

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

Heitor Alves Maschio

Graduando em Engenharia Agrônômica

**Fornecimento de fósforo mineral associado à
inoculação de microrganismos solubilizadores de
fosfato na cultura do sorgo**

Dracena

2021

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

Heitor Alves Maschio

Graduando em Engenharia Agrônômica

**Fornecimento de fósforo mineral associado à
inoculação de microrganismos solubilizadores de
fosfato na cultura do sorgo**

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: Fornecimento de fósforo mineral associado à inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura do sorgo

Modalidade: Trabalho de pesquisa

Autor: Heitor Alves Maschio

Orientador: Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 02/12/2021

Prof. Dr. Vagner do
Nascimento

Prof. Dr. Samuel Ferrari

Prof. Dr. Vitor Correa de
Mattos Barretto

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Heitor Alves Maschio, nascido em 29 de julho de 1998, na cidade de Lins/SP. Filho de Ana Rodrigues Alves Maschio e Wilson Antonio Maschio. Concluiu o ensino médio na Escola Girassol, localizada na cidade de Avanhandava/SP no ano de 2015. Ingressou na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, campus de Dracena no curso de Engenharia Agrônômica no ano de 2017.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Wilson Antonio Maschio,
minha mãe Ana Rodrigues Alves Maschio
e minha filha Maria Luiza da Silva Maschio,
fundamentais para a minha formação profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder a benção e a oportunidade de me sentir um homem realizado, por sempre aumentar a minha fé e por ter me conduzido pelo mais perfeito caminho, sempre guiando os meus passos.

Agradeço também aos meus pais Ana e Wilson que são meu grande orgulho e a minha maior inspiração, agradeço por acreditarem em mim e por terem batalhado tanto para que eu chegasse aonde eu cheguei. A caminhada foi longa, mas valeu a pena. Só o fato de vê-los depositando toda confiança, já era o suficiente para eu saber que devia continuar em busca dos meus sonhos. Obrigado por todos os conselhos, pela proteção, pelo amor, pela confiança, pela presença e por serem o meu alicerce.

Agradeço a Sabrina, por ter sido presente, por ter segurado a minha mão, me dando total apoio. Agradeço ao meu maior presente Maria Luiza, minha filha, a quem sou imensamente grato, pois desde sua chegada, me motivou a ser melhor. Por várias vezes, o medo de estar ausente, mas Deus sempre esteve no controle de tudo e me permitiu a dádiva de estar totalmente presente em todo seu desenvolvimento. Com toda certeza, você é a maior razão de todos os meus sonhos e agora, mais do que nunca, sigo caminhando em busca do meu propósito e aonde for que eu estiver sempre estarei com você e por você.

Agradeço a minha irmã Sara Maria, uma estrela, um anjo junto de Deus, mais sempre presente no meu coração, acredito que sempre me fornecendo energias positivas em cada passo dessa caminhada.

Agradeço aos meus familiares e amigos que torceram pelas minhas conquistas e também àqueles que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento, me abrindo portas e me auxiliando.

Não menos importante, agradeço aos meus professores, que muitas vezes esquecemos de dizer o quão importantes e essenciais são para a nossa formação. Todos eles que estiveram presentes em minha jornada, cada um deixando a sua porcentagem de conhecimento, com suas maneiras distintas de ensinar, mas todos com uma sabedoria fenomenal. É simplesmente admirável a sabedoria, a cultura e a educação para com nós alunos, e é por isso que sempre

lembrarei de todos com imenso respeito, admiração e gratidão. Se tenho hoje tanta clareza, é graças a cada um de meus professores que enriqueceram a minha aprendizagem, me tornando assim, uma pessoa que, claro com muito o que aprender ainda no decorrer do tempo, mas que já com muita experiência, prática e capacidade de saber.

Especialmente, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Vagner do Nascimento, por ter aceitado me auxiliar neste momento tão importante da minha vida, que aceitou o desafio e se mostrou tão dedicado e sábio durante esse período.

RESUMO

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo e possui grande capacidade de resistir e produzir em períodos de déficit hídrico. Apesar de ser muito importante na cultura, o fósforo apresenta grande complexidade em sua dinâmica no solo que atrapalham seu uso pela planta. Dentre as alternativas que possibilitam a melhoria na eficiência das fontes de fósforo, destaca-se a ação dos microorganismos solubilizadores, que junto à adubação fosfatada, podem ser extremamente benéficas na produção do sorgo. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de fósforo mineral via sulco de semeadura associado à inoculação de microorganismos solubilizadores de fosfato via semente nas características agrônômicas, produtivas e produtividade do sorgo forrageiro segunda safra. O projeto foi desenvolvido no outono-inverno de 2021 no município de Dracena, SP, em Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2, constituído de cinco (zero, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) doses de fósforo mineral associado à presença e ausência da inoculação via semente de microorganismos solubilizadores de fosfato, com 4 repetições. A fonte de fósforo foi o Fosfato Monoamônio (MAP) e o inoculante usado foi o Biomaphos composto por cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) na dose de 200 mL para cada 7,0 kg de sementes. Foram avaliadas: matéria seca de plantas, teor relativo de clorofila (Índice SPDA) foliar, altura média de plantas, diâmetro basal de colmos, comprimento de panícula, diâmetro da panícula, massa de mil grãos e produtividade de matéria seca da parte aérea. Todas as variáveis apresentaram efeito de interação significativo entre inoculação e doses. Todas as variáveis, exceto a massa de mil grãos, apresentaram ajuste quadrático significativo na análise de regressão. Conclui-se que o uso de bactérias solubilizadoras de P é uma importante opção no manejo da adubação fosfatada na cultura, resultando em melhor desenvolvimento do sorgo forrageiro segunda safra. A associação entre inoculação e doses de fósforo influenciaram todas as características agrônômicas e produtivas estudadas, porém na dose de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obteve-se melhor resultado no teor de clorofila, diâmetro basal de colmos, diâmetro de panícula, massa de matéria seca de plantas e massa de matéria seca de panícula. Apesar de ser uma tecnologia inovadora, o uso de bactérias solubilizadoras de P, associadas à adubação fosfatada necessita de mais estudos para aperfeiçoamento da técnica e melhor eficiência na cultura do sorgo.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Bacillus megaterium*. *Bacillus subtilis*. Adubação fosfatada. Inoculação. Doses de fósforo.

ABSTRACT

Sorghum is the fifth most produced cereal in the world and has great capacity to resist and produce in water deficit periods. Despite being very important in this culture, phosphorus has great complexity in its dynamics in the soil that hinder its use by the plant. Among the alternatives that enable the improvement in the efficiency of phosphorus sources, the action of solubilizing microorganisms stands out, which together with phosphorus fertilization, can be extremely beneficial in the sorghum production. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects of the application of increasing doses of mineral phosphorus via the seed furrow associated with the inoculation of phosphate solubilizing microorganisms via seed on the agronomic, yield and productivity characteristics of forage sorghum second crop. The experiment was developed in the autumn-winter of 2021 in Dracena, SP, in a dystrophic Red Argisol with a typical sandy texture. The experimental design used was a randomized block design in a 5x2 factorial scheme, consisting of five (zero, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅) doses of mineral phosphorus associated with the presence and absence of inoculation via seed of phosphate solubilizing microorganisms, with 4 replications. The phosphorus source was Monoammonium Phosphate (MAP) and the inoculant used was Biomaphos, composed of strains B119 (*Bacillus megaterium*) and B2084 (*Bacillus subtilis*) at a dose of 200 ml for every 7,0 kg of seed. The following were evaluated: plant dry matter, relative leaf chlorophyll content (SPDA Index), average plant height, basal stem diameter, panicle length, panicle diameter, thousand grain mass and dry matter yield. All variables showed a significant interaction effect between inoculation and doses. All variables, except thousand grains mass, showed a significant quadratic fit in the regression analysis. It is concluded that the use of P-solubilizing bacteria are important options in the management of phosphorus fertilization in the crop, resulting in better development of forage sorghum second crop. The association between inoculation and phosphorus doses influenced all the agronomic and productive characteristics studied, but at the dose of 30 kg ha⁻¹ of P₂O₅, best result was obtained in relative leaf chlorophyll content, basal stem diameter, panicle diameter, weight of plant dry matter and panicle dry matter. Despite being an innovative technology, the use of P-solubilizing bacteria associated with phosphate fertilization needs further studies to improve the technique and better efficiency in sorghum culture

