Eficiência de inoculante contendo *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084) para a cultura do milho, associado à fertilização fosfatada

Inoculant efficiency containing *Bacillus megaterium* (B119) and *Bacillus subtilis* (B2084) for maize culture, associated with phosphate fertilization

Eficiencia de inoculante que contiene *Bacillus megaterium* (B119) y *Bacillus subtilis* (B2084) para cultivo de maíz, asociado a fertilización con fosfato

Recebido: 21/02/2021 | Revisado: 05/03/2021 | Aceito: 16/04/2021 | Publicado: 25/09/2021

Vandeir Francisco Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7117-1905>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: vandeirfg@yahoo.com.br

Jeferson Klein

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2075-362X>

Biogenesis Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Ltda, Brasil

E-mail: jefersonklein@yahoo.com.br

Andre Silas Lima Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8189-2351>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: andresilass@gmail.com

Débora Kestring Klein

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5443-642X>

Biogenesis Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Ltda, Brasil

E-mail: deborakestring@yahoo.com.br

Resumo

Neste estudo objetivou-se avaliar a eficiência do inoculante contendo *Bacillus megaterium* (B119) e *B. subtilis* (B2084), na cultura do milho, via tratamento de sementes, associado à adubação fosfatada. Conduziu-se o estudo de fevereiro a agosto de 2018 nos municípios de Toledo, Palotina, São Miguel do Iguaçu e Santa Tereza do Oeste, no Paraná. Utilizou-se o milho Pioner® 30F53 YH e delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. T1- controle; T2- 50% de adubação fosfatada; T3- 100% de adubação fosfatada; T4- 50% de adubação fosfatada e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Em V10 avaliou-se altura da planta, diâmetro do colmo, massa seca de folhas, colmo+bainha e total. Na emissão da inflorescência feminina determinou-se os teores de N, P e K foliares. Na colheita, mensurou-se comprimento e diâmetro, número de fileiras de grãos e número de grãos por fileira na espiga, massa de mil grãos, produtividade e teores de N, P e K nos grãos. O inoculante líquido contendo *B. megaterium* (B119) e *B. subtilis* (B2084), na dose de 100 mL por 60.000 sementes, com metade da dose de fósforo resultou em produtividade estatisticamente superior ao controle e ao tratamento com metade da dose de fósforo, sem inoculação e semelhante ao tratamento com dose de fósforo recomendada para a cultura.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Solubilização de fosfato; Adubação fosfatada; Inoculação de sementes e produtividade.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the efficiency of the inoculant containing *Bacillus megaterium* (B119) and *B. subtilis* (B2084), in the corn crop, via seed treatment, associated with phosphate fertilization. The study was conducted from February to August 2018 in the municipalities of Toledo, Palotina, São Miguel do Iguaçu and Santa Tereza do Oeste, in Paraná. Pioner® 30F53 YH corn was used in a randomized complete block design, with seven treatments and four replications. T1- control; T2- 50% phosphate fertilization; T3- 100% phosphate fertilization; T4- 50% phosphate fertilization and inoculation (50 mL per 60,000 seeds); T5- 50% phosphate fertilization and inoculation (100 mL per 60,000 seeds); T6- 50% phosphate fertilization and inoculation (150 mL per 60,000 seeds); and T7- 50% phosphate fertilization and inoculation (200 mL per 60,000 seeds). In V10, plant height, stem diameter, leaf dry mass, stem+sheath and total were evaluated. In the female inflorescence emission, the contents of N, P and K in the leaves were determined. At harvest, length and diameter, number of grain rows and number of grains per row in the ear, mass of a thousand grains, yield and N, P and K contents in the grains were measured. The liquid inoculant

containing *B. megaterium* (B119) and *B. subtilis* (B2084), at a dose of 100 mL per 60,000 seeds, with half the phosphorus dose resulted in a statistically higher productivity than the control and treatment with half the phosphorus dose, without inoculation and similar to the treatment with the dose of phosphorus recommended for the culture.

Keywords: *Zea mays* L.; Phosphate solubilization; Phosphate fertilization; Seed inoculation and productivity.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia del inoculante que contiene *Bacillus megaterium* (B119) y *B. subtilis* (B2084), en cultivo de maíz, vía tratamiento de semillas, asociado a fertilización fosfatada. El estudio se realizó de febrero a agosto de 2018 en los municipios de Toledo, Palotina, São Miguel do Iguazu y Santa Tereza do Oeste, en Paraná. Se utilizó maíz Pioner® 30F53 YH en un diseño de bloques completos al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. T1- control; T2- Fertilización con fosfato al 50%; T3- Fertilización con fosfato al 100%; T4- Fertilización e inoculación con fosfato al 50% (50 mL por 60.000 semillas); T5- Fertilización e inoculación con fosfato al 50% (100 mL por 60.000 semillas); T6- Fertilización e inoculación con fosfato al 50% (150 mL por 60.000 semillas); y T7- Fertilización e inoculación con fosfato al 50% (200 mL por 60.000 semillas). En el V10 se evaluó la altura de la planta, el diámetro del tallo, la masa seca de la hoja, el tallo + vaina y el total. En la emisión de la inflorescencia femenina se determinó el contenido de N, P y K en las hojas. En la cosecha se midió el largo y diámetro, el número de hileras de granos y el número de granos por hilera en la mazorca, la masa de mil granos, el rendimiento y los contenidos de N, P y K en los granos. El inoculante líquido que contiene *B. megaterium* (B119) y *B. subtilis* (B2084), a una dosis de 100 mL por 60.000 semillas, con la mitad de la dosis de fósforo resultó en una productividad estadísticamente mayor que el control y el tratamiento con la mitad de la dosis de fósforo, sin inoculación y similar al tratamiento con la dosis de fósforo recomendada para el cultivo.

Palabras clave: *Zea mays* L.; Solubilización de fosfato; Fertilización con fosfato; Inoculación de semillas y productividad.

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais cultivado no Brasil e no mundo. Apresenta grande relevância no contexto econômico e produtivo no Brasil. Com isso, para fortalecer ainda mais a cultura no país, novas técnicas surgem com a finalidade de contribuir com aumento de produtividade de forma sustentável.

