

**FACULDADES DE ENSINO SUPERIOR DO CENTRO DO PARANÁ
ENGENHARIA AGRONÔMICA**

LUIZ FELIPE GRANDE

**INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE
FÓSFORO NÃO SOLUBILIZA FÓSFORO NO SOLO MAS AFETA OS
COMPONENTES DE PRODUTIVIDADE DO TRITICALE EM PITANGA, PR**

PITANGA

2020

LUIZ FELIPE GRANDE

**INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE
FÓSFORO NÃO SOLUBILIZA FÓSFORO NO SOLO MAS AFETA OS
COMPONENTES DE PRODUTIVIDADE DO TRITICALE EM PITANGA, PR**

Trabalho De Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica, Área das Ciências Agrárias da Faculdade UCP - Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná, como requisito à obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Professor Orientador: Ricardo Cardoso Fialho.

PITANGA-PARANÁ

2020

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	8
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	12
5. AGRADECIMENTOS.....	13
6. REFERÊNCIAS.....	14
7. ANEXOS	16

INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO NÃO SOLUBILIZA FÓSFORO NO SOLO MAS AFETA OS COMPONENTES DE PRODUTIVIDADE DO TRITICALE EM PITANGA, PR

INOCULATION OF SEEDS WITH PHOSPHORUS SOLUBILIZING BACTERIA DOES NOT SOLUBILIZE PHOSPHORUS IN THE SOIL BUT AFFECTS TRITICALE PRODUCTIVITY COMPONENTS IN PITANGA, PR

GRANDE, Luiz Felipe.¹

FIALHO, Ricardo Cardoso.²

RESUMO

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais limitantes às altas produtividades de biomassa vegetal em culturas tropicais. Isso se deve aos solos tropicais, na sua grande maioria, apresentarem alto grau de intemperização, o que favorece a adsorção desse nutriente aos colóides e a matéria orgânica do solo. De maneira geral, os solos argilosos proporcionam grande capacidade de reter o P em seus colóides, apresentam-se como drenos desse nutriente e, conseqüentemente, competem com as plantas pela sua disponibilidade. Diante disso, estudos recentes revelam produto formado por cepas de bactérias que interagem com o P complexado em íons de Ferro, Alumínio, e na matéria orgânica. Esses microrganismos agem por meio de ácidos e enzimas e conseguem “quebrar” ligações, tornando o P disponível para absorção da planta. Estudos com o intuito de elucidar o real efeito do inoculante solubilizador de P e seus efeitos nas características agronômicas da cultura do triticales são escassos na literatura. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de cepas de bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* sob a solubilidade do P do solo e os componentes de produtividade do triticales. O experimento foi realizado na cidade de Pitanga, PR. Para instalação do experimento utilizou-se o delineamento sistemático com 3 tratamentos, T1 (Com Fertilização e Sem Solubilizador de P), T2 (Sem Fertilização e Com Solubilizador de P) e T3 (Com Fertilização e Com Solubilizador de P) com 10 repetições. O tratamento T2 obteve menor teor de P e componentes de produtividade em relação aos demais. Comparando o T1 e T3 notou-se vantagem no tratamento T3 no decorrer do desenvolvimento da cultura e nos componentes de rendimento, porém não se diferiu do T1 em comprimento radicular e produtividade. Não houve aumento no teor de P e solubilidade no solo em todos os tratamentos.

Palavras-chave: nutrientes; adsorvido; inoculante; *Bacillus subtilis*; *Bacillus megaterium*.

¹Acadêmico do curso de Engenharia Agrônoma, Faculdade do Centro do Paraná. E-mail: luizfelipegrande@gmail.com

²Docente orientador do curso de Engenharia Agrônoma, Faculdade do Centro do Paraná. E-mail: prof_ricardofialho@ucpparana.edu.br

ABSTRACT

Phosphorus (P) is one of the most limiting nutrients to the high productivity of plant biomass in tropical crops. This is due to the fact that most of the tropical soils have a high degree of weathering, which favors the adsorption of this nutrient to colloids and the soil's organic matter. In general, clay soils provide great capacity to retain P in their colloids, present themselves as drains of this nutrient and, consequently, compete with plants for their availability. Therefore, recent studies reveal a product formed by strains of bacteria that interact with P complexed in Iron, Aluminum ions, and organic matter. These microorganisms act through acids and enzymes and are able to "break" bonds, making P available for plant absorption. Studies with the intuition to elucidate the real effect of the P-solubilizing inoculant and its effects on the agronomic characteristics of the triticale culture are scarce in the literature. Therefore, the objective of the study was to evaluate the effect of inoculation of strains of *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* bacteria under the soil P solubility and the triticale productivity components. The experiment was carried out in the city of Pitanga, PR. For the installation of the experiment, a systematic design with 3 treatments was used, T1 (With Fertilization and Without P Solubilizer), T2 (Without Fertilization and With P Solubilizer) and T3 (With Fertilization and With P Solubilizer) with 10 repetitions. The T2 treatment obtained a lower content of P and components of productivity compared to the others. Comparing the T1 and T3, an advantage was observed in the T3 treatment during the development of the culture and in the yield components, however it did not differ from the T1 in root length and productivity. There was no increase in P content and solubility in the soil in all treatments.

Keywords: nutrients; adsorbed; inoculant; *Bacillus subtilis*; *Bacillus megaterium*.

