto que a planta continua a absorver de modo eficaz nitrogênio e fósforo do solo.

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a população final (PF) de plantas, teor de clorofila (Índice SPAD), teor de nitrogênio (N) foliar e altura inserção de espigas do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

População final de plantas (Plantas ha⁻¹ x 1000)				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	53,8 B	56,8 AB	62,9 a A	52,2 a B
Com	56,8 A	57,8 A	55,7 b A	48,1 b B
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 5,1870			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 6,9545			
Índice SPAD no estágio fenológico R1				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	56,99 A	46,53 b BC	48,47 a B	45,12 b C
Com	56,53 A	48,43 a B	44,37 b C	47,54 a B
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 1,6375			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 2,1539			
Teor de N foliar (g kg⁻¹)				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	20,9 A	16,9 b B	21,9 a A	18,2 B
Com	20,7 A	21,3 a A	19,5 b AB	19,3 B
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 1,4144			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 1,8964			
Altura de inserção de espigas (m)				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	1,01 b	1,02 b	1,05	1,02
Com	1,05 a	1,08 a	1,03	1,02
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 0,0465			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 0,06122			

C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de significância.

Na tabela 4 observamos a análise das especificações da espiga, relacionadas ao número de fileiras de grãos, número de grãos por fileiras, diâmetro e comprimento, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Os resultados analisados, demonstram que nas condições de diâmetro de espiga em que o experimento foi conduzido houve variabilidade significativa pelo teste de Tukey a 5%, entretanto não apresentou relação quando comparada a inoculação e consórcio. Ao que tange os Valores de F, as análises de NFGE, NGF e PG apresentaram variabilidade significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A presença do *A. brasiliense*, se destacou, favorecendo com que a espiga tenha um diâmetro maior, conseqüentemente favorece a produção de grãos, comparado com a ausência do inoculante. Foi observada diferença significativa nos consórcios M + U e M + C de grãos por fileira nos tratamentos não inoculados, com exceção do consórcio M + C + U que obtivemos aumento de aproximadamente 10% comparado com e sem o inoculante.

Ao analisar o diâmetro da espiga do milho, encontra-se que na presença do *A. brasiliense*, segundo a estatística se destacou, favorecendo com que a espiga tenha um diâmetro maior, conseqüentemente favorece a produção de grãos, comparado com a ausência do inoculante. Agora em relação aos consórcios o M+C mostrou melhor desempenho no diâmetro de espiga, porém M+U e M+C+U apresentou maior produtividade de grãos. Em relação a inoculação e o consórcio, houve interação significativa e influência do *Azospirillum* aumentando o diâmetro de espiga. De acordo, Dartora *et al.*, (2013) o manejo da cultura, o emprego da prática de cultura como por exemplo, controle de pragas, adubação, contribuem para o desenvolvimento e estabelecimento da cultura, e dentre as práticas que afetam a taxa de germinação e o vigor das plântulas, a inoculação com *A. brasiliense* vêm se demonstrando como uma alternativa viável que auxilia na produção da safra.

Evidência que a presença de *A. brasiliense* juntamente com o consórcio remete em baixos valores de NGFE, cujo, comparado com o consórcio na ausência e na presença do *Azospirillum* sendo o maior quantitativo obtido sob o tratamento de inoculação do milho solteiro, respectivamente. Houve diferença significativa dos resultados de NFGE e NGF em comparação a dosagem controle

Tabela 4. Valores médios de número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro de espiga (DE), comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

	NFGE	NGF	DE	CE	M100G	PG
			(mm)	(cm)	(g)	(kg ha ⁻¹)
Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i>						
Ausência	15,4	29,9	42,05 b	14,41	16,5	3.934
Presença	15,0	29,9	43,02 a	14,55	16,3	4.014
Consórcio						
Milho (M)	15,5	29,8	42,78 ab	14,52	16,1	3.635
M + C	15,0	30,3	42,91 a	14,38	15,9	4.009
M + U	15,0	29,6	41,75 b	14,68	17,6	3.443
M + C + U	15,2	29,8	42,72 ab	14,33	15,9	4.897
Valores de F						
Inoculação (I)	6,503*	0,000 ^{ns}	10,162*	1,942 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,116 ^{ns}
Consórcio (C)	3,180*	1,322 ^{ns}	3,072*	2,491 ^{ns}	1,392 ^{ns}	6,636*
I x C	4,238*	16,160*	1,273 ^{ns}	8,944 ^{ns}	0,878 ^{ns}	3,247*
DMS (5%)						
Inoculação	--	--	0,5971	--	--	--
Consórcio	--	--	1,1088	--	--	--
CV (%)	8,81	7,21	6,38	6,23	12,38	16,67

* significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro de inoculação e consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

Considerando o consórcio sem a inoculação, pode-se constatar que os números de fileiras de grãos por espiga do milho não apresentam diferenças significativa entre os tratamentos na presença ou ausência da inoculação.

Do mesmo modo, foi observada diferença significativa nos consórcios M + U e M + C de grãos por fileira nos tratamentos não inoculados, com exceção do consórcio M + C + U que obtivemos 10% a mais comparado com o sem o inoculante. Quando analisado o consórcio dentro de inoculação observa-se que a inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar favorece o aumento da produção nos tratamentos M + C, M + U e M + C + U, contudo a inoculação

desfavorece no tratamento do Milho solteiro. Os pesquisadores SWEDRZYNSKA E SAWICKA (2000) e HUNGRIA et al (2010) também encontraram aumentos no rendimento de grãos de milho, quando as plantas foram inoculadas.

Tabela 5. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e produtividade de grãos do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

Número de fileiras de grãos por espiga (NFGE)				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	16,2 a A	15,0 B	15,1 B	15,2 B
Com	14,9 b	15,0	14,8	15,2
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 0,5884			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 0,7726			
Número de grãos por fileira (NGF)				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	29,9 B	31,2 a A	30,0 AB	28,4 b C
Com	29,7 B	29,4 b B	29,3 B	31,1 a A
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 0,9471			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 1,2437			
Produtividade de grãos (PG) (kg ha ⁻¹)				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	4.054 AB	4.008 AB	2.840 b B	4.833 A
Com	3.217 B	4.009 AB	4.047 a AB	4.782 A
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 973,9639			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 1.305,8601			

C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Ao analisar a radiação, radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no dossel do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *A. brasilense* via foliar (Tabela 6), é observado que, a maior parte da interação da luz solar ocorre na parte superior do dossel, acima da

altura da espiga, houve efeito significativo da inoculação quando se mediu a radiação absorvida pela parte superior do dossel.

No milho solteiro e em consorcio detectou diferenças significativa entre os tratamentos. De acordo com Muchow *et al.*, (1990), a radiação solar e a temperatura são variáveis climáticas importantes que tem efeito direto na produção da cultura. E assim observa-se que a maior parte da interação da luz solar ocorre na parte superior do dossel, acima da altura da espiga, houve efeito significativo da inoculação quando se mediu a radiação absorvida pela parte superior do dossel.

Em valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no estágio R1 pode-se observar que, o fator consórcio promove por si só a diminuição nos valores de radiação fotossinteticamente ativa que chega no dossel do milho, contudo, a inoculação também sendo significativo apenas no terço inferior quando se considera a interação I x C. de acordo com Muchow; Carberry, (1989), a quantidade de radiação incidente e a proporção desta radiação interceptada pela cultura são importantes na determinação do rendimento do milho. A quantidade e distribuição de área foliar e ângulo foliar no dossel de milho determina como a radiação fotossinteticamente ativa é interceptada e conseqüentemente influencia a fotossíntese e rendimento do dossel (STEWART *et al*, 2003)

Tabela 6. Valores médios radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no dossel do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

	RFA no dossel do milho em R1		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
	----- $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -----		
Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i>			
Ausência	962,69 a	293,25	61,75
Presença	819,77 b	347,29	101,58
Consórcio			
Milho (M)	848,45	312,98	164,01
M + C	828,18	300,69	33,75
M + U	959,81	347,69	86,57
M + C + U	948,50	319,74	42,31
Valores de F			