Os sistemas produtivos no Brasil e na maior parte do mundo, têm sido baseados em monocultivo ou sucessões de culturas de grande interesse econômico. No Brasil pode-se destacar a sucessão soja e milho de segunda safra, bem como o cultivo de milho no verão, quando não é possível por impedimentos climáticos a produção deste cereal em segunda safra. Estes sistemas são frágeis, quando se considera a sustentabilidade do setor produtivo, mas atendem as demandas econômicas de curto prazo estabelecidas pelo capitalismo. Sendo assim, técnicas que visem minimizar o impacto deste sistema, principalmente no tocante a uso excessivo de fertilizantes, estão sendo bem aceitas e são alvo de pesquisas nas últimas décadas.

O cultivo de cereais demanda grandes quantidades de nutrientes para atingir altos rendimentos. A adição de fertilizantes sintéticos é a principal via utilizada pela agricultura convencional. Os nutrientes adicionados em cultivos de larga escala estão sujeitos a grandes perdas principalmente por lixiviação, volatilização e erosão do solo. Cerca de 50% do nitrogênio (N) adicionado como fertilizante é perdido pela lixiviação e volatilização. Especialmente em solos intemperizados, como ocorrem em grande parte das áreas cultivadas no Brasil, o fósforo (P) possui forte grau de interação com o solo (Gonçalves et al., 1985). Isto requer recomendação de altas doses deste nutriente em função de sua baixa eficiência de aproveitamento que está relacionada à elevada capacidade de adsorção pelo solo, notadamente sob culturas de ciclo curto, como o milho (Bastos et al., 2010).

Apesar da cultura do milho possuir alta eficiência no uso de N e P (Fritsche-Neto et al., 2012), o enraizamento de plantas de milho deve apresentar desenvolvimento adequado para maior absorção de nutrientes do solo, sobretudo para elementos de baixa mobilidade como o P (Zhu; Lynch, 2004). Nas últimas décadas, estudos sobre a utilização de microrganismos visando melhorar a exploração do solo para maior absorção de nutrientes, bem como a solubilização do fósforo, tornando-o disponível às plantas de interesse econômico como a soja e o milho têm sido alvos de pesquisas.

Neste contexto, além da promoção de crescimento de plantas proporcionada pela indução de fitohormônios, algumas espécies de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) possuem a capacidade de solubilização de fosfato. Baldotto et al. (2012) relataram maior acúmulo de N e P foliar em plantas milho inoculadas com bactérias diazotróficas e solubilizadoras de fosfato, quando comparado ao sem inoculação.

Com base nos resultados já apresentados na literatura e com esta nova tendência são viáveis estudos que visem desenvolver inoculantes contendo BPCV com habilidade para solubilização e aumento da disponibilidade e eficiência na absorção de P para as plantas, considerando a difícil dinâmica deste nutriente no solo, o qual pode limitar o desenvolvimento e produtividade das culturas.

Diante das justificativas apresentadas e contextualização quanto ao estado da arte da pesquisa com BPCV, objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficiência agrônômica a campo do inoculante líquido contendo isolados de *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084), para a cultura do milho, via tratamento de sementes, associado à adubação fosfatada.

2. Metodologia

Local experimental

O estudo foi conduzido em quatro localidades: Toledo (coordenadas UTM 23084.02 m E 7268830.92 m S), Palotina (UTM 212782.73 m E 7310016.29 m S), São Miguel do Iguaçu (UTM 780443.53 m E 7189459.98 m S) e Santa Tereza do Oeste (UTM 23806.32 m E 7224424.66 m S). Todas no estado do Paraná. Os ensaios foram realizados de fevereiro a agosto de 2018. A seguir, estão as coordenadas geográficas, altitude e tipo de solo, das áreas (EMBRAPA, 2013).

Determinação do solo e condições climáticas durante a condução do experimento

As caracterizações químicas e físicas dos solos das áreas experimentais foram realizadas através da análise de material, proveniente de amostras compostas por dez subamostras em cada área experimental, na profundidade de 0 a 0,20 m. Os resultados são apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo coletado na camada de 0,0-0,2m proveniente da Estação Experimental Biogenesis, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, localizada no município de Toledo - PR, 2018.

Características químicas (a)										
pH	V	P	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC
CaCl ₂	- % -	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----			cmol _c dm ⁻³	-----		
6,16	80,10	47,45	32,91	6,62	1,00	0,34	0,20	2,83	11,3	11,57
Características granulométricas										
Argila			Silte				Areia			
-----			g Kg ⁻¹				-----			
453			354				193			

(P,K, Micronutrientes) Extrator Mehlich-1;(Al, Ca, Mg) Extrator KCl 1 mol L⁻¹; (H+Al) pH SMP (7,5); (pH) Extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. Análise realizada no Laboratório PrimorLab localizado na cidade de Assis Chateaubriand, PR. Fonte: Autores.

Tabela 2. Características químicas e granulométricas do solo coletado na camada de 0,0-0,2 m proveniente da propriedade Mosconi, localizada no município de Palotina/PR, 2018.

Características químicas (b)										
pH	V	P	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC
CaCl ₂	- % -	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----			cmol _c dm ⁻³	-----		
6,60	82,37	67,95	28,21	6,60	1,11	0,52	0,20	2,36	11,04	11,24
Características granulométricas										
Argila			Silte				Areia			
-----			g Kg ⁻¹				-----			
419			336				245			

(P,K, Micronutrientes) Extrator Mehlich-1;(Al, Ca, Mg) Extrator KCl 1 mol L⁻¹; (H+Al) pH SMP (7,5); (pH) Extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. Análise realizada no Laboratório PrimorLab localizado na cidade de Assis Chateaubriand, PR. Fonte: Autores.

Tabela 3. Características químicas e granulométricas do solo coletado na camada de 0,0-0,2 m proveniente da propriedade Kestring, localizada no distrito de São Jorge, município de São Miguel do Iguaçu/ PR, 2018.