1. INTRODUÇÃO

O triticale é um cereal híbrido poliplóide resultante do cruzamento entre a cultura do trigo (*Triticum durum*) e centeio (*Secale cereale*), dando origem a uma planta com boa adaptabilidade a condições de estresse hídrico, a solos ácidos, com melhor sanidade e qualidade de grãos comparado a outros cereais de inverno (BAIER *et al.*, 1994). A produção nacional de triticale na safra 19/19 foi de 55,9 mil toneladas e com produtividade média de 2.809 kg ha⁻¹ CONAB (2019).

Um dos nutrientes limitantes para a produção desse cereal é o fósforo (P), sendo ele essencial para o crescimento e desenvolvimento das culturas. Nas plantas, o P encontra-se na forma de fosfato inorgânico e associado a esqueletos orgânicos de carbono, estimula o crescimento, formação do sistema radicular, e é responsável pelo arranque inicial (MOREIRA *et al.*, 2017). Porém, na maioria dos solos tropicais o P encontra-se em baixa disponibilidade para as plantas (RAIJ, 1991), pois esses solos apresentam alto grau de intemperização, o que favorece a adsorção desse nutriente aos colóides do solo, devido à elevada afinidade das formas orgânicas, principalmente hexafosfato de inositol (NZIGUHEBA E BÜNEMANN, 2005), e inorgânicas (H₂PO₄⁻ e HPO₄²⁻) pelos oxihidróxidos de Ferro (Fe) e Alumínio (Al).

Segundo Moreira *et al.* (2017) apesar das baixas exigências de P pela cultura do triticale (75 kg ha⁻¹) as quantidades de P aplicadas como fertilizantes são superiores às necessidades da cultura, pois essas altas doses de fertilizantes fosfatados são necessárias para suprir a alta adsorção que ocorre no solo. Embora os solos tenham certa quantidade de P, pela baixa disponibilidade uma pequena fração é absorvida pelas plantas diretamente (BRAGA *et al.*, 1991).

Os solos tropicais apresentam forte “caráter drenado de P” em detrimento do “drenado planta” (NOVAIS *et al.*, 2007). Dessa forma, as plantas precisam utilizar estratégias para a conversão de P não-lábil em P lábil, como aumento da relação raiz/parte aérea e a liberação de ácidos orgânicos, por exemplo, que podem aumentar a disponibilidade de P na rizosfera (LAMBERS *et al.*, 2015; LU *et al.*, 2012). As plantas podem também se beneficiar da simbiose com microrganismos benéficos, onde as plantas aumentariam a translocação de fotoassimilados para a rizosfera onde atuam os microrganismos que converteriam P não-lábil em P lábil (JARAMILLO *et al.*, 2015).

Diante disso, estudos recentes revelam produto formado por cepas de bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, que interagem com o P adsorvido nos colóides do solo, em íons de Fe, Al, e na matéria orgânica. Esses microrganismos agem por meio de ácidos e

enzimas e conseguem “quebrar” ligações, tornando o P disponível no ambiente rizosférico para absorção da planta (EMBRAPA, 2019). No entanto, estudos que relatam a real eficiência de bactérias solubilizadoras de P e seus efeitos nas características agrônômicas da cultura do triticale ainda são escassos na literatura.

O objetivo foi avaliar o efeito da inoculação de cepas de bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* sob a solubilidade do P do solo e os componentes de produtividade do triticale.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Barro Preto no município de Pitanga (24°49'44.10"S e 51°42'10.16"O), região central do Paraná. Segundo Köppen e Geiger (1928) o município encontra-se sob domínios climáticos distintos, sendo estes o clima Cfa, caracterizado por chuvas bem distribuídas em todas as estações e com ocorrência de invernos secos. E o clima Cfb, devido a ocorrência de verões amenos e invernos moderados com ocorrência de geadas e chuvas bem distribuídas em todas as estações (Figura 1). O experimento foi instalado em solo caracterizado como Latossolo Vermelho, segundo o manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2017).

Para compor o experimento foi utilizado o delineamento sistemático com três tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos consistiram da inoculação ou não da semente de triticale (*Triticosecale*), variedade IPR Aimoré, e de fertilização de base ou não como segue: T1 - Com Fertilização e Sem Solubilizador de P, T2 - Sem Fertilização e Com Solubilizador de P e T3 - Com Fertilização e Com Solubilizador de P. A inoculação foi realizada no dia do plantio, via tratamento de sementes com o produto comercial solubilizador de P, o qual contém as cepas das bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, de concentração 4×10^9 células viáveis/mL, com dose utilizada de 150 mL ha^{-1} . A instalação do experimento ocorreu no dia 19 de junho de 2020. O triticale foi plantado com auxílio da semeadeira Imasa Saga Tri, com espaçamento 0,18 m entre linhas e com fertilização de base de 210 kg ha^{-1} do adubo formulado NPK 4-30-10 nos tratamentos que receberam adubação.

A fim de avaliar o efeito do inoculante nos teores de P disponíveis do solo, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm antes do plantio do triticale e após o plantio quando as plantas estavam no estágio fenológico de 1º nó visível (48 dias após o plantio). O solo foi coletado com utilização de pá reta e retirado o mais próximo das raízes das plantas para representar o ambiente rizosférico. As amostras foram secas ao ar, passadas na

peneira de 2 mm e submetidas a análises de P disponível segundo o manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA), método proposto por Teixeira *et al.* (2017). Junto às amostragens de solo foram realizadas as medições do comprimento das raízes no estágio fonológico 1º nó visível. Afim de quantificar o desenvolvimento e fatores de rendimento do triticale foram realizadas avaliação da altura das plantas com auxílio de uma trena, nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, perfilhamento, 1º nó visível, emborrachamento, e florescimento. Avaliado também o comprimento de espiga, número de grãos por espiga, que são componentes de produtividade da cultura. Por fim foi avaliada a produtividade por meio de colheita manual em metro quadrado em todas as repetições dos diferentes tratamentos. Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