Keywords: *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Bacillus megaterium*. *Bacillus subtilis*. Phosphate fertilization. Inoculation. Phosphorus doses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias de temperatura média (°C), temperatura máxima (°C) e precipitação (mm) de fevereiro a junho de 2021. Dracena/2021.....	24
Figura 2. Croqui da área experimental. Dracena/2021.....	26
Figura 3. Calagem e preparo de solo da área experimental. Dracena/2021.....	27
Figura 4. Produto comercial Biomaphos.....	28
Figura 5. Produtos utilizados para o controle fitossanitário da cultura. Dracena/SP.....	29
Figura 7. Medição de comprimento e diâmetro da panícula. Dracena/2021.....	31
Figura 8. Pesagem das panículas. Dracena/2021.....	32
Figura 9. Pesagem da massa seca de plantas. Dracena/2021.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Dracena/SP, 2020.....	25
Tabela 2. Tratamentos de acordo com a dose de fósforo e inoculação.....	26
Tabela 3. Características agronômicas do híbrido de sorgo BRS 658.....	29
Tabela 4. Valores médios de teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, diâmetro basal do colmo (DMC), altura média de plantas (AP), diâmetro da panícula (DP) e comprimento de panícula (CP) do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo.....	35
Tabela 5. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, diâmetro basal do colmo (DMC), altura média de plantas (AP), comprimento de panícula (CP) e diâmetro da panícula (DP) do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo.....	39
Tabela 6. Valores médios de massa seca de plantas (MSP), massa da matéria seca de panícula (MSPan), massa de mil grão (M1000G) e produtividade de matéria seca da parte aérea (PMSP) do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo.....	41
Tabela 7. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a massa seca de plantas (MSP), massa da matéria seca de panícula (MSPan), massa de mil grãos (M1000G) e produtividade de matéria seca (PMSP) da parte aérea do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo, Dracena.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.1 Objetivos Específicos.....	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Aspectos gerais e socioeconômicos da cultura do sorgo	18
3.2 Adubação fosfatada na cultura do sorgo	19
3.3 Doses de fósforo na semeadura do sorgo.....	21
3.4 Inoculação com microorganismos solubilizadores de fósforo.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Características da área experimental	24
4.2 Delineamento experimental e tratamentos	25
4.3 Instalação do experimento em campo.....	27
4.4 Avaliações	30
4.5 Análise estatística dos resultados	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6 CONCLUSÃO.....	45
7 REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O sorgo, originário do Noroeste da África, é uma cultura que se destaca no setor agropecuário brasileiro (COELHO, 2010) por possuir um importante papel na alimentação animal. A cultura pertence à família Poaceae, gênero *Sorghum*, e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É uma forrageira de mecanismo fotossintético C4 o que demonstra enorme vantagem fotossintética (ANDRADE NETO et al., 2010). Essas gramíneas, além de utilizadas de diferentes formas, tais como, pastejo, corte verde e silagem, são culturas notáveis nos atributos de produtividade, adaptação e digestibilidade (SILVA et al., 2021).

Segundo a CONAB (2021), para a safra brasileira 2020/21, a estimativa foi de 2,6 milhões de toneladas produzidas, 4,8% maior que a safra anterior, em uma área de 840,5 mil hectares, incremento de 0,6%, e uma produtividade estimada de 3.116 kg ha⁻¹, aumento de 4,2% em relação ao ano anterior.

Por ser uma cultura mais rústica, principalmente com relação à disponibilidade hídrica no solo, é um cultivo alternativo que está em crescimento em várias regiões, tendo em vista que o fator limitante é a redução das chuvas, com a chegada do inverno (CONAB, 2021).

A adubação é uma das práticas culturais que estão diretamente ligadas à produtividade final da cultura do sorgo, e são utilizadas como uma forma de manutenção da fertilidade do solo, visando máxima eficiência da cultura. Aplicações inadequadas de fertilizantes podem prejudicar o potencial produtivo da cultura, provocando perda de produção (GONTIJO NETO et al., 2002).

O desenvolvimento da cultura do sorgo para atingir altas produtividades depende da realização da adubação de forma adequada, de modo a proporcionar a disponibilidade de nutrientes em períodos de desenvolvimento da planta de maior demanda nutricional (ASCARI et al., 2015).

O fósforo é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais (CRUZ et al., 2009). Atua na divisão celular, está diretamente relacionado com o acúmulo de matéria seca, fotossíntese, formação de açúcares e amidos, também influenciando na absorção e no metabolismo de vários outros nutrientes, especialmente o nitrogênio (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Pode-se perceber que existem poucos trabalhos sobre fósforo no sorgo, por isso há necessidade de novos estudos para identificar as doses indicadas de P_2O_5 em função dos níveis de exigência do sorgo nos diferentes sistemas de cultivos (CARVALHO, 2020).

O fósforo é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento atribuído à sua “fixação” pelos minerais da argila (PEREIRA, 2009), tornando ineficiente a captação deste nutriente pela planta. A maior eficiência de utilização de P está ligada a transformações biológicas e químicas que ocorrem no solo e que podem aumentar a disponibilidade do elemento no solo (BATISTA et al., 2018).

Por isso, dentre as alternativas que possibilitam a melhoria na eficiência das fontes de fósforo, destaca-se a ação dos microrganismos solubilizadores (GOLDSTEIN, 1986; KIM et al., 1998; RODRIGUEZ e FRAGA, 1999). A associação simbiótica com microrganismos proporciona um aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes, com destaque para o fósforo, promovendo incremento na eficiência da adubação fosfatada (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

De acordo com Chabot et al. (1996), os microrganismos solubilizadores de fosfatos desempenham papel importante na liberação de formas inorgânicas de fósforo (Ca-P, Al-P e Fe-P), aumentando o teor de P na solução, o que propicia melhor crescimento e maior rendimento das plantas.

Já que a inoculação de bactérias com ação solubilizadora de fosfato é capaz de potencializar os efeitos da fertilização fosfatada (ZUCARELI et al., 2018), a associação com a adubação fosfatada pode favorecer o desenvolvimento da cultura. Desta forma, pode ser interessante conciliar doses corretas da adubação fosfatada com o uso de microrganismos solubilizadores, a fim de maximizar os efeitos positivos sobre as plantas (ARAÚJO et al., 2020) e consequentemente, no desempenho produtivo do sorgo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de fósforo mineral via sulco de semeadura associado à inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfato via semente nas características agronômicas, produtivas e produtividade do sorgo forrageiro segunda safra.

2.1 Objetivos Específicos

- Determinar qual a melhor dose de P_2O_5 para a cultura do sorgo;
- Avaliar a interação entre inoculação e doses de P;
- Analisar o impacto da associação da inoculação e doses de P nas características agronômicas do sorgo BRS 658.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais e socioeconômicos da cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), é um gênero botânico pertencente à família Poaceae, de origem africana, sendo um cereal de grande importância global, ocupando o quinto lugar no ranking dos cereais mais produzidos no mundo, ficando atrás apenas do trigo, arroz, milho e cevada (MAPA, 2021).

Por ser uma espécie de origem tropical e, portanto, exigente em clima quente para poder expressar seu potencial, a cultura se adapta bem ao clima brasileiro e por isso, no Brasil, sorgo é cultivado em regiões e situações de temperaturas médias superiores a 20° C (RIBAS, 2008).

O sorgo pode ser classificado agronomicamente em cinco grupos: granífero, sacarino, forrageiro, vassoura e biomassa. Embora se trate da mesma cultura, a orientação é distinta para os diferentes grupos, considerando que os objetivos dos sistemas direcionados à produção de grãos se diferem dos objetivos dos sistemas que visam a produção de forragem para alimentação animal ou para a produção de biomassa, cujo objetivo é a geração de energia.

As plantas de sorgo têm como características principais o caule ovalado com fendas alternadas de um lado e de outro de cada interno sucessivo, e sua altura pode variar de 0,50 a 5,0 m. As lâminas foliares são ásperas e cerosas na superfície, podendo o número de folhas variar de 16 a 27. A superfície do colmo, das bainhas e folhas é verde acinzentada. As gemas dos nós da parte inferior do caule dão origem aos perfilhos. Conta com o suporte de um sistema radicular muito resistente com raízes seminais e adventícias. A inflorescência é do tipo panícula, ereta, situada no ápice da planta, podendo ser compactada ou aberta (SANTOS et al., 2005), produzindo até duas mil sementes (MORGADO, 2002).

De acordo com Magalhães et al. (2009), o desenvolvimento da cultura corresponde a três estágios de crescimento, resumidos em: Estágio de crescimento 1, que ocorre desde a germinação até diferenciação da panícula; Estágio de crescimento 2, correspondente ao início da panícula até o florescimento e; Estágio de crescimento 3, que se inicia na floração e termina na maturação fisiológica dos grãos.