Características químicas (c)										
pH	V	P	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC
CaCl ₂	- % -	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----			cmol _c dm ⁻³	-----		
5,15	54,47	7,65	21,50	3,58	1,61	0,25	0,15	4,07	4,87	5,02
Características granulométricas										
Argila			Silte				Areia			
-----			g Kg ⁻¹				-----			
694			260				46			

(P,K, Micronutrientes) Extrator Mehlich-1;(Al, Ca, Mg) Extrator KCl 1 mol L⁻¹; (H+Al) pH SMP (7,5); (pH) Extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. Análise realizada no Laboratório PrimorLab localizado na cidade de Assis Chateaubriand, PR. Fonte: Autores.

Tabela 4. Características químicas e granulométricas do solo coletado na camada de 0,0-0,2 m proveniente da propriedade Organact, localizada no município de Santa Tereza do Oeste/PR, 2018.

Características químicas (d)										
pH	V	P	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC
CaCl ₂	- % -	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----			cmol _c dm ⁻³	-----		
5,58	65,71	28,55	31,57	4,60	1,41	0,60	0,20	3,75	7,18	7,38
Características granulométricas										
Argila			Silte				Areia			
-----			g Kg ⁻¹				-----			
501			356				143			

(P,K, Micronutrientes) Extrator Mehlich-1;(Al, Ca, Mg) Extrator KCl 1 mol L⁻¹; (H+Al) pH SMP (7,5); (pH) Extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. Análise realizada no Laboratório PrimorLab localizado na cidade de Assis Chateaubriand, PR. Fonte: Autores.

Em relação à correção destes solos, quando necessário, foi realizada dias antes da semeadura, para a elevação da saturação de bases para 70% conforme EMBRAPA, (2011). A adubação de base foi realizada segundo a recomendação de Foloni et al. (1974).

Segundo a classificação de Köppen e Geiger, (1928), a região de São Miguel do Iguaçu e Santa Tereza do Oeste possui clima regional Subtropical Úmido Mesotérmico com verões quentes (temperatura média de 20,0°C e 22,0°C de temperatura e 1755 e 1680 mm de pluviosidade, para as respectivas regiões). Quanto às regiões de Toledo e Palotina, estas

possuem clima quente e temperado com verões quentes (temperatura média de 19,4 e 20,8 de temperatura e 1483 e 1508 mm de pluviosidade, para as respectivas regiões).

Independentemente da região, observa-se tendência a concentração de chuvas e invernos com geadas pouco frequentes. Os dados meteorológicos das quatro áreas experimentais durante a condução dos experimentos são apresentados na Figura 1 A, B, C e D.

Figura 1. Dados médios de pluviosidade, temperatura mínima (...), temperatura média (---) e temperatura máxima (—), das diferentes localidades: A) Toledo - PR; B) Palotina - PR; C) São Miguel do Iguaçu - PR e D) Santa Tereza do Oeste/PR, durante o período de outubro de 2018.

Fonte: Autores.

Número mais provável (NMP) de bactérias diazotróficas endofíticas presentes nos solos das áreas experimentais

A contagem de microrganismos diazotróficos para determinação da população de bactérias em número de células por mL, foi realizada através da estimativa do número mais provável (NMP) usando a tabela de MacCrady em meio semi-sólido NFB, de acordo com metodologia descrita por Döbereiner et al. (1995).

Os resultados da contagem de microrganismos diazotróficos nos solos dos experimentos, das quatro áreas experimentais, no momento da semeadura apresentavam população de: $2,7 \times 10^5$ (Toledo/PR); $2,3 \times 10^5$ (Palotina/PR); $3,1 \times 10^4$ (São Miguel do Iguaçu/PR) e $1,5 \times 10^4$ (Santa Tereza do Oeste/PR), Unidade Formadoras de Colônias (UFC) g^{-1} de bactérias diazotróficas.

Segundo a empresa, que forneceu o inoculante para o estudo, este apresenta as seguintes características: garantia: $1,0 \times 10^{10}$ UFC/mL de *Bacillus megaterium* (isolado B119) e *B. subtilis* (isolado B2084); natureza física: fluida; densidade: 1,2 g/mL; cultura a que se destina: Milho (*Zea mays* L.); lote: 001 2018; fabricação: 12/2017 e validade: 12/2020.

Material vegetal

Para os quatro experimentos utilizou-se o milho híbrido Pioner® 30F53 YH, o qual apresenta as características de híbrido simples, ciclo precoce (870 unidades de graus dia), grão semiduro amarelo-alaranjado, colmo com alta sanidade e boa resistência ao quebramento; altura 2,20 a 2,40 m; inserção de espiga 1,25 a 1,40 m; folhas semieretas; utilizado para produção de grãos.

Delineamento experimental e tratamentos

Os quatro ensaios foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais cada. Os ensaios foram constituídos dos seguintes tratamentos: : T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação das sementes com o inoculante na dose de 50 mL por 60.000 sementes; T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação das sementes com o inoculante na dose de 100 mL por 60.000 sementes; T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação das sementes na dose de 150 mL por 60.000 sementes; T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação das sementes na dose de 200 mL por 60.000 sementes.

A formulação recomendada para a fertilização de N, P e K para o cultivo foi: 80 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (N) “ureia”; 200 kg ha⁻¹ de Fósforo (P) “superfosfato triplo” e 100 kg ha⁻¹ Potássio (K) “cloreto de potássio”. Esta adubação foi realizada em duas aplicações. A primeira foi na adubação de semeadura com 100 % do P para o tratamento T3 e 50 % do P para os tratamentos T2, T4, T5, T6 e T7. Aplicou-se ainda na semeadura, 50% do N e K para os tratamentos T2, T3, T4, T5, T6 e T7. O tratamento T1 (controle) não recebeu adubação. A segunda aplicação de fertilizantes foi realizada a lanço, em cobertura, no estágio V6, com 50 % de N e K para os tratamentos T2, T3, T4, T5, T6 e T7.

Implantação e condução do experimento

Anteriormente à semeadura do milho, as áreas foram dessecadas com herbicida glifosato na dose de 4 L do p.c. ha⁻¹. Neste momento foram coletados os restos culturais em 10 pontos de cada área experimental, nas quatro áreas experimentais, com auxílio de um quadrado de metal de 1,0 m², as quais foram pesadas, secas em estufa a 65°C e enviadas para análise dos teores de N, P e K nas amostras. Os resultados de massa seca da palhada foram: 15,3; 9,3; 8,7 e 7,5 T ha⁻¹, respectivamente, para as quatro áreas experimentais, nos municípios de Toledo/PR, Palotina/PR, São Miguel do Iguaçu/PR e Santa Tereza do Oeste/PR.