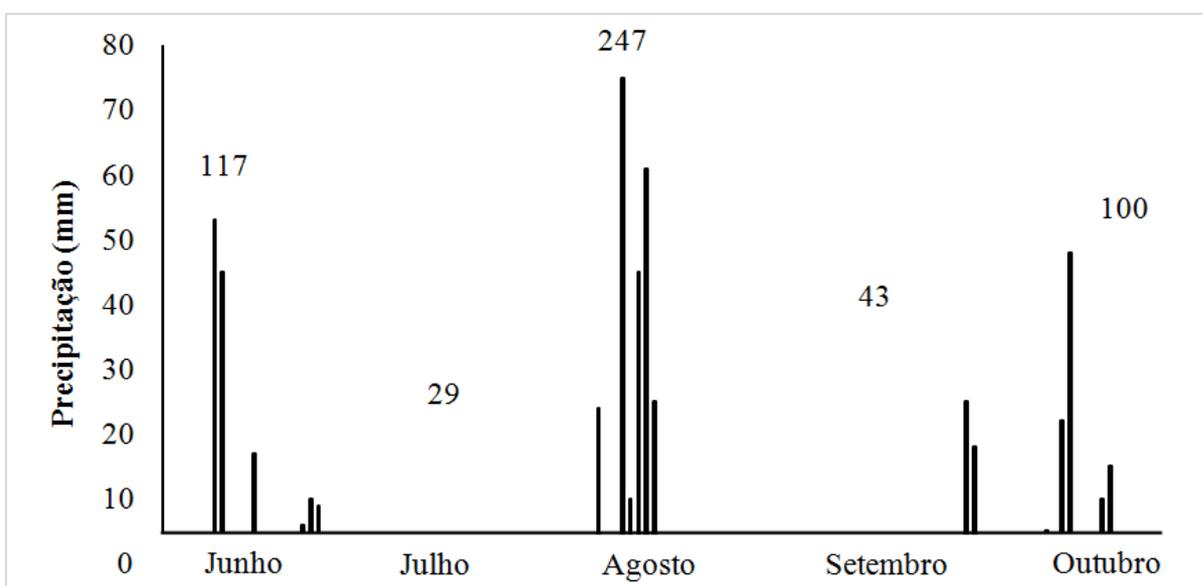


Figura 1: Precipitação média e acumulada mês no decorrer do ciclo do triticale (19/06/2020 a 23/10/2020) no município de Pitanga - PR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao avaliar o P disponível no solo, o desenvolvimento do triticale e os fatores de rendimento, verificou-se que o tratamento apenas com inoculação das sementes e sem a aplicação de fertilizantes apresentou os menores valores quando comparado aos demais (Figura 2, 3, 4 e Tabela 1).

A inoculação das sementes com bactérias eficientes em solubilizar P do solo proporcionou redução do P disponível do solo de aproximadamente 51% quando comparado aos tratamentos que receberam somente fertilização e fertilização mais inoculação, porém não foram verificadas reduções em relação aos teores iniciais (antes do plantio) de P disponíveis

do solo (Figura 2). Isso provavelmente se deve a imobilização do P na biomassa das bactérias (BAGGIE *et al.*, 2004; MCLAUGHLIN *et al.*, 1988), comprometendo o desenvolvimento e produtividade do triticale. A não diferença dos tratamentos T1 e T3 em relação aos teores iniciais de P disponível no solo são devido à alta adsorção do P aplicado via fertilizante aos colóides do solo altamente intemperizados (NZIGUHEBA E BÜNEMANN, 2005). No entanto, a fertilização aliada ou não a inoculação de bactérias solubilizadoras de P promoveram maior desenvolvimento e produtividade ao triticale, indicando que somente a inoculação com essas bactérias não são suficientes para solubilizar o P do solo e suprir a demanda da planta.