No primeiro estágio de desenvolvimento, é importantíssimo que a germinação se estabeleça com rapidez, devido a plântula ser bastante susceptível a estresses abióticos. Já no estágio 2, o fotoperíodo é de suma importância para sua transição, uma vez que, o sorgo é uma planta de dias curtos, e o rendimento de grãos é sustentado pelo bom crescimento de área foliar, além do eficiente sistema radicular e acúmulo de matéria seca. No estágio de crescimento 3, última fase, os fatores para um bom rendimento da cultura está relacionado ao enchimento dos grãos (MAGALHÃES et al., 2009).

Comparado com outros cereais, o sorgo necessita de menor quantidade de água para desenvolver suas funções fisiológicas (MAGALHÃES et al., 2010), sendo uma cultura de alta adaptabilidade em várias regiões do país (PEREIRA et al., 2011), variando do plantio de verão no Sul e na região Central, até plantios de inverno a verão, no Nordeste, em condições de semiárido e elevada temperatura, e precipitação inferior a 600 mm anuais (NEUMANN et al., 2005).

O sorgo é uma cultura 100% mecanizável e usa os mesmos equipamentos de plantio, cultivo e colheita utilizados para outras culturas de grãos como a soja, o arroz e o trigo. Mas a cultura pode ser conduzida manualmente também e sua adaptação a sistemas utilizados por pequenos produtores é muito boa (RIBAS, 2008).

A cultura vem sendo muito utilizada em cultivo de safrinha, após a colheita de outra cultura como soja, algodão ou milho, visto que é pouco exigente em pluviosidade, sendo capaz de produzir satisfatoriamente com pouco índice pluviométrico (CARVALHO JÚNIOR et al., 2011).

3.2 Adubação fosfatada na cultura do sorgo

Os nutrientes têm funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas. Dessa forma, quando um dos nutrientes essenciais não está presente em quantidades satisfatórias ou em condições que o tornem pouco disponível, a sua deficiência nas células promove alterações no seu metabolismo (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Dentre os macronutrientes primários (N, P e K), que são aqueles essenciais que as plantas tendem usar em maior quantidade, o fósforo, de forma geral, é o macronutriente acumulado em quantidades menores que o N e K,

todavia, com quantidades recomendadas até maiores do que a de N e de K, dada à especificidade de sua dinâmica, especialmente em solos tropicais (BATISTA et al., 2018).

O P desempenha papel fundamental no metabolismo da planta, sendo integrante de importantes compostos, tais como os intermediários de açúcares, fosfolipídeos e fosfoproteínas, que são responsáveis pela integridade das membranas celulares, e ácidos nucleicos, além de desempenhar papel importante nas transferências de energia na respiração e na fotossíntese (BATISTA et al., 2018).

O P é absorvido pelas plantas na forma de H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} e atinge as raízes, na sua maioria, por difusão, portanto é importante que a aplicação dos adubos fosfatados seja realizada próximo às raízes, uma vez que sua movimentação no solo é baixa, o que inviabiliza seus efeitos em aplicações superficiais (BATISTA et al., 2018).

A maior resposta das culturas à aplicação de P ocorre quando os teores dos nutrientes no solo estão abaixo do nível crítico para o desenvolvimento das plantas (ROS et al., 2019).

Antes de ser absorvido pelas plantas, uma quantidade do fósforo aplicado como ortofosfato se transforma rapidamente em formas menos disponíveis, e para atenuar esta situação, são aplicados fertilizantes fosfatados (KHAN et al., 2010).

Na cultura do sorgo, como este pode ser classificado agronomicamente em cinco grupos, sendo eles grânifero, sacarino, forrageiro, vassoura e biomassa, a adubação varia em função do seu grupo e outros fatores.

De acordo com Pitta et al. (1997), a quantidade de alguns nutrientes requeridos pelo sorgo forrageiro é significativamente superior às do sorgo grânifero, mostrando que, devido à intensa extração e remoção de elementos, o manejo da adubação para o sorgo destinado à silagem é diferente e requer quantidades maiores de nutrientes. Como citado por Ueno et al. (2013), a exportação de P na produção de silagem é de 74% a mais em relação à exportação de grãos.

O P é o terceiro nutriente na ordem de acumulação de nutrientes na biomassa do milho e sorgo para silagem (VON PINHO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; UENO et al., 2013; SANTOS et al., 2015). Assim, a adequação de

doses equivalentes à taxa de exportação é a forma de manter os teores dos nutrientes no solo dentro da faixa adequada.

Segundo Cruz et al. (2009), o P proporciona maior participação de grãos na matéria seca total das plantas de sorgo, melhorando assim o seu valor nutricional quando utilizado como forragem.

Os efeitos da adubação fosfatada dependem de uma série de condições, que estão relacionadas à própria cultura, como as características do sistema radicular, o espaçamento, a cinética de absorção, o hábito de crescimento; relacionadas ao adubo, como o tipo e a dose utilizada, e relacionadas às próprias características do solo, como textura, mineralogia, manejo e fertilidade (BATISTA et al., 2018).

3.3 Doses de fósforo na semeadura do sorgo

Segundo Alvim et al. (2003), o potencial produtivo é maximizado quando a fertilidade do solo atende as suas exigências, neste sentido o fósforo é essencial, para garantir o crescimento das plantas, sendo um dos mais importantes fatores limitantes, em termos nutricionais.

De acordo com o Boletim 100 (RAIJ et al., 1997), a recomendação de adubação mineral de plantio para a cultura do sorgo deve ser aplicada de acordo com a análise de solo, variando de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para níveis de P acima de 40 mg dm⁻³ até 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para níveis de P de 0 – 6 mg dm⁻³. Os adubos devem ser aplicados no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes.

Cavalcante et al. (2013) avaliaram os efeitos dos níveis de 0, 40, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados na linha de cultivo em três variedades de sorgo forrageiro, sendo elas IPA 4-6-7/42, IPA 2-3-1 e IPA SF-25, e observaram que os efeitos das doses de P independem das variedades, e que a dose de 120 kg ha⁻¹ possibilitou a máxima eficiência econômica no rendimento total de forragem.

Repke et al. (2012) encontraram que a adubação fosfatada aumenta linearmente a produção de sorgo até a dose de 75 kg ha⁻¹ de P e que a máxima eficiência agrônômica na produção de grãos ocorre com a aplicação de 25 kg de P ha⁻¹ e 75 kg de P ha⁻¹ para os híbridos AG 2005E e Volumax, respectivamente.

No estudo de Pereira et al. (2014), foi observado que as doses de máxima eficiência física estimada foram 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ associados com 87,62 kg

ha⁻¹ de N, contudo, as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com 60 kg ha⁻¹ de N.

3.4 Inoculação com microorganismos solubilizadores de fósforo

Apesar de ser um nutriente importantíssimo, o fósforo apresenta grande complexidade em sua dinâmica no solo, envolvendo processos de imobilização-mineralização, adsorção-dessorção e precipitação-solubilização (BERWANGER et al., 2008).

Os principais problemas relacionados ao manejo do P nos solos tropicais são o baixo conteúdo natural no solo, a formação de compostos altamente insolúveis, e a adição de fontes altamente solúveis, que leva à fixação do P rapidamente (BATISTA et al., 2018).

Os microrganismos solubilizadores de fosfatos inorgânicos desempenham importante papel no suprimento de P para as plantas (SILVA FILHO e VIDOR, 2001). Estratégias como a associação com micorrizas arbusculares, que, em alguns casos, pode aumentar até 5 vezes a absorção devido ao aumento promovido pela área superficial específica das raízes permitem maior aproveitamento do P no solo (BATISTA et al., 2018).

Segundo Silva Filho e Vidor (2001), o uso desses microrganismos depende do conhecimento de suas características, entre as quais, a capacidade de solubilização é uma das mais importantes no processo de seleção. Ela varia com o microrganismo e as condições do ambiente. Entre os fatores ambientais, o tipo de fosfato e a fonte de C estão entre os mais estudados (SILVA FILHO e VIDOR, 2000).

Os microrganismos solubilizadores de fósforo são capazes de converterem as formas insolúveis de P a formas solúveis, mediante processos de acidificação, quelatização, reações de trocas e produção de ácidos orgânicos (RAMIREZ et al., 2015). Segundo Mendes et al. (2014), a liberação de ácidos orgânicos é o principal mecanismo usado por algumas espécies fúngicas para solubilizar fosfatos de rocha.

Esses microrganismos também promovem o crescimento a partir da solubilização de P e/ou na liberação de fosfatos solúveis por meio de sua ação

quelante sobre cátions, a produção de fito-hormônios, enzimas e sideróforos, e a bioproteção (OLIVEIRA, 2020).