De posse dos resultados de massa seca da palhada e dos teores de N, na massa seca da palhada, foram efetuados os cálculos de acúmulo nutricional, visando determinar a quantidade de nutrientes (N, P e K) acrescida na área pela palhada de cultivos antecessores, cujos resultados foram de 20; 6,8 e 13 kg ha⁻¹ de N, P e K para a área experimental de Toledo/PR; 16, 14 e 21 kg ha⁻¹ de N, P e K para a área experimental de Palotina/PR; e 8, 23 e 30 kg ha⁻¹ de N, P e K para a área experimental de São Miguel do Iguaçu/PR e 11, 6 e 14 kg ha⁻¹ de N, P e K para a área experimental de Santa Tereza do Oeste/PR, respectivamente.

Os quatro experimentos foram implantados com as seguintes datas de semeadura: Toledo/PR (15 de fevereiro de 2018), Palotina/PR (22 de fevereiro de 2018), São Miguel do Iguaçu/PR (20 de fevereiro de 2018) e Santa Tereza do Oeste/PR (25 de fevereiro de 2018).

Anteriormente à inoculação das sementes, estas foram tratadas com fungicida Captan 750 TS na dose de 0,2 kg 100 kg⁻¹ de sementes, bem como, com o inseticida CropStar na dose de 0,2 L 100 kg⁻¹ de sementes.

Ainda, anteriormente à semeadura, para a inoculação das sementes foram retiradas alíquotas de inoculantes segundo os cálculos recomendados para cada tratamento, por meio de uma micropipeta modelo Micronam com capacidade de até 10 mL. As sementes foram acondicionadas em sacos de plástico de alta densidade, sendo 2,0 kg de sementes de milho para cada tratamento, onde foi diretamente depositado sobre estas os inoculantes conforme os tratamentos. Em seguida os sacos plásticos foram inflados e a massa de sementes agitada por aproximadamente dois minutos para uniformizar a distribuição do inoculante nas sementes. Sessenta minutos após a inoculação foi efetuada a semeadura, sendo este o procedimento padrão para os quatro experimentos.

A semeadura dos quatro ensaios foi realizada com o auxílio de semeadora manual (matracas), distribuindo-se cinco sementes por metro no sulco de semeadura, tendo alcançado população final de 70.000 plantas ha⁻¹. Cada parcela experimental foi constituída de 6 linhas de 0,70 m de espaçamento, com 6 m de comprimento e 4,2 m de largura, totalizando área de 25,2 m² por parcela, distanciadas entre si por 1 m, e área total de 604,80 m². Para obtenção da área útil das parcelas foram desconsideradas as linhas laterais externas e 1,0 m das extremidades das linhas de cada parcela. Durante a condução dos experimentos, os controles de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados de acordo com as necessidades da cultura (EMBRAPA, 2012).

Avaliação morfométricas das plantas no estágio vegetativo

Para os quatro ensaios, as avaliações morfométricas foram obtidas pela média da avaliação de 10 plantas de milho ao atingirem o estágio fenológico de V10. Foi avaliada a altura da planta (ALT), realizada com o auxílio de uma régua graduada, onde foi definida como sendo à distância do nível do solo até a folha mais alta da planta, expresso em mm; e diâmetro basal do colmo (DC), realizado com o auxílio de paquímetro digital, em mm. Em seguida as plantas foram seccionadas na base e separadas em folha e colmo+bainha. Posteriormente, ambas as partes foram acondicionadas separadamente em sacos de papel Kraft devidamente etiquetados e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante. Em seguida, a massa seca das estruturas vegetais foi determinada em balança de precisão obtendo a massa de matéria seca de folhas (MSF), massa de matéria seca de colmo+bainha (MSCB) e massa de matéria seca total (MST).

Determinação do teor de N, P e K no tecido foliar e nos grãos

Para os quatro ensaios, no estágio fenológico relativo à emissão da inflorescência feminina, foram coletadas as folhas da região oposta e abaixo da espiga principal de dez plantas de cada parcela útil. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingirem massa constante e armazenadas para posterior análise dos teores de N, P e K.

Após a colheita das espigas e debulha dos grãos, que será detalhada posteriormente, foram retiradas amostras de grãos correspondentes a cada parcela experimental. Estas amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem massa constante.

As amostras de folhas e grãos foram moídas e submetidas à digestão sulfúrica. Segundo a metodologia da Embrapa (2009) foi realizada a destilação por arraste de vapores, determinando-se então o teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos tecidos que foram expressos em g kg⁻¹ de massa de matéria seca de folha e grão.

Avaliação dos componentes da produção e produtividade

A colheita dos quatro experimentos foi realizada nas seguintes datas: Município de Toledo/PR (06de agosto de 2018); Palotina/PR (02de agosto de 2018); São Miguel do Iguaçu/PR (15de agosto de 2018) e Santa Tereza do Oeste/PR (13 de agosto de 2018).

Os componentes da produção foram determinados pela amostragem de dez espigas por parcela útil. As avaliações realizadas foram: comprimento de espiga (CE), expresso em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF) e massa de mil grãos (MMG), expresso em g.

Para a determinação da produtividade de grãos, todas as espigas da parcela útil foram trilhadas e os grãos pesados. Aos resultados foram acrescidos os valores da massa de mil grãos das dez espigas utilizadas para avaliação dos componentes de produção, sendo posteriormente transformados em kg ha⁻¹, corrigindo-se os valores para 13% de umidade na base úmida.

Tabulação e análise estatística dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste de Fisher-Snedecor (teste F) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). As análises foram efetuadas utilizando-se o programa computacional GENES da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (CRUZ, 2006).