Inoculação (I)	7,463*	3,048 ^{ns}	9,959*
Consórcio (C)	1,456 ^{ns}	0,414 ^{ns}	21,486*
I x C	2,321 ^{ns}	1,163 ^{ns}	9,281*
DMS (5%)			
Inoculação	116,4084	--	--
Consórcio	--	--	--
CV (%)	17,67	27,34	44,52

*significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro de inoculação e consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

Já a análise de desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) do terço inferior no estádio R1 do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar (Tabela 7). Observa-se que no terço inferior em R1, o Milho solteiro com inoculação apresentou maior média de RFA, demonstrando maior incidência de luz.

Também pode-se observar que, de modo isolado o consórcio sem a presença da inoculação, alteram significativamente os valores de radiação fotossinteticamente ativa no milho, contudo, a interação entre a inoculação e o consórcio não aumenta de modo significativo os valores de (RFA).

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) do terço inferior no estádio R1 do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense* via foliar, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

RFA do terço inferior ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em R1				
Consórcio				
Inoculação	Milho (M)	M + C	M + U	M + C + U
Sem	89,00 b A	15,48 B	101,53 A	41,00 AB
Com	239,02 a A	52,03 B	71,63 B	43,62 B
DMS (5%)	Inoculação dentro de Consórcio – 53,4621			
DMS (5%)	Consórcio dentro de inoculação – 71,6804			

C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

7 CONCLUSÃO

A inoculação da bactéria *Azospirillum brasiliense* via foliar juntamente com o consórcio, há efeitos positivos sobre as características agronômicas do milho safrinha.

A modalidade consórcio exerceu influência sobre a produtividade de grãos na ausência da *A. brasiliense*, exceto o consórcio M+C+U na presença da bactéria que obteve a maior produtividade de grãos.

Dessa forma observa-se uma ótima opção visando o implemento de um maior volume de palhada pós-colheita sem prejudicar o desempenho produtivo do milho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelhoescuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVES; V.B.; PADILHA, N.S.; GARCIA, R.A.; CECCON. G., Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira Milho Sorgo** n.12, p. 280–292, 2013.

AMADO, T.J.C.; PONTELLI, C.B.; SANTI, A.L.; VIANA, J.H.M.; SULZBACH, L, A. D. S., Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, n. 42, p. 1101–1110, 2007

ARNUTI, F.; CECAGNO, D.; MARTINS, A.P.; BALERINI, F.; MEURER, E.J.; SILVA, P. R. F. Intensidade de irrigação e manejo da adubação nitrogenada de cobertura no milho em sistema de plantio direto consolidado. **Colloquium Agrariae**, v. 13 n. 3, p. 29-40, 2017.

BASHAN, Y; BASHAN, L.E; How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in agronomy**, v. 10, n. 8, p. 77-136, 2010.

BASHAN, Y, H. G. *Azospirillum*: plant relationships: environmental and physiological advances. **Can J Microbiol**, v. 4, n. 3, p. 103–121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. **Can. J. Microbiol**, v. 50, p. 521–577, 2004.

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R.; Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiol**, v. 90, p. 45–47, 1989.

CABEZAS, W. A. R. L.; SOUZA, M. A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n. 6, p. 2331-2342, 2008.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. NUNES, D. P.; *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1, p. 413-425, 2010.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 17, n. 97, p. 17-20, 2007

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. de; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E.; SILVA, J. O.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020**. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

Acesso em: 08 de nov. de 2021.

CONCENÇO, G.; CECCON, G.; CORREIA, I.V.T.; LEITE, L.F.; ALVES, V.B.; Ocorrência de espécies daninhas em função de sucessões de cultivo. *Planta Daninha*, v. 31, p. 359–368, 2013.

CONCENÇO, G.; CECCON, G.; MARQUES, R.F.; MARSCHALL, I.R.; SANTOS ALVES ME, PALHARINI WG et al., Cultivos de outono-inverno na supressão de plantas daninhas em soja. **Rev. Bras. Cienc. Agrar.**, v. 10, p. 205–210, 2015.