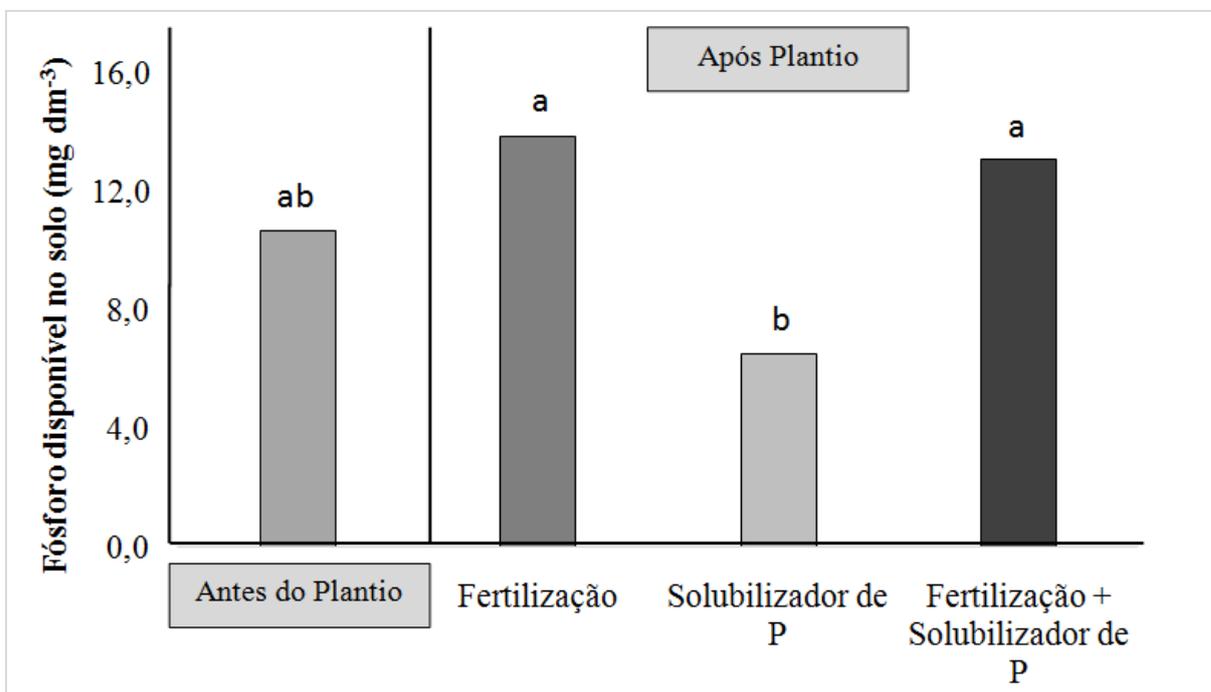


Figura 2: Teores médios de fósforo (P) disponível no solo antes e após 48 dias do plantio do triticale, sob diferentes tratamentos com fertilizantes e inoculação de sementes. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para altura do triticale foi verificado menor desenvolvimento em todos os estádios fenológicos avaliados para as plantas somente inoculadas quando comparadas aos demais tratamentos com exceção do estágio de perfilhamento onde o T1 não difere do T2. No entanto, ao avaliar a altura de planta no estágio de 1º nó visível e emborrachamento o tratamento fertilizado + inoculado mostrou superioridade aos demais tratamentos (Figura 3). Acredita-se que esse aumento no tamanho da parte aérea das plantas do tratamento T3 se deve a junção da fertilização mais os microrganismos presentes no inoculante, principalmente a cepa de *Bacillus subtilis*, que tem como características a promoção de crescimento de plantas que a ela são submetidas. O efeito da exposição de células vivas de *Bacillus subtilis* associada

à aplicação de fertilizantes pode ocasionar promoção de crescimento e o biocontrole das plantas. Esse crescimento é consequência da melhoria das condições biológicas do solo, síntese de fitormônios e disponibilidade de nutrientes (HAMMAMI *et al.*, 2009). Além disso, a associação com microrganismos benéficos proporciona aumento fisiológico de metabólitos que desencadeiam a sensibilidade do sistema radicular as condições externas, proporcionando a facilitação da percepção e desenvolvimento do sistema radicular, maior exploração de volume de solo e consequente maior absorção de nutrientes e crescimento das plantas (MANJULA & PODILE, 2005), porém não associados, no caso do atual estudo, a solubilização de P.

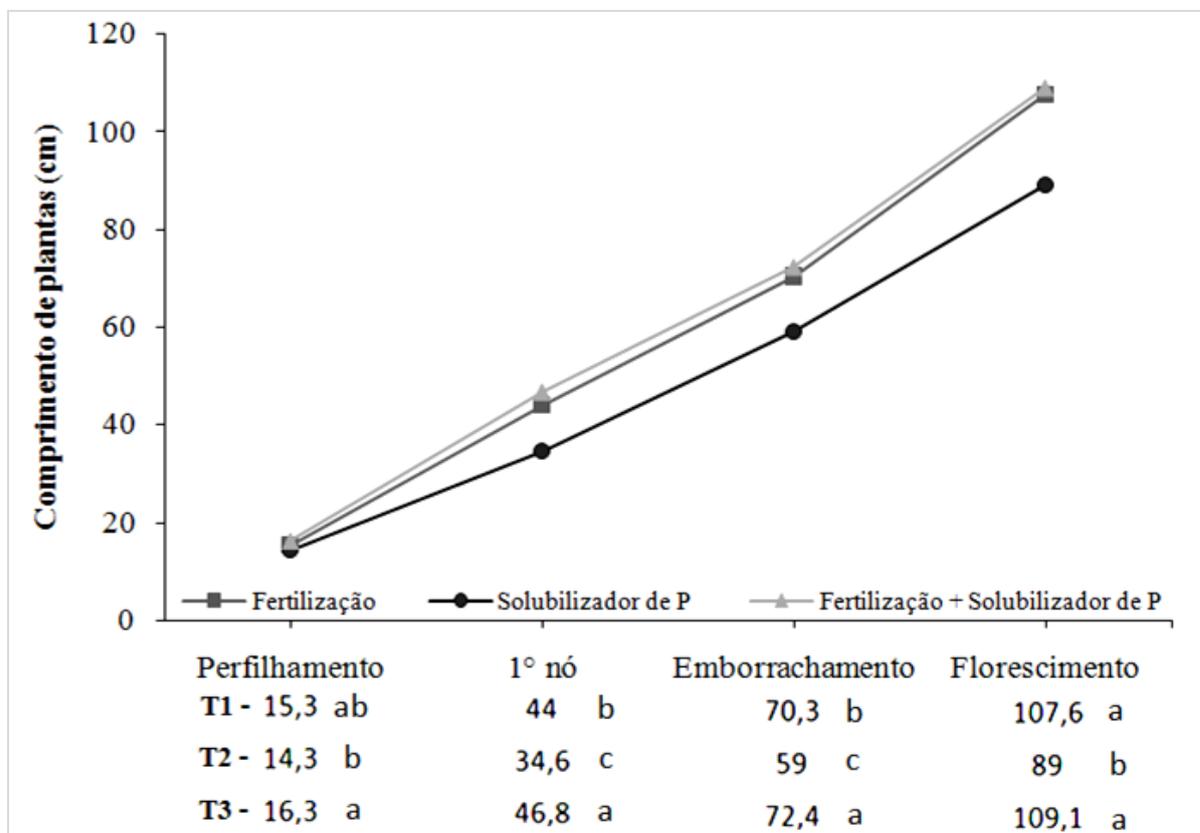


Figura 3: Comprimento de plantas nos estádios fenológicos de perfilhamento, 1º nó, emborrachamento e florescimento, sob diferentes tratamentos com fertilizantes e inoculação de sementes. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com o maior desenvolvimento na massa vegetal da parte aérea do tritcale há maior superfície de absorção de luz pelas plantas com consequente aumento nos processos fotossintéticos, expressando a relação direta com a produtividade. (HALL *et al.*, 1993).