3. Resultados

Ensaio conduzido no município de Toledo/PR

Ao avaliar os resultados da análise de variância dos dados referentes ao estágio fenológico V10 na fase vegetativa das plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH nas condições testadas, obtidos para a área do município de Toledo/PR, verifica-se que a altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DCB); massa seca de colmo+bainha (MSCB); massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST) apresentaram efeitos significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância e comparação de médias para altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DBC), massa de matéria seca de folhas (MSF), massa de matéria seca de colmo+bainha (MSCB), massa de matéria seca total (MST) e teor de nitrogênio nas folhas (TEN), de plantas de milho híbrido cultivar Pioneer® 30F53 YH, Município de Toledo/PR, 2018.

TRA	ALT	DBC	MSCB	MSF	MST
	cm	mm	g	G	g
T1	28,73 b	6,83 c	7,15 d	8,29 c	15,44 d
T2	34,31 b	7,40bc	9,89 c	10,44bc	20,32cd
T3	42,27 a	8,35ab	13,99 a	15,09 a	29,08 a
T4	35,20 b	7,71 abc	10,78bc	12,18 abc	22,96bc
T5	46,38 a	8,55 a	14,07 a	14,88ab	28,95 a
T6	44,90 a	8,41ab	13,36ab	13,36ab	26,72ab
T7	43,86 a	8,15ab	13,52 a	14,81ab	28,33 a
C.V.	19,70	15,96	19,42	15,51	18,89
D.M.S.	16,66	1,10	2,60	4,61	5,10
F	29,69**	7,08**	22,38**	6,88**	22,72**

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

Na mesma tabela, nota-se que as plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH que receberam 50% da dose de fosforo (100 kg de P ha⁻¹) na presença de 100 mL de inoculante (T5), proporcionaram o maior incremento na altura das plantas de milho (ALT), seguidos pelos tratamentos (T6), (T7) e a dose cheia do fornecimento de fosforo e ausência de inoculação (T3), todos estes superaram os demais tratamentos. O tratamento (T5), superou em 94,23% o controle (T1), seguido pelo tratamento T2 em 49,65%.

Para os valores médios do diâmetro basal do colmo das plantas de milho (DBC), o tratamento T5 superou T2, superando em 15,54% o T1, seguido pelo tratamento T2, superando em 25,18% (Tabela 5).

A matéria seca de colmo+bainha (MSCB) o tratamento T5 foi superior, seguidos pelos tratamentos T3 e T7, comparado aos tratamentos T4, T2 e T1. Para esta variável o fornecimento de 50% da recomendação da adubação de fosforo associada a 100 mL de inoculante na semente proporcionou incremento em 42,26% comparado ao tratamento T2, seguidos pelo tratamento T1 em 96,78%.

A massa seca da folha das plantas de milho (MSF) foi superior no tratamento T3, superando em 44,54% o T2, seguido pelo tratamento T1, superando em 82,03% (Tabela 5). Os tratamentos T5, T6 e T7 superaram o tratamento controle (T1) em 79,49%, 61,16% e 78,65% respectivamente.

A massa seca total das plantas de milho (MST) apresentou os maiores valores médios para o tratamento T3, seguidos pelos tratamentos T5 e T7. O tratamento T3 superou o tratamento T1 em 88,34% e T2 em 43,11%, seguidos pelos tratamentos T5 e T7 que respectivamente superaram os tratamentos T2 em 42,47% e 39,42% e T1 em 87,50% e 83,48% (Tabela 5).

Para os componentes da produção de milho da referida cultivar o comprimento de espiga (CE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF) e número total de grão por espiga (NG), apresentaram efeitos significativos pelo teste F, ($p \leq 0,01$) Quanto à massa de mil grãos (MMG), esta apresentou diferenças significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$), e para o diâmetro de espiga (DE) não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância e comparação de médias para comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF), número total de grãos por espiga (NG) e massa de mil grãos (MMG), de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH, município de Toledo/PR, 2018.

TRA	CE	DE	NFGE	NGF	NG	MMG
	cm	mm				g
T1	9,66 c	5,30	11,00 b	21,25 c	234,25 c	125,08 b
T2	12,66ab	5,96	13,00ab	23,25bc	302,50bc	135,70ab
T3	12,90ab	6,23	13,75 a	25,50ab	350,50ab	142,42ab
T4	12,32 b	6,39	13,75 a	23,75ab	326,25ab	144,19ab
T5	13,64 ab	6,16	14,50 a	26,00 a	376,50 a	156,25 a
T6	14,54 a	6,76	14,75 a	25,25ab	373,00ab	149,31ab
T7	12,58ab	5,81	14,50 a	25,75 a	372,50ab	149,19ab
C.V.	17,32	22,75	18,56	14,27	19,19	19,23
D.M.S.	2,16	1,81	2,72	2,43	71,69	30,87
F	10,71**	1,42 ^{ns}	4,97**	11,06**	11,40**	2,41*

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

O comprimento de espiga de milho (CE) foi superior no T6, superando em o T4 e o T1 em 18,02 e 50,52%, respectivamente (Tabela 7). De modo geral todos os tratamentos que recebeu a metade da dose recomendada que receberam microrganismo promotores de crescimento não diferiram do tratamento com 100% da recomendação agrônômica referente ao nitrogênio (Tabela 6). O número de fileiras de grãos por espiga (NFGE) foi superior no T6, seguidos pelos tratamentos T3, T4, T5 e T7 que superando em 34,09%, 25,00%, 25,00%, 31,82% e 31,82%, respectivamente.

Quanto ao número de grãos por fileira na espiga (NGF) este foi superior no tratamento T5, superando em 22,35% o T1 e 11,83% o T2, seguido pelos tratamentos T7, que superaram em 21,18% o T1 e 10,75% o T2, respectivamente. Diferenças para o número total de grãos por espiga (NG) foram verificadas sendo superior para o T5, superando em 60,73% o controle (T1) e 24,46% o T2. Da mesma forma, a massa de mil grãos (MMG) foi superior no T5, superando em 24,92% o T1 (Tabela 6).

Ao avaliar os resultados dos parâmetros nutricionais (teores de N, P e K foliares e de grãos) das plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH nas fases vegetativa V10 e reprodutiva; nas condições testadas para o município de Toledo/PR, verificou-se que o teor de fosforo foliar (TPF), teor de potássio foliar (TKF) e teor de potássio no grão (TKG) apresentaram efeito significativo em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$). Quanto ao teor de nitrogênio foliar (TNF), teor de nitrogênio no grão (TNG) e teor de fosforo no grão (TPG), estes apresentaram efeitos significativos em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,05$) (Figura 2).