Os microorganismos solubilizadores podem ser fungos e bactérias capazes de promover a solubilização do P. Geralmente, bactérias são encontradas em maior número sendo as gram-negativas mais eficientes em solubilizar fosfatos por meio da oxidação extracelular de glicose a ácido glucônico pela quinoproteína glicose desidrogenase (Goldstein et al., 1999). Porém, os isolados fúngicos de *Aspergillus* e *Penicillium* são organismos com maior capacidade de solubilização (SILVA FILHO et al., 2002; MENDES et al., 2014).

O gênero *Bacillus* tem se destacado, faz parte de um grupo de bactérias Gram-positivas amplamente distribuídas no ambiente, com bases em estudos as cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*) teve resultados positivos na solubilização e mineralização de fósforo e promoção de crescimento de plantas para a produção de inoculantes (PAIVA, 2020).

Os inoculantes contendo cepas de *Bacillus* são considerados estáveis no ambiente por causa da capacidade de formação de endósporos, permitindo adaptação a condições abióticas extremas, como temperaturas, pH ou exposição a pesticidas (BAHADIR et al., 2018).

Além dos benefícios sobre a liberação do P, o uso de inoculantes microbianos é considerado uma alternativa ambientalmente correta com relação às aplicações de fertilizantes químicos (KHAN et al., 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características da área experimental

O experimento foi realizado no período de fevereiro a junho 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 solo da área é um Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa (SANTOS et al., 2018). As condições climáticas do local são temperatura média anual de 24,0°C, precipitação pluvial média anual é 1.261 mm e umidade relativa do ar 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, Campus de Dracena, localizada a 200 m da área experimental.

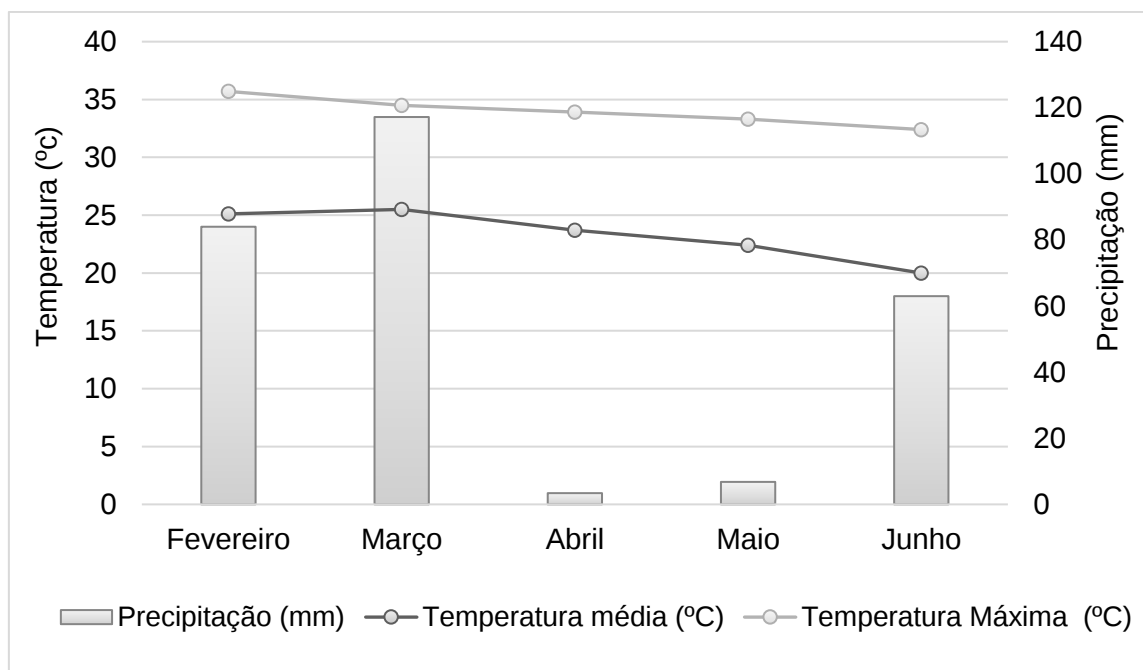


Figura 1. Médias de temperatura média (°C), temperatura máxima (°C) e precipitação (mm) de fevereiro a junho de 2021. Dracena/2021.

O experimento foi conduzido em área de sequeiro, sem o uso de irrigação. Antes da instalação do experimento foi realizada uma caracterização química do solo, sendo realizada a coleta de uma amostra composta para análise química, originada de 20 amostras simples deformadas do solo em toda área experimental, com auxílio de um trado de rosca, nas camadas estratificadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Dracena/SP, novembro de 2020.

Atributo	Unidade	0,00 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
P - resina	mg dm ⁻³	9,0	3,0
Matéria orgânica	g dm ⁻³	13,0	10
pH (CaCl ₂)	mg dm ⁻³	4,4	4,1
Potássio (K)	mmolc dm ⁻³	3,6	1,5
Cálcio (Ca)	mmolc dm ⁻³	5,0	6,0
Magnésio (Mg)	mmolc dm ⁻³	3,0	2,0
Acidez Potencial (H+Al)	mmolc dm ⁻³	25,0	31,0
Alumínio (Al)	mmolc dm ⁻³	6,0	1,0
Soma de Bases (SB)	mmolc dm ⁻³	11,6	9,5
Enxofre (S-SO ₄)	mg dm ⁻³	4,0	3,0
Cap. Troca Catiônica (CTC)	mmolc dm ⁻³	36,6	40,5
Saturação de bases (V)	%	32,0	23,0
Ca na CTC	%	14,0	15,0
Mg na CTC	%	8,0	5,0
Saturação por alumínio (m)	%	34,0	10,0
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,02	0,03
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	2,5	1,6
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	33,0	21,0
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	26,1	23,6
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	0,9	0,4

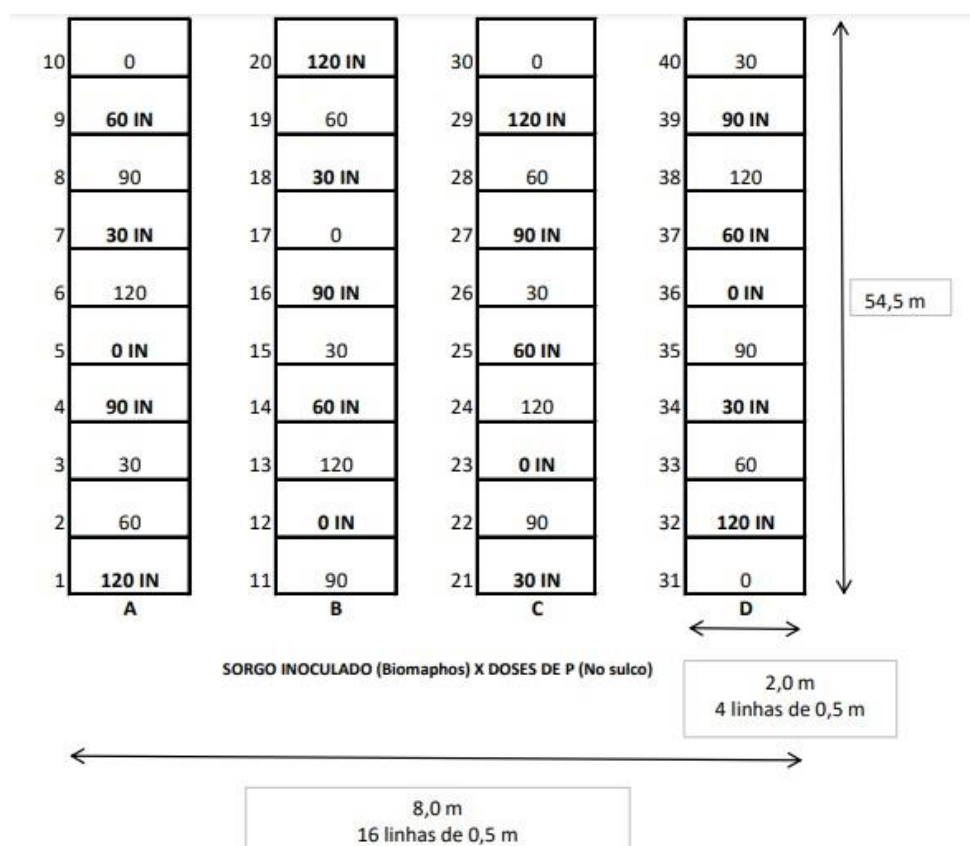
4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2, constituído de cinco (zero, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) doses de fósforo mineral associado a presença e ausência da inoculação via semente do inoculante contendo rizobactérias, com 4 repetições.