A mesma tendência foi verificada para o comprimento do sistema radicular, onde os tratamentos T1 e T3 (16,1 cm e 16,9 cm, respectivamente) apresentaram maior comprimento de raiz em relação ao T2 (14,9 cm) sem fertilização (Figura 4). Nota-se que plantas que foram

apenas inoculadas obtiveram uma redução de 10% no sistema radicular comparado com os demais tratamentos. Com maior crescimento e desenvolvimento no sistema radicular as plantas têm maiores capacidades de aquisição de água e nutrientes em camadas mais profundas, realizando a ciclagem de nutrientes, principalmente em regiões sujeitas a estresse hídrico e com baixa capacidade de retenção de água. Com isso, há exploração de maior volume de solo, que é importante mecanismo adaptativo da planta para garantir a absorção de P em diferentes regiões do solo. Aumentando o tamanho das raízes de plantas consequentemente poderiam aumentar o uso eficiente dos nutrientes aplicados, tendo relação direta com a produtividade (FAGERIA; MOREIRA, 2011).

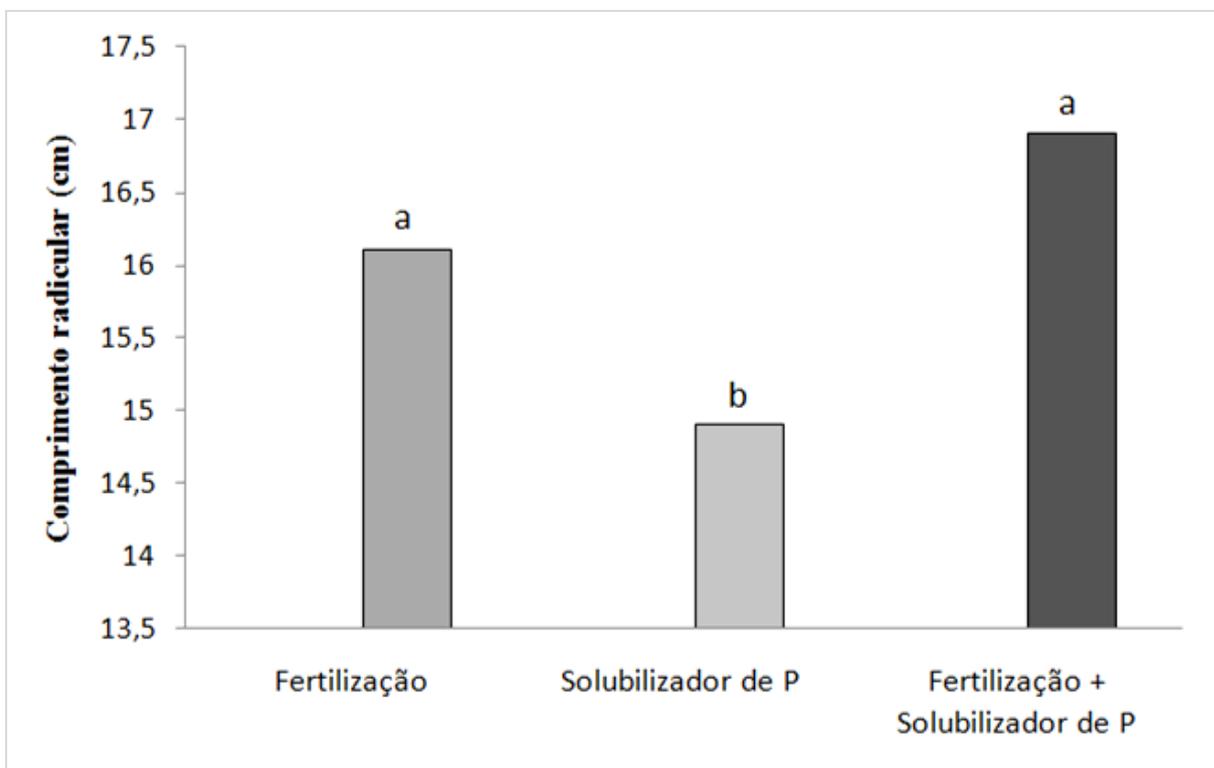


Figura 4: Comprimento radicular no estágio fenológico de 1º nó (48 DAP), sob diferentes tratamentos com fertilizantes e inoculação de sementes. Médias seguidas por letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ao avaliar os componentes de produtividade e rendimento do triticale, observa-se um acréscimo significativo no comprimento de espiga do tratamento fertilizado associado com bactérias solubilizadoras de P em relação aos demais. O mesmo ocorreu com a quantidade de grãos por espiga (Tabela 1). A mesma tendência acontece porque o tratamento T3 foi superior em certos parâmetros em relação aos demais desde o início do ciclo, com um melhor arranque e melhor desenvolvimento de plantas, naturalmente as variáveis de rendimento obtiveram melhores resultados, por consequência.