O teor de nitrogênio foliar das plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH que receberam 50% do fornecimento nutricional de fosforo associados à inoculação de 100 mL do inoculante no tratamento de sementes (T5), apresentou os maiores valores médios. Este tratamento (T5) superou em 22,33% o T2 e 25,45% o T1 (Figura 2A).

Valores do teor de nitrogênio no grão de plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH foram maiores no tratamento (T6) seguidos de T5, T7 e T3 superando em 26,84%, 26,44%, 26,04% e 22,04% o tratamento T1 respectivamente (Figura 2B).

Os maiores valores obtidos para o teor de fosforo foliar das plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH foram observadas no tratamento T5 seguido pelo tratamento T7 comparado aos demais tratamentos com exceção de T6 (Figura 2C). Os tratamentos T5 e T7 foram superiores 36,16% e 35,35% comparados ao tratamento T3 que recebeu a dose cheia de fertilizantes (Figura 2C).

Para o teor de fosforo no grão de plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH foram observados no tratamento (T7) seguidos de T6 e T3 superando em 38,73%, 30,63% e 30,63%, respectivamente (Figura 2D).

Em relação aos teores de potássio foliar das plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH obtidos nas condições testados, nota-se superioridade no tratamento T5 comparado aos demais tratamentos, com exceção do tratamento T6 (Figura 2E). Ainda na mesma figura, observa-se que o tratamento T5 foi superior em 35,35% ao tratamento T3.

Da mesma forma, o teor de potássio no grão de plantas de milho híbrido Pioneer® 30F53 YH foi maior no tratamento (T5) em relação aos demais tratamentos (Figura 2F). Comparado ao tratamento que recebeu a dose completa de fertilizante T3, o tratamento T5 apresentou superioridade em 14,34%.

Figura 2. Teor nutricional de folha (nitrogênio “A”, fósforo “C” e potássio “E”) e grão (nitrogênio “B”, fósforo “D e potássio “F”), de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de Toledo/PR. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%. CV = 24,94%; DMS = 1139,65; e F cal = 14,01. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

A produtividade apresentou efeito significativo ao observar os dados de sua análise de variância em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 3). A produtividade média das plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH no ensaio conduzido no município de Toledo-PR foi superior para o tratamento T5, seguido do tratamento T7, superando em 16,23% o T2 e 54,52% o controle (T1) e 15,16% o T2 e 53,09% o T1 respectivamente (Figura 3). Ainda, os tratamentos T5 e T7 superaram em 5,60% e 4,62% o tratamento T3 mesmo recebendo a dose cheia de fertilizante.

Figura 3. Produtividade de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de Toledo/PR Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%. CV = 24,94%; DMS = 1139,65; e F cal = 14,01**. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

Ensaio conduzido no município de Palotina/PR

Ao avaliar os resultados da análise de variância dos dados referentes ao estágio fenológico V10 na fase vegetativa das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH nas condições testadas, obtidos para a área do município de Palotina/PR, verifica-se que a altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DCB); massa seca de colmo+bainha (MSCB); massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST) apresentaram efeitos significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância e comparação de médias para altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DBC), massa de matéria seca de folhas (MSF), massa de matéria seca de colmo+bainha (MSCB), massa de matéria seca total (MST) e teor de nitrogênio foliar (TEN), de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH, município de Palotina/PR, 2018.

TRA	ALT	DCB	MSCB	MSF	MST
	cm	mm	g	G	g
T1	17,62 c	7,78 b	8,97 b	7,53 b	16,50 b
T2	20,00 c	8,00 ab	10,71 b	9,63 b	20,35 b
T3	39,25 ab	9,41 ab	14,68 a	13,95 a	28,63 a
T4	34,37 b	8,69 ab	13,81 a	13,84 a	27,65 a
T5	41,91 a	9,65 ab	15,37 a	15,65 a	31,02 a
T6	40,46 ab	10,09 a	15,37 a	13,77 a	29,14 a
T7	41,41 a	9,01 ab	15,06 a	14,47 a	29,53 a
C.V.	18,31	20,47	18,42	11,71	17,95
D.M.S.	6,52	2,19	2,64	3,47	4,85
F	55,65**	3,30**	20,42**	15,69**	27,75**

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

Para a altura de plantas (ALT), nota-se que as plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH provenientes do tratamento T5 apresentaram os maiores valores médios seguidos do tratamento T7, superando em 109,00% e 107,05% respectivamente comparados ao tratamento T2 que recebeu a mesma dosagem de nutrientes com exceção da inoculação (Tabela 7). Quando se avalia o diâmetro basal do colmo das plantas de milho (DBC), os maiores valores foram obtidos pelo tratamento T6 superou as plantas controle (T1) em 29,69% (Tabela 7).

A matéria seca de colmo+bainha (MSCB) foi superior estatisticamente nos tratamentos T5 e T6 seguidos pelos tratamentos T7, T3 e T4, superando em 43,51%, 40,62%, 37,07% e 28,94% o tratamento T2 e 71,35%, 67,89%, 63,66% e 53,96% o controle (T1) respectivamente (Tabela 7).

Da mesma forma, a massa seca das folhas das plantas de milho (MSF), foi superior no tratamento T5 seguido dos tratamentos T7, T3, T4 e T6, superando em 62,51%, 50,26%, 44,86%, 43,74 e 42,99 o tratamento T2 e 107,84%, 92,16%, 85,26%, 83,80% e 82,87% o tratamento T1 (Tabela 7).

O tratamento T5 foi aquele que apresentou a maior média para a variável massa seca total das plantas de milho (MST) seguidos pelos tratamentos T7, T6, T3 e T4, superando em 52,43%, 45,11%, 43,19%, 40,69% e 35,87% o tratamento T2 e 88,00%, 78,97%, 76,61%, 73,52% e 67,58% o tratamento T1 (Tabela 7).