Tabela 2. Tratamentos de acordo com a dose de fósforo e inoculação

Tratamento	Dose de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Inoculação
1	0	com
2	30	com
3	60	com
4	90	com
5	120	com
6	0	sem
7	30	sem
8	60	sem
9	90	sem
10	120	sem

As parcelas eram constituídas por quatro (4) linhas com 5 m de comprimento espaçadas de 0,50 m, sendo semeadas na profundidade de 0,05 m. A Figura 2 ilustra o arranjo das parcelas na área experimental por meio de um croqui.

**Figura 2.** Croqui da área experimental. Dracena/2021.

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 sorgo, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade.

4.3 Instalação do experimento em campo

Após a dessecação da cobertura vegetal existente na área, foi realizado preparo convencional do solo, composto por uma aração profunda e duas operações com grade leve, antes da instalação da pesquisa. A correção do solo foi realizada com a calagem incorporando 3,75 t ha⁻¹ de calcário dolomítico.



Figura 3. Calagem e preparo de solo da área experimental. Dracena/2021.

A aplicação das cinco doses de fósforo (P₂O₅) foi realizada no sulco de semeadura, usando como fonte de fósforo o Fosfato Monoamônio (MAP) constituído de 52% de P₂O₅ e 11% de N. No mesmo sulco de semeadura foi aplicado uma dose única de 30 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ K₂O. Foi realizada a correção da dose única de 30 kg ha⁻¹ de N para cada dose aplicada de MAP no momento da semeadura.

O produto comercial usado na inoculação foi o Biomaphos, uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa e Bioma. O inoculante usado era composto por cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*), apresentando 2×10^8 células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 200 mL para cada 7,0 kg de semente (200 mL ha^{-1}) do inoculante.



Figura 4. Produto comercial Biomaphos. Fonte: Bioma.

O Biomaphos é um inoculante líquido, recomendado para o tratamento de sementes ou aplicação via jato dirigido no sulco de semeadura. As bactérias presentes no produto se multiplicam e colonizam a rizosfera da planta, dando início à produção de diferentes ácidos orgânicos. Esses ácidos atuam na porção do solo que se encontra em contato com as raízes das plantas, iniciando assim o processo de solubilização do fósforo que está retido ao Cálcio, alumínio e ferro presentes no solo, deixando-o prontamente disponível para a absorção e a assimilação pela planta. Além disso, o BiomaPhos também atua na mineralização do Fósforo presente na matéria orgânica do solo (fitato), dando maior aporte desse elemento para o cultivo (BIOMA, 2021).

A semeadura do sorgo foi realizada em 29 de janeiro de 2021, utilizando $7,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de sementes. O híbrido de sorgo utilizado foi o BRS 658, desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo, indicado para a produção de silagem. As características agronômicas do híbrido estão apresentadas a seguir:

Tabela 3. Características agronômicas do híbrido de sorgo BRS 658.

Características	
Origem genética	CMS S 024 x CMS S042Rcom
Florescimento	75 a 80 dias
Ponto de ensilagem	100 a 110 dias
Altura de plantas	260 cm
Altura de pedúnculo	15 cm
Tipo de panícula	Semiaberta
Cor do grão	Bronze
Cor do endosperma	Branca
Tipo do endosperma	Semiduro
Tipo de colmo	Seco
Peso de 1.000 grãos	28 g
Acamamento	Resistente
Rendimento de massa verde	50 a 60 t/ha
Rendimento de massa seca	15 a 18 t/ha

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

O manejo de plantas daninhas foi realizado pela utilização de herbicidas aplicados em pós-emergência. O controle de pragas e doenças foi realizado mediante a necessidade, procurando manter a cultura isenta do ataque e infecção destas e prejuízo ao desenvolvimento das plantas. Foram utilizados o fungicida Amistar Top na dose de 400 mL ha⁻¹ e o inseticida Connect na dose de 900 mL ha⁻¹ em 09 de março de 2021.



Figura 5. Produtos utilizados para o controle fitossanitário da cultura. Dracena/SP.

4.4 Avaliações

Foram realizadas as seguintes avaliações na cultura do sorgo:

- Teor relativo de clorofila foliar (Índice SPAD): Para a leitura do índice SPAD de clorofila foi utilizado um clorofilômetro digital (SPAD), no momento do pleno florescimento, na última folha expandida antes da panícula (“folha bandeira”);

- Altura média de plantas: Foi medida em metros, do nível do solo até o final da panícula, utilizando-se dez plantas da área útil da parcela;

- Diâmetro basal de colmos: foi medido em milímetros com paquímetro a uma altura de 0,20 m do nível do solo, utilizando-se dez plantas da área útil da parcela;

- Produtividade de matéria seca da parte aérea: foi retirada uma amostra da planta de aproximadamente 300 g foi pesada e acondicionada para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa em equilíbrio, extrapolando o teor de MS para kg por hectare;

- Matéria seca de plantas: foram coletadas 10 plantas na área útil de cada parcela, levadas ao laboratório, acondicionadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa em equilíbrio;

- Comprimento de panícula: foi medida em centímetros com régua graduada em dez panículas do total de panículas colhidas de cada parcela;

- Diâmetro da panícula: foi medida em milímetros com paquímetro digital no terço médio de dez panículas utilizadas para avaliar o comprimento;

- Massa de mil grãos: foram debulhadas manualmente dez panículas, contados mil grãos e pesados em balança digital.



Figura 6. Medidor “ClorofiLOG” Teor relativo de clorofila foliar. Fonte: Falker



Figura 7. Medição de comprimento e diâmetro da panícula. Dracena/2021.



Figura 8. Pesagem das panículas. Dracena/2021.



Figura 9. Pesagem da massa seca de plantas. Dracena/2021.

4.5 Análise estatística dos resultados

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e constatado resultado significativo entre as fontes de variação, foi realizado 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 valores médios e teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, diâmetro basal do colmo (DMC), altura média de plantas (AP), diâmetro da panícula (DP) e comprimento de panícula (CP) do sorgo em função de inoculação com Biomaphos e doses de fósforo (P_2O_5) estão apresentados na Tabela 4.

Quanto ao teor relativo de clorofila (SPAD), verifica-se que houve interação significativa entre inoculação e as doses de fósforo. Os desdobramentos das interações significativas estão apresentados na Tabela 5.

Não houve efeito significativo para o fator inoculação. A inoculação não interferiu no teor de clorofila de plantas de sorgo, observando índice médio de 36 tanto para o tratamento com inoculação quanto sem inoculação. Quanto às doses de fósforo aplicadas, o teor de clorofila apresentou diferença significativa, tendo valores de 36,5, 38,9, 33,2, 36,7 e 34,4, para as doses de 0, 30, 60,90 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , respectivamente.

O diâmetro basal do colmo apresentou efeito significativo para inoculação. Os valores obtidos foram de 9,83 mm com a ausência da inoculação e 10,72 mm com a presença da inoculação. Quanto as doses de P, também teve efeito significativo, com diâmetro de 10,54, 11,05, 10,73, 9,08 e 9,97 mm nas doses de 0, 30, 60,90 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , respectivamente. Foi observado efeito de interação entre inoculação e dose para o diâmetro basal de colmo, do qual o desdobramento é apresentado na Tabela 5.

A altura de plantas não teve efeito do fator inoculação, observando valores médios de 1,97 m de altura nas plantas com e sem inoculação. Quanto às doses de fósforo aplicadas, a altura de plantas apresentou diferença estatística, sendo 1,83, 2,0, 2,0, 2,0 e 2,01 para as doses de 0, 30, 60,90 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Foi observado efeito de interação entre inoculação e dose para altura de plantas, do qual o desdobramento é apresentado na Tabela 5.

No diâmetro da panícula, os valores apresentaram efeito significativo tanto para inoculação como para doses de P. O diâmetro da panícula observado foi de 23,78 mm na ausência da inoculação e 24,87 mm com a presença da inoculação. Nas doses de P, os diâmetros da panícula foram de 20,80, 24,16, 24,28, 22,96 e 23,42 mm de acordo com as doses de 0, 30, 60,90 e 120 kg ha⁻¹

de P_2O_5 . Houve efeito significativo da interação entre inoculação e doses de P e o desdobramento do diâmetro da panícula está apresentado na Tabela 5.