CORREA, O. S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M. A.; ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: Cassán, F.D.; Garcia de Salamone, I. (e.d.) **Azospirillum sp.**: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. *Asociación de Microbiología*, 2008, p. 85–94.

CUNHA, F.; SILVA, N.; BASTOS, F.; CARVALHO, J.; MOURA, L.; TEIXEIRA, M.; ROCHA, A.; SOUCHIE, E. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, p. 261-272, 2014.

CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; CHIAMOLERA, F.M.; CARMEIS, FILHO, A. C. D. A.; SOARES, P.L.M.; LEMO, L.B. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sob plantio direto. **Nematropica**, v.45, p. 34–42, 2015.

DAVISON, J. Bactérias benéficas para plantas: **Biotecnologia** v. 6, p. 282–286, 1988.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 70, p. 715–721.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ C, CABALLERO-MELLADO J, AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK Y, BRENER, S.; BURDMAN, S.;

KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Austr. J. Plant Physiol.**, v. 28, p. 871–879, 2001.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y.; Plant growthpromoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Crit. Rev. Plant. Sci.**, v. 22, p. 107–149, 2003.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen fixing sites. *In*: Newton, W.E.; Nyman, C.T. (e.d.) INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, 2., 1976. **Proceedings** [...] Pullman: Washington State University Press, 1976.

DÖBEREINER, J. PEDROSA, F.O. **Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants**. Madison Science Tech, Springer Verlag, p. 1–155, 1987.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

GALINDO, F.S.; LUDKEWICZ, M.G.Z.; BELLOTE, J.L.M.; SANTINI, J.M.K.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZZETTI, S. Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia e ciência agropecuária**, v.9, n. 2, p. 43-48, 2015.

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. *In*: Cassán FD, GarciasdeSalamone, I. (ed) **Azospirillum sp.**: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 17–36

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

INOMOTO, M.M.; MACHADO, A.C.Z.; ANTEDOMÊNICO, S.R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatol. Bras.**, v. 32, p. 341–344, 2007.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends Biotechnol.** v. 7, p. 39–43, 1989.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa. Dezembro, 2006. Circular técnica.

MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé - tecnologia Embrapa**: integração lavoura pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000, p. 28

OKON, Y.; LABANDERA.; GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biol. Biochem.**, v. 26, p. 1591–1601, 1994.

MUCHOW, R. C.; CARBERRY, P. S. Environmental control of phenology and leaf growth in a tropically-adapted maize. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 20, n. 221, p. 221-236, 1989.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R.; BENNETT, J. M. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 338-343, 1990.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MADALENA, J. A. S. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 64-71, 2009.

PERRIG, D.; BOIERO, L.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and their implications for inoculant formulation. **Appl Microbiol Biotechnol.** v. 75, p. 1143–1150, 2007.

REIS, JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FEGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com dose de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften** v. 91, p. 552–555, 2004.

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M. L. I. C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by Azospirillum in media with different carbon sources. **Microbiol Res.**, v. 149, p. 55–60, 1994.

STEWART, D.W.; COSTA, C.; DWYER, L.M.; SMITH, D.L.; HAMILTON, R.I.; MA, B.L. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 1465-1474, 2003.

TARRAND, J.J.; KRIEG, N.R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the Spirillum lipoferum group, with descriptions of a new genus, Azospirillum gen. nov. and two species, Azospirillum lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and Azospirillum brasilense sp. **Nov. Can. J. Microbiol.**, v. 24, p. 967–980, 1978.

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by Azospirillum brasilense and their effect on the growth of pearl millet (Pennisetum americanum L.). **Appl Environ Microbiol.**, v.37, p. 1016–1024, 1979.

VARGAS, T. O.; DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; LIMA, C. T. A.; URQUIAGA, S.; CECON, P. R. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 562-568, 2011.

WELLER, D.M.; TOMASHOW, L.S. Current challenges in introducing beneficial microorganisms into the rhizosphere. *In*: O’Gara, F.; Dowling, D.N.; Boesten, B. (ed) **Molecular ecology of rhizosphere microorganisms. Biotechnology and release of GMOs**. Weinheim VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1994 p. 1–18.