Ao avaliar os dados da análise de variância dos componentes da produção de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH no município de Palotina/2018, observa-se que as variáveis comprimento de espiga (CE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF) e número total de grão por espiga (NG), apresentaram efeitos significativos pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 8). Já a variável diâmetro de espiga (DE), apresentou diferenças significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$), e a variável massa de mil grãos (MMG) não apresentou diferenças entre os tratamentos, na mesma tabela.

Neste sentido, os maiores valores médios obtidos para a variável comprimento de espiga de milho (CE) foram observados no tratamento T6, superando em 22,59% o tratamento T2 e 50,05% o tratamento T1 (Tabela 8).

Em relação ao diâmetro de espiga (DE) os maiores valores foram obtidos no tratamento T5 seguido pelo tratamento T7, estes tratamentos foram superiores em 33,07% e 30,91% comparados ao tratamento controle T1, respectivamente (Tabela 8).

O parâmetro número de fileiras de grãos por espiga (NFGE) demonstrou que o tratamento T5 apresentou os maiores valores médios desta variável seguidos pelos tratamentos T6 e T7, superando em 28,13% e 27,00% o tratamento T2 e 31,20% e 30,04% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 8).

O número de grãos por fileira na espiga (NGF) foi superior no tratamento T5, seguidos pelos tratamentos T6 e T7, superando em 22,39%, 21,07% e 20,04% o tratamento T1 (Tabela 8).

Da mesma forma, o número total de grãos por espiga (NG) foi superior no T5, seguidos pelo tratamento T7, superando em 38,68% e 34,90% o tratamento T2 e 60,57% e 56,20% o T1, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância e comparação de médias para comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF), número total de grãos por espiga (NG) e massa de mil grãos (MMG), de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH, município de Palotina/PR, 2018.

TRA	CE	DE	NFGE	NGF	NG	MMG
	cm	mm				g
T1	9,91 c	5,08 b	11,25 c	21,26 b	239,18 c	133,77
T2	12,13bc	6,00ab	11,52bc	24,04ab	276,94bc	133,90
T3	12,96ab	6,23ab	13,51 abc	25,23 a	342,00ab	146,72
T4	13,32ab	5,76 ab	12,50 abc	24,24ab	304,86 abc	146,75
T5	14,62 a	6,76 a	14,76 a	26,02 a	384,06 a	139,87
T6	14,87 a	6,28 ab	14,01ab	25,74 a	360,62ab	155,23
T7	13,41ab	6,65 a	14,63 a	25,52 a	373,58 a	152,78
C.V.	17, 60	20,47	18,22	16,61	22,06	39,89
D.M.S.	2,31	1,49	2,53	3,79	91,92	33,33
F	11,32**	3,19*	7,22**	4,10**	7,76**	1,45 ^{ns}

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

A produtividade apresentou efeito significativo ao observar os dados de sua análise de variância em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 4).

Figura 4. Produtividade de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de Palotina/PR. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. CV = 23,20%; DMS = 1198,38; e F cal = 15,98. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

O tratamento T5 apresentou o maior valor médio da produtividade da cultura de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH no município de Palotina/PR, seguido pelo tratamento T7 comparado aos demais tratamentos (Figura 4). Estes dados demonstraram que o tratamento T5 foi superior em 8,32% (T6), 19,23% (T4), 18,70% (T3), 32,59% (T2) e 71,54% (T1), da mesma forma que o tratamento T7 foi superior em 7,21% (T6), 18,00% (T4), 17,47% (T3), 31,22% (T2) e 69,76% (T1) (Figura 4).

Ao avaliar o comportamento dos parâmetros nutricionais (N, P e K) foliar e de grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH nas fases vegetativa V10 e reprodutiva, nas condições testadas para o município de Palotina/PR. Verificou-se que as variáveis teor fosforo foliar (TPF), teor de potássio foliar (TKF), teor de nitrogênio no grão (TNG) e teor de fosforo no grão (TPG) apresentaram efeito significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 5). Já as variáveis teor de nitrogênio foliar (TNF) e teor de nitrogênio no grão (TNG) e teor de potássio no grão (TPG) apresentaram efeitos significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,05$) (Figura 5).

Figura 5. Teor nutricional de folha (nitrogênio “A”, fósforo “C” e potássio “E”) e grão (nitrogênio “B”, fósforo “D” e potássio “F”), de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de Palotina/PR. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%. CV = 24,94%; DMS = 1139,65; e F cal = 14,01**. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

O teor de nutricional de nitrogênio foliar das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH do tratamento T5 apresentaram os maiores valores médios comparados aos tratamentos T6, T2 e T1, superando os em 8,00%, 14,76% e 15,36% respectivamente (Figura 5A).

Já os valores médios do teor nutricional de nitrogênio no grão de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento (T5) superando em 15,75%, 16,58%, e 24,10% os tratamentos T4, T2 e T1 respectivamente (Figura 5B).

O teor nutricional de fósforo foliar de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento (T5) seguidos de T3 superando em 32,85% e 22,31% comparado ao tratamento T2 e ao tratamento T1 em 46,14% e 34,55%, respectivamente (Figura 5C).

O teor de nutricional de nitrogênio no grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foi superior no tratamento T5 apresentaram superioridade em 18,58%, 21,45% e 29,45% comparados aos tratamentos T4, T2 e T1 respectivamente (Figura 5D).

O teor nutricional de fosforo no grão de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento (T5) superando em 35,35%, 42,21% e 93,80% comparado ao tratamento T4, T2 e T1, respectivamente (Figura 5E).

Já os teores médios nutricionais de potássio no grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T5 seguidos pelo tratamento T7 superando em 49,11% e 46,97% o tratamentos controle respectivamente(Figura 5F).

Ensaio conduzido no município de São Miguel do Iguaçu/PR

Ao avaliar os resultados da análise de variância dos dados referentes ao estágio fenológico V10 na fase vegetativa das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH nas condições testadas, obtidos para a área do município de São Miguel do Iguaçu/PR, verifica-se que a altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DCB); massa seca de colmo+bainha (MSCB); massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST) apresentaram efeitos significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância e comparação de médias para altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DBC), massa de matéria seca de folhas (MSF), massa de matéria seca de colmo+bainha (MSCB), massa de matéria seca total (MST) e teor de nitrogênio foliar (TEN), de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH, município de São Miguel do Iguaçu/PR, 2018.