Tabela 1: Componentes de rendimento e produtividade dos diferentes tratamentos com fertilização e inoculação de sementes.

Tratamento	Comp. de espigas	Nº grãos/espiga	Produtividade
	<i>cm</i>	<i>Quant.</i>	<i>kg ha⁻¹</i>
Fertilização	9,8 b	45 b	4680 a
Solubilizador de P	8,7 c	39,8 c	3420 b
Fertilização + Solubilizador de P	10,5 a	50,5 a	4980 a

Médias seguidas por letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Referente à produtividade, o tratamento em que as plantas foram apenas inoculadas obteve menor quantidade em kg ha^{-1} , com uma queda de 30% no rendimento em comparação com os dois demais tratamentos. Isso provavelmente ocorreu pela redução dos 10% do sistema radicular do tratamento T2. A consequência dessa redução do comprimento radicular é uma menor área de exploração do solo, com menor absorção de água, e nutrientes (FAGERIA; MOREIRA, 2011), comprometendo a parte aérea e a produção de fotossíntese, que teve influência nas estruturas vegetativas, reduzindo o desenvolvimento de plantas (Figura 3) bem como na translocação de fotoassimilados para estrutura reprodutiva, com efeito direto na produtividade. O tratamento fertilizado (T1) e o tratamento de fertilização associado com bactérias solubilizadoras de P (T3), obtiveram respectivamente, 4680 e 4980 kg ha^{-1} , não se diferindo significante os dois tratamentos em produtividade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que a utilização apenas da inoculação com bactérias solubilizadoras de P não supriu a necessidade de P da cultura do triticale, resultando em uma queda drástica na produtividade. E ainda, que a utilização do inoculante não resultou em solubilização de P no solo em nenhum dos tratamentos em que foi submetido. Entretanto, o tratamento T3 mostrou superioridade em todos os parâmetros avaliados confrontado com o T2. Ao compará-lo com o T1 observou-se diferença estatística no comprimento de plantas no estágio de 1º nó e emborrachamento, porém não se diferiu no perfilhamento e florescimento. Ao avaliar os componentes de rendimento o T3 proporcionou um aumento no comprimento e número de grãos por espiga, entretanto não se diferiu no comprimento radicular e produtividade.

Sendo assim, conclui-se que a associação da fertilização habitual de plantio com incremento do solubilizador de P torna-se uma opção favorável, pois, obtêm-se bons resultados no crescimento e desenvolvimento das plantas bem como nos fatores relacionados ao rendimento e produtividade da cultura.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ele me permitir chegar até aqui, e por todas as graças e conquistas que ele tem me proporcionado.

Aqueles que são à base da minha vida, meus familiares. Meu pai João Alberto Grande, minha mãe Verônica Rak Grande e meus irmãos Thiago Alberto Grande e Camila Grande. Obrigado por todo amor e carinho e por estarem sempre ao meu lado me apoiando e me incentivando, nos momentos de alegrias e dificuldades. Meu eterno agradecimento.

Aos demais familiares, tios, tias, padrinhos, madrinhas, compadres, afilhados, primos e primas. Em especial a minha prima Julia Grande de França por toda a ajuda pessoal e educacional no decorrer da graduação.

Meu carinho ao grande mestre Seraphim Coelho Junior pela amizade e por todo o aprendizado técnico e principalmente humano que adquiri durante período em que estagiei contigo, com certeza todas as experiências compartilhadas são ensinamentos que levarei para o resto da vida.

Ao Sr Paulo Greggio, Ines Strapasson Greggio, Fernando José Greggio e Francine Larissa Greggio por me oportunizarem o estágio de conclusão de curso e por todo carinho, acolhida e conhecimento compartilhado durante esse período.

A faculdade UCP e a todo o corpo docente que teve parte em minha formação acadêmica, em especial a coordenadora do curso de Engenharia Agrônômica, Prof Dra Andricia Verlindo, e ao meu querido orientador Prof Dr Ricardo Cardoso Fialho, obrigado por toda ajuda e contribuição no decorrer da implantação do experimento e no trabalho de conclusão de curso, com toda certeza foram dicas valiosas que enriqueceram ainda mais o trabalho desenvolvido.

A todos meus incontáveis amigos, que fica até difícil mencionar todos os nomes, mas que fizeram parte da minha infância e ainda fazem parte da minha vida. E principalmente aqueles que tive o privilegio de conhecer durante a graduação, em especial ao Romualdo, Andrei, Gisele, Vanessa, Robson, Nayara, João Lucas, Adriano, Miguel, por todos os trabalhos e atividades que desenvolvemos juntos, e principalmente por todos os momentos de alegrias que pudemos compartilhar durante esse período.

Enfim a todos que de uma forma ou outra fazem parte da minha vida e da minha formação profissional, meu sincero, carinhoso e fraterno agradecimento.