Sobre o comprimento de panícula, também foi observado efeito significativo da inoculação e das doses, bem como da interação entre inoculação e dose. O comprimento das panículas foi de 16,77 e 18,50 mm, sem e com inoculação, respectivamente. Quanto às doses de P, os valores variaram de 16,66, 19,67, 18,19, 17,55 e 16,11 mm nas doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . O desdobramento da interação entre inoculação e dose estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 4. Valores médios de teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, diâmetro basal do colmo (DMC), altura média de plantas (AP), diâmetro da panícula (DP) e comprimento de panícula (CP) do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

	Índice SPAD	DMC mm	AP m	DP mm	CP cm
Inoculação com Biomaphos					
Ausência	36,0	9,83	1,97	23,78	16,77
Presença	36,0	10,72	1,97	24,87	18,50
Doses de Fósforo (kg ha⁻¹)					
0	36,5	10,54	1,83	20,80	16,66
30	38,9	11,05	2,00	24,16	19,67
60	33,2	10,73	2,00	24,28	18,19
90	36,7	9,08	2,00	22,96	17,55
120	34,4	9,97	2,01	23,42	16,11
Valores de F					
Inoculação (I)	0,001 ^{ns}	30,309*	0,017 ^{ns}	8,803*	60,713*
Dose (C)	62,655*	18,286*	18,740*	13,117*	31,470*
I x D	14,487*	12,788*	11,176*	14,757*	30,262*
DMS (5%)					
Inoculação	--	--	--	--	--
Dose	--	--	--	--	--
CV (%)	4,91	11,11	5,82	15,10	12,57

* 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.

No desdobramento da interação significativa do teor de clorofila (SPAD), na dose de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não houve efeito da inoculação, mostrando que tanto com como sem inoculação, o teor de clorofila é semelhante para as plantas de sorgo. Já na dose de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve influência da inoculação, com teor de clorofila de 37,3 e 40,5 nas plantas sem e com inoculação, respectivamente, sendo maior nas plantas que receberam inoculação. Nas doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não houve efeito da inoculação. Na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o teor de clorofila foi de 33 e 33,5 sem e com inoculação, e na dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o teor de clorofila foi de 37 e 36,4 na ausência e presença da inoculação. Na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o teor de clorofila foi maior quando não aplicou a inoculação, sendo os valores de 35,7 e 33,1 na ausência e presença do inoculante.

Quanto às doses utilizadas dentro de inoculação, na presença da inoculação, os dados de teor de clorofila se ajustaram à equação quadrática. O teor de clorofila não teve ajuste na análise de regressão para doses na ausência da inoculação.

Na interação de inoculação e doses para o diâmetro basal de colmo, a dose de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sem inoculação apresentou-se maior em relação a presença da inoculação, com valores de 11,02 e 10,07 mm sem e com inoculante. Mas nas doses de 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o diâmetro basal de colmo foi maior na presença da inoculação. A dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não apresentou interferência da inoculação no diâmetro basal de colmo, sendo semelhantes entre si. Nesta dose, os valores foram de 9,68 e 10,26 mm sem e com inoculação.

Sobre as doses dentro de inoculação, os dados de diâmetro basal de colmo se ajustaram à equação quadrática na ausência de inoculação, apresentando ajuste não significativo na presença da inoculação.

No trabalho de Pereira et al. (2014), avaliando doses de P na cultura do sorgo, porém sem utilizar inoculação, as doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram efeito quadrático. Desta maneira, os autores encontraram que a dose estimada para obtenção do máximo diâmetro do colmo foi a dose de 96,03 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Carvalho (2020) encontraram que o ponto máximo da dose de fósforo para diâmetro de caule é de 92 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Na interação entre inoculação e dose, para altura média de plantas, as doses de 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não apresentaram interferência do uso da inoculação, sendo semelhante a altura, nestas doses, com e sem inoculação. Somente na dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve efeito da inoculação, com as plantas sendo mais altas sem inoculação, com valores de 2,07 e 1,95 m, sem e com inoculação, respectivamente.

Os valores de altura de plantas obtidos neste trabalho estão dentro do encontrado na literatura (SILVA et al., 2009; PERES et al., 2010; FREITAS et al., 2010; GOES et al., 2011; FREITAS et al., 2012), com valores até mesmo superiores, chegando até 2,0 m de altura, como característica natural da cultivar BRS 658 (EMBRAPA, 2016) utilizada neste experimento.

Pereira et al. (2014), avaliando desempenho agrônômico do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido do Rio Grande do Norte, encontraram altura média de plantas de 1,25, 1,30, 1,31, 1,31 e 1,29 m para doses de 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os microrganismos solubilizadores de fosfatos, aliados ou não a outros microrganismos benéficos do solo, podem aumentar a taxa de crescimento das plantas (CHABOT et al., 1993; KIM et al., 1998; SINGH e KAPOOR, 1999). Neste trabalho, o uso da inoculação isolada não apresentou influência sobre a altura das plantas, porém, quando associadas a doses de P, apresentaram resultado significativo.

Quanto às doses utilizadas dentro de inoculação, tanto na ausência quanto na presença da inoculação, os dados de altura média de planta apresentaram ajuste de equação quadrática.

No diâmetro da panícula, o desdobramento mostrou que houve interferência da inoculação em todas as doses estudadas (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Na dose de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o diâmetro da panícula foi de 27,77 mm sem inoculação e 25,83 mm com inoculação, sendo maior no tratamento sem inoculação. Na dose de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foi observado maior diâmetro da panícula com a aplicação da inoculação, sendo 24,64 e 26,68 mm na ausência e na presença da inoculação. Com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foi observado também maior diâmetro quando houve inoculação, com valores de 23,10 e 25,46 mm sem e com inoculação. O mesmo foi observado com 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tendo diâmetro da panícula maior quando as plantas foram inoculadas. Na dose

de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ocorreu o contrário, com panículas com diâmetro maior quando não houve inoculação, com valores de 24,60 e 22,25 mm com ausência e presença do inoculante.

Assim como a altura média de plantas, tanto na ausência quanto na presença da inoculação, os dados de altura média de plantas apresentaram ajuste de equação quadrática, considerando as doses dentro da inoculação.

O comprimento da panícula, também apresentou efeito da inoculação em todas as doses de P aplicadas. Da dose 0 até a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as panículas maiores foram observadas na presença da inoculação. Na dose 0, as panículas tiveram comprimento de 16,13 e 17,20 cm sem e com inoculação. Na dose 30, as panículas tiveram comprimento de 17,00 e 22,35 cm sem e com inoculação. Na dose 60, as panículas tiveram comprimento de 17,45 e 18,93 cm sem e com inoculação. Na dose 90, as panículas tiveram comprimento de 16,12 e 18,98 cm sem e com inoculação. Porém, na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foi observado maior comprimento de panícula na ausência da inoculação, e os valores foram de 17,17 e 15,05 cm. Pereira et al. (2014) observaram comprimento de panícula de 25,33, 26,49, 26,64, 26,82 e 26,32 cm nas doses de P de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹.

Sobre o ajuste de doses dentro de inoculação, os dados de comprimento de panícula se ajustaram à equação quadrática na presença de inoculação. Com a ausência da inoculação, o teor de clorofila não teve ajuste na análise de regressão para doses com inoculação.

Tabela 5. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a teor relativo de clorofila (Índice SPAD) foliar, diâmetro basal do colmo (DMC), altura média de plantas (AP), comprimento de panícula (CP) e diâmetro da panícula (DP) do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

Índice SPAD						
Inoculação	Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	
Ausência	36,7	37,3 b	33,0	37,0	35,7 a	n.s.
Presença	36,3	40,5 a	33,5	36,4	33,1 b	RQ * ⁽¹⁾
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 1,1003						
Diâmetro basal do colmo (mm)						
Inoculação	Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	
Ausência	11,02 a	9,72 b	10,24 b	8,51 b	9,68	RQ * ⁽²⁾
Presença	10,07 b	12,38 a	11,23 a	9,67 a	10,26	n.s.
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 0,7122						
Altura média de plantas (m)						
Inoculação	Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	
Ausência	1,81	2,03	2,03	2,07 a	1,91	RQ * ⁽³⁾
Presença	1,85	1,97	1,96	1,95 b	2,10	RQ * ⁽⁴⁾
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 0,0714						
Diâmetro da panícula (mm)						
Inoculação	Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	
Ausência	27,77 a	21,64 b	23,10 b	21,80 b	24,60 a	RQ * ⁽⁵⁾
Presença	25,83 b	26,68 a	25,46 a	24,12 a	22,25 b	RQ * ⁽⁶⁾
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 1,6145						
Comprimento de panícula (cm)						
Inoculação	Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	
Ausência	16,13 b	17,00 b	17,45 b	16,12 b	17,17 a	n.s.
Presença	17,20 a	22,35 a	18,93 a	18,98 a	15,05 b	RQ * ⁽⁷⁾
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 0,9748						

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância. RL=Regressão linear e RQ=Regressão Quadrática e ns-não significativo

⁽¹⁾ $y = -0,0004x^2 + 0,0127x + 37,364$ ($R^2=36,97\%$); ⁽²⁾ $y = 0,0002x^2 - 0,0386x + 10,996$ ($R^2=60,55\%$); ⁽³⁾ $y = -0,000005x^2 + 0,0077x + 1,8191$ ($R^2=92,54\%$); ⁽⁴⁾ $y = 0,000006x^2 + 0,001x + 1,8786$ ($R^2=73,69\%$); ⁽⁵⁾ $y = 0,0012x^2 - 0,1644x + 27,175$ ($R^2=78,64\%$); ⁽⁶⁾ $y = 0,0012x^2 - 0,1644x + 27,175$ ($R^2=97,35\%$); ⁽⁷⁾ $y = -0,0012x^2 + 0,1143x + 17,937$ ($R^2=73,87\%$).