6. REFERÊNCIAS

- BAGGIE, I., ROWELL, D. L., ROBINSON, J. S., WARREN, G. P., **Decomposition and phosphorus release from organic residues as affected by residue quality and added inorganic phosphorus.** *Agroforestry Systems* 63, 125 e 131, 2004.
- BAIER, A. C.; NEDEL, J. L.; REIS, E. M.; WIETHÓLTER, S. **Triticale: cultivo e aproveitamento.** Passo Fundo: EMBRAPA- CNPT, 1994. 72 p.
- BRAGA, N. R. MASCARENHAS, H. A. A. BULISANI, E. A. RAIJ, B. van; FEITOSA, C. T. & HIROCE, R. **Eficiência agrônômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja.** *R. Bras. Ci. Solo*, 153:315-319, 1991.
- CABRAL, B. V. **Biossolubilização de fósforo proveniente de concentrado de rocha fosfática por *Trichoderma harzianum* em diferentes biorreatores.** Tese de doutorado da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2016
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V.1, n.1. Brasília, 2019. Disponível em: [HTTP://www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em 10 de agosto de 2020.
- FAGERIA, N. K; MOREIRA, A. **The role of mineral nutrition on root growth of crop plants.** *Advances in Agronomy*, New York, v. 110, n. 1, p. 251-331, 2011.
- GLOSER, V. & GLOSER, J. 1996. **Acclimation capability of *Calamagrostis epigejos* and *C. arundinaceae* to changes in radiation environment.** *Photosynthetica* 32: 202-212.
- HALL, D. O., SCURLOCK, J. M., BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R., LEEGOOD, R. C. & LONG, S. P. 1993. **Photosynthesis and production in a changing environment.** A field and laboratory manual, Chapman & Hall, London.
- HAMMAMI, I. RHOUMA, A. JAOUADI, B. REBAI, A.; NESME, X. **Optimization and biochemical characterization of a bacteriocin from a newly isolated *Bacillus subtilis* strain 14B for biocontrol of *Agrobacterium* spp. strains.** *Letters in Applied Microbiology*, v.48, p.253–260, 2009.
- JARAMILLO, J. E. P.; MENDES, R.; RAAIJMAKERS, J. M. L, ALVES. MENDOZA, E. A. SILVA FILHO, G. N. **Microrganismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de pinus e eucalipto.** *R. Bras. Ci. Solo*, 26:939-947, 2002.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*, Justus Perthes, Gotha. 1928.
- LAMBERS, H. et al. **Leaf manganese accumulation and phosphorus- acquisition efficiency.** *Trends in Plant Science*, v. 20, n. 2, p. 83–90, 2015.
- LÓPEZ-BUCIO, J. CRUZ-RAMIREZ, A. HERRERA-ESTRELLA, L. **The role of nutrient availability in regulating root architecture.** *Current Opinion in Plant Biology*, London, v. 6, p. 280- 287, 2003.
- LU, J.; GAO, X.; DONG, Z. M. G. T. L. **Mobilization of Rock Phosphate Phosphorus through Bacterial Inoculants to Enhance Growth and Yield of Wetland Rice.** *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Volume 42, Issue 3, 2011. JARAMILLO,

J. E. P.; MENDES, R.; RAAIJMAKERS, J. M. **Impact of plant domestication on rhizosphere microbiome assembly and functions**. *Plant Molecular Biology*, v. 90, p. 635–644, 2015.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980.

MANJULA, K.; PODILE, A. R. **Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1**. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, v.21, p.1057–1062, 2005.

MATTOS, B. B. PAIVA, C. A. O. GOMES, E. A. BARBOSA, M. V. BARACHO, A. O. MCLAUGHLIN, M. J., ALSTON, A. M., MARTIN, J. K., 1988. **Phosphorus cycling in wheat pasture rotations**. II. The role of the microbial biomass in phosphorus cycling. *Australian Journal of Soil Research* 26, 333 e 342.

MOREIRA et. al. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

NOVAIS, R. F. et al. **Fósforo**. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1117p.

NZIGUHEBA, G.; BÜNEMANN, E. K. **Organic phosphorus dynamics in tropical agroecosystems**. In: *Organic phosphorus in the environment*. CABI Publishing, 2005. p. 243-268.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de PROCHNOW, L. I. KLEPKER, D. **Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate**. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 376-385, 2011.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Ceres, 1991. 343p.

RAJAPAKSHA, R. M. C. P. HERATH, D. SENANAYAKE, A. P. & SENEVIRATHNE, SANTOS, D. R. GATIBONI, L.C. KAMINSKI, J. **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586. 2008.

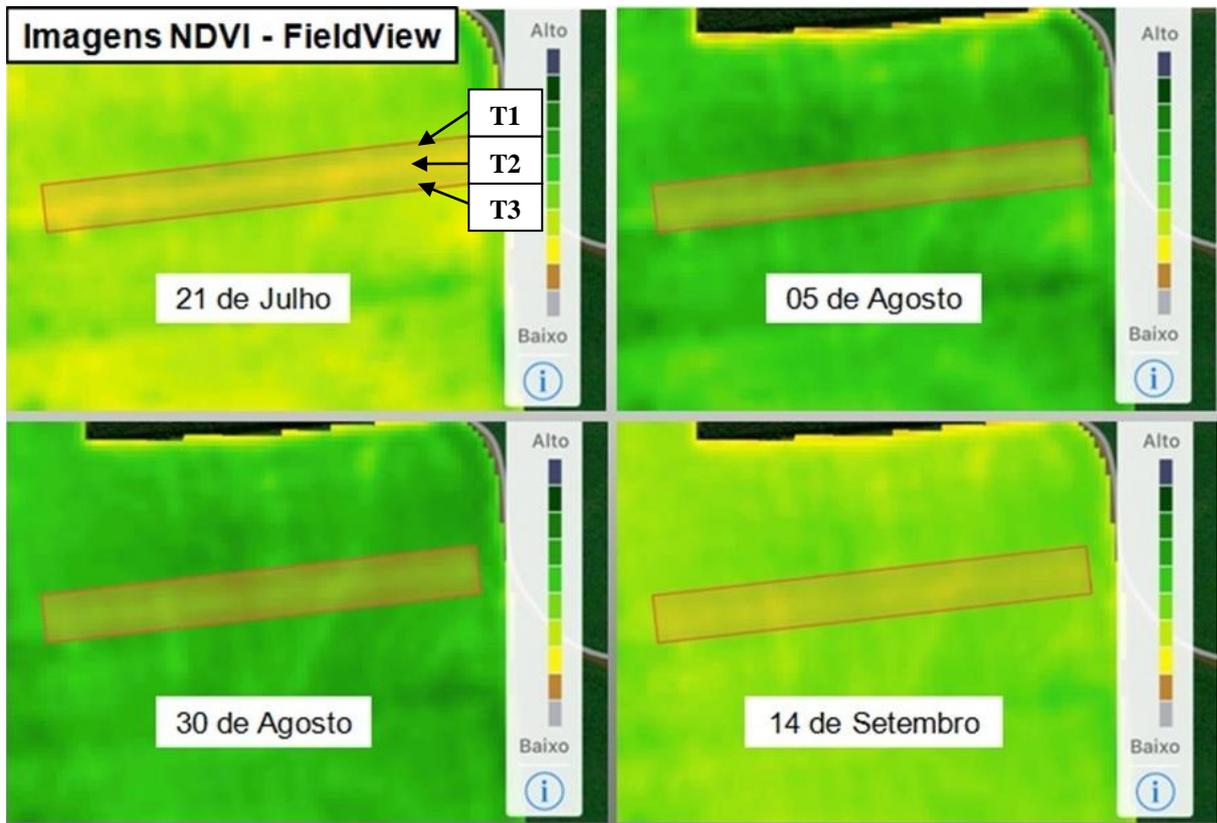
Site: Embrapa. **Embrapa e Bioma lançam primeiro inoculante nacional para fósforo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45883415/embrapa-e-bioma-lancam-primeiro-inoculante-nacional-para-fosforo>. Acesso em 10 de outubro de 2019.