Os valores médios de massa seca de plantas (MSP), massa da matéria seca de panícula (MSPan), massa de mil grão (M1000G) e produtividade de matéria seca da parte aérea (PMSP) do sorgo em função de inoculação com Biomaphos e doses de P_2O_5 estão apresentados na Tabela 6.

A massa seca de plantas apresentou efeito significativo para inoculação, doses de P, bem como efeito significativo da interação entre inoculação e dose. Os valores médios para o fator inoculação foram 33,64 g sem inoculação e 57,04 g com a inoculação. Para as doses de P, os valores encontrados foram 50,21, 78,09, 31,50, 35,82 e 31,05 g, respectivamente, para 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . O desdobramento da interação significativa entre inoculação e dose está na Tabela 7.

Na massa da matéria seca de panícula (MSPan), não foi observado efeito significativo para inoculação, mas foram observados efeito significativo da dose e da interação entre inoculação e dose. Os valores do fator inoculação foram 8,01 g sem inoculação e 7,98 g com inoculação. Nas doses, os valores foram 9,90, 7,91, 9,56, 6,90 e 5,70 g para 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . O desdobramento da interação entre inoculação e dose se apresenta na Tabela 7.

Analisando a massa de 1000 grãos, houve efeito de inoculação e dose. Também houve efeito da interação entre inoculação e dose, com desdobramento apresentado na Tabela 7. Em relação à inoculação, a massa de 1000 grãos foi 13,18 g sem inoculação e 11,75 g com inoculação. As doses de 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 apresentaram massa de 10,99, 13,33, 13,14, 12,11 e 12,75 g, respectivamente.

A produtividade de massa seca da parte aérea (PMSP) foi de 7,01 e 7,06 Mg ha⁻¹ com a ausência e a presença da inoculação com Biomaphos. Nas doses, os valores foram de 6,98, 7,54, 7,36, 6,83 e 6,49 Mg ha⁻¹ em 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Não foi observada diferença significativa entre doses, porém foram observados efeitos do fator inoculação e a interação entre inoculação e doses. O desdobramento da interação significativa entre inoculação e dose para produtividade de matéria seca da parte aérea está na Tabela 7.

Tabela 6. Valores médios de massa seca de plantas (MSP), massa da matéria seca de panícula (MSPan), massa de mil grão (M1000G) e produtividade de matéria seca da parte aérea (PMSP) do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

	MSP g	MSPan g	M1000G g	PMSP Mg ha ⁻¹
Inoculação com Biomaphos				
Ausência	33,64	8,01	13,18	7,01
Presença	57,04	7,98	11,75	7,06
Doses de Fósforo (kg ha⁻¹)				
0	50,21	9,90	10,99	6,98
30	78,09	7,91	13,33	7,54
60	31,50	9,56	13,14	7,36
90	35,82	6,90	12,11	6,83
120	31,05	5,70	12,75	6,49
Valores de F				
Inoculação (I)	51,697*	0,004ns	15,057*	0,037ns
Dose (C)	29,880*	11,926*	5,310*	1,739ns
I x D	54,087*	4,086*	7,511*	11,347*
DMS (5%)				
Inoculação	--	--	--	--
Dose	--	--	--	--
CV (%)	22,70	18,15	9,32	12,80

* 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.

No desdobramento da interação significativa para massa seca de plantas (Tabela 7), a dose de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou influência da inoculação, com valores de 64,68 g sem inoculação e 35,75 g com inoculação, sendo maior quando não teve aplicação do inoculante. Já nas doses de 30 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a massa seca de plantas foi maior no tratamento com inoculação. Os valores encontrados foram de 21,20 e 134,98 g, e 27,80 e 43,85 g, para as doses de 30 e 90, sem e com inoculação, respectivamente. Nas doses de 60 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não houve diferença na massa seca de plantas de acordo com a inoculação.

Sobre o ajuste de doses dentro de inoculação, os dados de massa seca de plantas se ajustaram à equação quadrática na ausência de inoculação. Na presença da inoculação, os dados não apresentaram ajuste significativo na análise de regressão.

O uso da inoculação não afetou a massa da matéria seca de panícula (MSPan) nas doses de 0, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A massa da matéria seca

de panícula foi 9,0 e 10,80 g na dose de 0; 9,93 e 9,20 g na dose de 60; 6,98 e 6,83 g na dose de 90; e 6,20 e 5,20 g na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Somente na dose de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi observado efeito da inoculação, onde as panículas com 9,68 g de massa seca com inoculação foram mais pesadas que as de 6,15 g de massa seca sem inoculação.

Considerando as doses dentro de inoculação, os dados massa da matéria seca de panícula, na ausência de inoculação, não se ajustaram à análise de regressão. Na presença da inoculação, os dados da massa da matéria seca de panícula se ajustaram à equação quadrática.

A massa de mil grãos (M1000G) não apresentou diferença na dose de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os valores foram de 11,48 e 10,50 g sem e com inoculação. Também não houve diferença na massa de grãos nas doses de 60 e 90 kg ha⁻¹. Na dose de 30 kg ha⁻¹, a massa de mil grãos foi maior no tratamento sem inoculação com 18,88 g em relação ao tratamento com inoculação que foi de 10,78 g. Na dose de 90 kg ha⁻¹, ocorreu o mesmo, onde a massa de mil grãos foi maior no tratamento sem inoculação com 13,0 g em relação ao tratamento com inoculação que foi de 11,23 g.

Os dados de massa de mil grãos, nas doses dentro de inoculação, não apresentaram ajuste significativo na análise de regressão, tanto na presença quanto na ausência da inoculação.

Pereira et al. (2014) também observaram que nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados de massa de mil grãos, com valores variando de 19,6, 20,2, 19,7, 20,7 e 20,0 g nas doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em sorgo granífero adubado com fósforo e nitrogênio. Entretanto, estes autores observaram que na ausência da adubação com P₂O₅, a massa de mil grãos apresentou média superior à média dos tratamentos, evidenciando que esta variável não responde às variações de P no solo. O mesmo foi observado neste trabalho, onde não foi encontrado ajuste significativo para as doses de P na massa de mil grãos, tanto na ausência quanto na presença da inoculação, com valores próximos entre a dose 0 e as demais doses utilizadas.

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a massa seca de plantas (MSP), massa da matéria seca de panícula (MSPan), massa de mil grãos (M1000G) e produtividade de matéria seca (PMSP) da parte aérea do sorgo em função de inoculação e doses de fósforo, Dracena, SP, Brasil, safra 2021.

Massa seca de plantas (g)						
Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)						
Inoculação	0	30	60	90	120	
Ausência	64,68 a	21,20 b	29,30	27,80 b	25,20	RQ * ⁽¹⁾
Presença	35,75 b	134,98 a	33,70	43,85 a	36,90	n.s.
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 14,9317						
Massa da matéria seca de panícula (g)						
Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)						
Inoculação	0	30	60	90	120	
Ausência	9,00	6,15 b	9,93	6,98	6,20	n.s.
Presença	10,80	9,68 a	9,20	6,83	5,20	RQ * ⁽²⁾
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 2,1056						
Massa de mil grãos (g)						
Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)						
Inoculação	0	30	60	90	120	
Ausência	11,48	18,88 a	13,03	13,00 a	12,50	n.s.
Presença	10,50	10,78 b	11,25	11,23 b	13,00	n.s.
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo - 1,6849						
Produtividade de MS da parte aérea (Mg ha⁻¹)						
Doses de fósforo (kg ha ⁻¹)						
Inoculação	0	30	60	90	120	
Ausência	6,87	8,04	6,68 b	8,31 a	5,18 b	RQ * ⁽³⁾
Presença	7,10	7,05	8,05 a	5,36 b	7,80 a	n.s.
DMS (5%) Inoculação dentro de doses de doses de fósforo -1,3076						

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % significância. RL=Regressão linear e RQ=Regressão Quadrática e ^{ns}- não significativo

⁽¹⁾ $y = 0,0057x^2 - 0,9284x + 58,417$ ($R^2=72,08\%$); ⁽²⁾ $y = -0,0002x^2 - 0,0191x + 10,736$ ($R^2=98,16\%$);

⁽³⁾ $y = -0,0004x^2 + 0,042x + 6,8543$ ($R^2=51,59\%$);

Ao observar a produtividade de massa seca da parte aérea (PMSP), só foi observado efeito da inoculação a partir da dose 60 até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Tanto na dose 0 quanto na dose 30, a produtividade de massa seca da parte aérea foi semelhante com e sem inoculação. Quando aplicado de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a produtividade de massa seca foi 6,68 Mg ha⁻¹ sem inoculação contra a maior massa de 8,05 Mg ha⁻¹ com inoculação. Quando a dose usada foi 90 kg ha⁻¹, a maior produtividade foi obtida na ausência da inoculação com 8,31 Mg ha⁻¹. E quando a dose aplicada foi 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a maior produtividade de

7,80 Mg ha⁻¹ ocorreu com a inoculação comparada a 5,18 Mg ha⁻¹ sem inoculação.