Site: Embrapa. **Produto com tecnologia brasileira pode reverter dependência externa por adubos fosfatados**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45773416/produto-com-tecnologia-brasileira-pode-reverter-dependencia-externa-por-adubos-fosfatados>. Acesso em 10 de outubro de 2019.

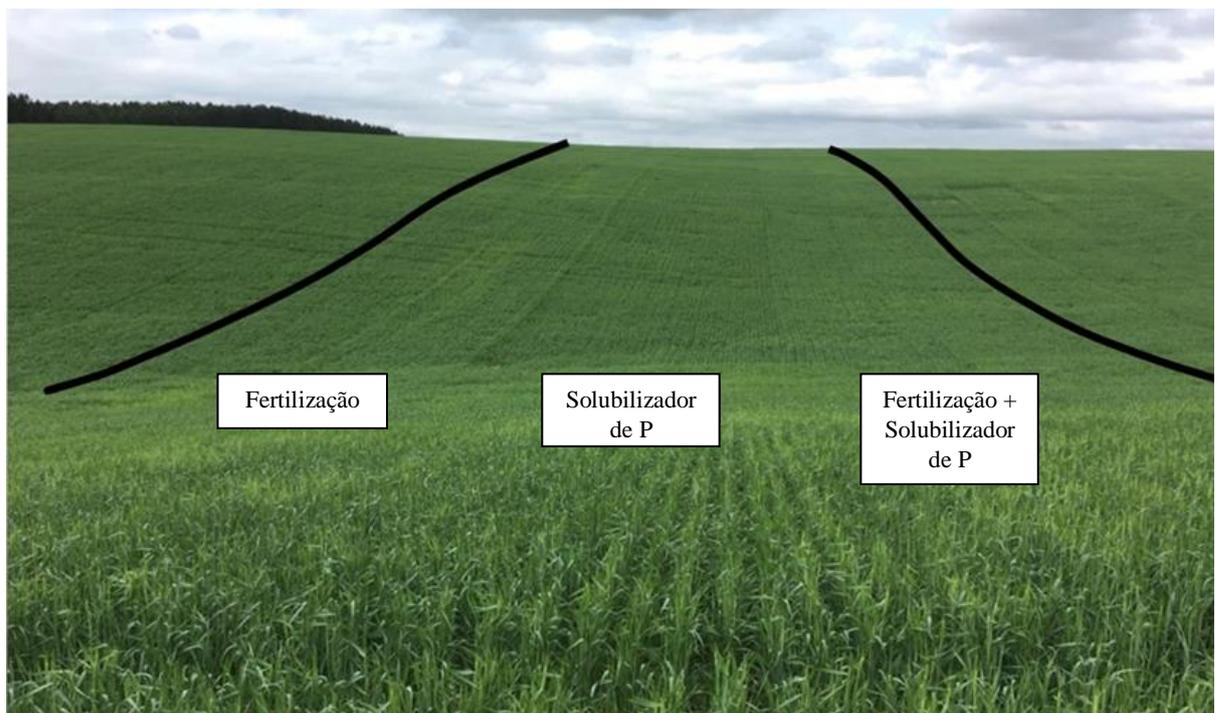
SOARES, E. A. C. MARRIEL, I.E. **Sobrevivência em Biopolímeros e Potencial de Bactérias Solubilizadoras de Fósforo in vitro**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Águas de Lindóia, 2012.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

7. ANEXOS



Anexo 1: Imagens NDVI de monitoramento de área foliar via satélite, sob diferentes tratamentos com fertilizantes e inoculação de sementes, no período de 21/07/2020 a 14/09/2020. Fonte: CLIMATE FieldView (2020).



Anexo 2: Foto da área instalada o experimento, sob os diferentes tratamentos com ou sem adição de fertilizante e inoculante. Fonte: Autor, 2020.



Anexo 3: Foto do sistema radicular do triticales, sob os diferentes tratamentos com ou sem adição de fertilizante e inoculante. Fonte: Autor, 2020.