Os dados de produtividade de massa seca da parte aérea, na ausência da inoculação, apresentaram ajuste quadrático, enquanto que na presença da inoculação não apresentaram ajuste significativo na análise de regressão.

Em outros estudos, Almeida et al. (2016) e Paiva et al. (2020), observaram que a associação da fonte fosfatada aos microrganismos solubilizadores de P resultou em maior produtividade de milheto e milho, respectivamente, se comparado com o resultado sem inoculação.

Cruz et al. (2009) e Leite (2006), encontraram efeito linear para a produção de matéria seca do sorgo em função de doses de fósforo.

6 CONCLUSÃO

O uso de bactérias solubilizadoras de P é uma importante opção no manejo da adubação fosfatada na cultura, resultando em melhor desenvolvimento do sorgo forrageiro segunda safra.

A associação entre inoculação e doses de fósforo influenciaram todas as características agronômicas e produtivas estudadas, porém na dose de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obteve-se melhor resultado no teor de clorofila, diâmetro basal de colmos, diâmetro de panícula, massa de matéria seca de plantas e massa de matéria seca de panícula.

Apesar de ser uma tecnologia inovadora, o uso de bactérias solubilizadoras de P, associadas à adubação fosfatada necessita de mais estudos para aperfeiçoamento da técnica e melhor eficiência na cultura do sorgo.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. N. S.; SANTOS, F. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; FREITAS, A.; PAIVA, C. A. O. Adubação organomineral em associação com microrganismos solubilizadores de fósforo no milheto. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 147).
- ALVIM, M.J.; BROTEL, M. A.; REZENDE, H.; XAVIER, D. F. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramíneas do gênero *Cynodon*, sob níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 47-54, 2003.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.
- ARAÚJO, F. H. V.; CRUZ, R. S.; PORTO, D. W. B.; MACHADO, C. M. M.; FRANÇA, A. C. Effects of mycorrhizal association and phosphate fertilization on the initial growth of coffee plants. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 50, e58646, 2020.
- ASCARI, J. P.; SANTOS, E. S.; MENDES, I. R. N.; DIAS, L. D. E.; INOUE, M. H.; MARCO, K. Formas de adubação do sorgo granífero em semeadura tardia. **Nucleus**, v.12,n.1, abr., 2015.
- BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. **Turkish Journal of Botany**, v. 42, n. 2, p. 183-196, 2018.
- BATISTA, M.A., INOUE, T.T., ESPER NETO, M., and MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. dos. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.32, n.6, p. 2525-2532, 2008.

BIOMA – BiomaPhos. Disponível em: <<https://www.bioma.ind.br/produto/bioma-phos>>

CARVALHO JÚNIOR, G. A.; TARDIN, F. D.; BERNARDINO, K.; GODINHO, V. P. C.; GODINHO, C.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação da variabilidade do período de enchimento de grãos em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, **Anais...** Búzios. Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil. Búzios: SBMP, 2011.

CARVALHO, F. H. Aplicações de NPK em sorgo granífero nas condições de cerrado. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde – GO, 2020. 54p.

CAVALCANTE, F. de S.; SILVA, I. de F.; TABOSA, J. N.; SIQUEIRA, S. M. da S. Níveis de fósforo via adubação em três variedades de sorgo forrageiro: Características agronômicas. **Pesq. agropec. pernamb.**, Recife, v. 18, n. 1, p. 21-26, jan./jun. 2013.

CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. phaseoli. **Plant and Soil**, v. 184, p. 311-321, 1996.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 6, sexto levantamento, mar. 2021.

CRUZ, S. J. S.; OLIVEIRA, S. C. de; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Adubação fosfatada para a cultura do sorgo granífero. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.91-97, 2009.

EMBRAPA MILHO E SORGO. BRS 658: híbrido de sorgo silageiro: silagem de alta qualidade. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

FREITAS, G. A.; SOUSA, C. R.; CAPONE, A.; AFFÉRI, F. S.; SILVA, R. R. Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 3, n. 1: p. 61-67, 2012.

FREITAS, R. S.; DUARTE, A. P.; BORGES, W. L. B.; TICELLI, M.; CAZENTINI FILHO, G.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; RAMOS JUNIOR, E.U.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Desempenho agrônômico de cultivares de sorgo granífero na região noroeste do estado de São Paulo. 2010. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18, 2010. **Anais ...** Goiânia, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. P.; ARF, O.; ARRUDA, O. G.; VILELA, R. G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 121-129, 2011.

GOLDSTEIN, A.H. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. **Am. J. Altern. Agric.**, v.1, p. 51-57, 1986.

KHAN, M. S.; ALMAS ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; WANI, A. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi – current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.56, n. 1, p73-98, 2010.

KIM, K.Y.; JORDAN, D.; McDONALD, G.A. Effect of phosphatesolubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. **Biol. Fertil. Soils**, v. 26, p. 79-87, 1998.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. (2009). Ecofisiologia do sorgo. *Sistemas de Produção*, 2 (5a. ed.). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.

MENDES, G. O.; FREITAS, A. L. M.; PEREIRA, O. L.; SILVA, I. R.; VASSILEV, N. B.; COSTA, M. D. Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. **Ann Microbiol.** v.64, p. 239-49, 2014.

MOREIRA, F.M.S.; J.O. SIQUEIRA. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; FILHO, D. C. A.; MACCARI, M.; SOUZA, A. N. M.; PELLEGRINI, L. G.; FREITAS, A. K. Produção de forragem e custo de produção da pastagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.), fertilizada com dois tipos de adubo, sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p. 215-220, 2005.

OLIVEIRA, C. A.; COSTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; SANTOS, F. C.; JUNIOR, A. S. P.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade Técnica e Econômica do Biomaphos** (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de Milho e Soja. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG, 2020.

PAIVA, C. A. O.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C.; TINOCO, S. M. S.; LANA, U. G. P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; JUNIOR, R. V. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG, 2020.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Visão agrícola**, n. 9, v. 1, p. 43 – 46, 2009.

PEREIRA, O. G.; GOBBI, K. F.; PEREIRA, D. H.; RIBEIRO, K. G. (2011). Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens. In Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa. Produção animal em biomas tropicais: anais dos simpósios. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 507-539.

PEREIRA, R. G.; SILVA, G. F. da; OLIVEIRA, F. H. T. de; DIÓGENES, T. B. A.; MEDEIROS, P. V. Q. de. Desempenho agrônômico do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 24 – 36, 2014.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

RAMÍREZ, L. M.; MENDOZA, D. G., DURAN, C. C.; JUAREZ, O. G. Molecular identification of phosphatesolubilizing native bacteria isolated from the rhizosphere of *Prosopis glandulosa* in Mexicali valley. **Genetics and Molecular Research**, v.14, n.1, p. 2793-2798, 2015.

REPKE, R. A.; OLIVEIRA, M. W. de; CRUZ, S. J. S.; SILVA, D. F. da. Influência da Adubação Fosfatada na Produção de Dois Híbridos de Sorgo Forrageiro. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia. **Anais...**2012.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnol. Adv.**, v. 17, p. 319-339, 1999.

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; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; BRINHOLI, O. Efeito de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no sorgo sacarino em um Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.635-641, 1985.

SILVA FILHO, G. N.; NARLOCH, C.; SCHARF, R. Solubilização de fosfatos naturais por microrganismos isolados de cultivos de Pinus e Eucalyptus de Santa Catarina. **Pesq Agropec Bras.**, v.37, p. 847-54, 2002.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1495-1508, 2001.

SILVA, D. F. da; GARCIA, P. H. de M.; SANTOS, G. C. de L.; FARIAS, I. M. S. C. de; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E. da; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021.

SINGH, S.; KAPOOR, K. K. Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry

matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 28, p. 139-144, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 526p.

ZUCARELI, C.; BARZAN, R. R.; SILVA, J. B. da; CHAVES, D. P. Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 65, n.2, p. 189-195, mar/abr, 2018.