TRA	ALT	DCB	MSCB	MSF	MST
	cm	mm	g	g	g
T1	44,85 c	7,56 d	9,37 c	7,12 d	16,49 d
T2	47,69 bc	9,52 c	12,72 b	8,23cd	20,95 c
T3	57,98 a	10,85 ab	16,42 a	12,47 b	28,89 ab
T4	50,85 abc	9,70 bc	15,24 ab	9,94 c	25,18bc
T5	58,22 a	10,73 abc	15,83 ab	14,77 a	30,60 a
T6	55,91 ab	11,25 a	17,09 a	14,51 a	31,60 a
T7	58,82 a	10,28 abc	15,06 ab	15,00 a	30,06 a
C.V.	25,52	16,89	22,02	11,28	19,56
D.M.S.	8,52	1,29	3,24	2,19	4,43
F	9,64**	20,15**	14,77**	42,64**	30,32**

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

Para a variável (ALT), nota-se que as plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH que receberam o tratamento T7 apresentaram os maiores valores médios seguidos do tratamento T5 e T3, superando em 23,34%, 22,08% e 21,39% o tratamento T2 e 31,15%, 29,81% e 29,07% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 9).

Os maiores valores médios do diâmetro basal do colmo das plantas de milho (DBC), foram obtidos pelo tratamento T6 superando em 11,60% o T4, 18,20% o T2 e 48,80% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 9).

A matéria seca de colmo+bainha (MSCB) foi maior no tratamento T6 superando em 34,40% o T2 e 82,40% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 9).

A massa seca das folhas das plantas de milho (MSF), foi superior no tratamento T7 seguido dos tratamentos T5 e T6, superando em 20,29%, 18,44% e 16,36% o tratamento T3, 50,91%, 48,59% e 45,98% o tratamento T4, 82,26%, 79,47% e 76,31% o tratamento T2 e 110,67%, 107,44% e 103,79% o tratamento T1 (Tabela 9).

O tratamento T6 foi aquele que apresentou a maior média para a variável massa seca total das plantas de milho (MST) seguidos pelos tratamentos T5 e T7, superando em 25,10%, 21,53% e 19,38% o tratamento T4, 50,36%, 46,06% e 43,48% o tratamento T2 e 91,02% 85,57% e 82,29% o tratamento T1 (Tabela 9).

Ao avaliar os dados da análise de variância dos componentes da produção de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH no município de São Miguel do Iguaçu/2018, observa-se que as variáveis comprimento de espiga (CE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF), número total de grão por espiga (NG) e massa de mil grãos (MMG) apresentaram efeitos significativos pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 10). Já a variável diâmetro de espiga (DE), apresentou diferenças significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$), na mesma tabela.

Tabela 10. Resumo da análise de variância e comparação de médias para comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF), número total de grãos por espiga (NG) e massa de mil grãos (MMG), de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH, município de São Miguel do Iguaçu/PR, 2018.

TRA	CE	DE	NFGE	NGF	NG	MMG
	cm	mm				g
T1	9,87 b	5,02 b	11,00 b	21,50 b	236,25 c	123,50 c
T2	12,33 a	6,34 ab	12,25ab	24,50ab	299,50 abc	135,98 abc
T3	12,80 a	6,50 a	13,25ab	25,25 a	335,00ab	135,52 abc
T4	12,95 a	6,07ab	12,00ab	23,75ab	285,75bc	130,90bc
T5	14,06 a	6,49 a	14,25 a	25,25 a	360,50ab	144,73ab
T6	14,38 a	6,68 a	14,50 a	25,25 a	367,00ab	154,31 a
T7	12,49 a	6,03ab	14,50 a	25,75 a	373,00 a	148,51ab
C.V.	17,67	19,71	19,39	15,75	21,20	16,48
D.M.S.	2,27	1,40	2,88	3,29	84,38	21,07
F	9,09**	3,45*	5,11**	4,311**	7,90**	5,62**

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

Os maiores valores médios obtidos para o comprimento de espiga de milho (CE) foram observados no tratamento T6, seguidos pelos tratamentos T5, T4, T3, T7 e T2, superando em 45,60%, 42,45%, 31,21%, 29,69%, 26,55% e 24,92% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 10).

Para o parâmetro diâmetro de espiga (DE) os maiores valores foram obtidos no tratamento T6 seguido pelo tratamento T3 e T5, superando em 33,07% e 29,48% e 29,28% o tratamento T2, respectivamente (Tabela 10).

O parâmetro número de fileiras de grãos por espiga (NFGE) demonstrou que o tratamento T7 e T6 foram superiores seguidos pelo tratamento T5, superando em 31,82% e 29,55% respectivamente (Tabela 10).

Para o parâmetro número de grãos por fileira na espiga (NGF) foi observado maiores valores médios no tratamento T7, seguidos pelos tratamentos T6, T5 e T3, superando em 19,77%, 17,44%, 17,44% e 17,44% o tratamento T1 (Tabela 10).

Já, o número total de grãos por espiga (NG) foi superior no tratamento T7, superando em 57,88% o tratamento T1 (Tabela 10).

A massa de mil grãos (MMG) foi superior no tratamento T6, superando em 17,88% e 24,95% os tratamentos T4 e T1, respectivamente (Tabela 10).

A produtividade apresentou efeito significativo ao observar os dados de sua análise de variância em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 6).

O fornecimento de 50% da fertilização de fosforo associada a 150 mL de inoculante na semente de milho (T6), possibilitou maior incremento na produtividade final da cultura, seguido pelo tratamento T5, superando em 9,68% e 9,12% o tratamento T2 e 70,30% e 69,43% o tratamento T1, respectivamente (Figura 6).

Figura 6. Produtividade de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de São Miguel do Iguaçu/PR. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. CV = 20,66%; DMS = 969,34; e F cal = 21,35. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

Ao avaliar o comportamento dos parâmetros nutricionais (N, P e K foliar e de grão) das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH nas fases vegetativa V10 e reprodutiva, nas condições testadas para o município de São Miguel do Iguaçu/PR. Verificou-se que o teor fosforo foliar (TPF), teor de potássio foliar (TKF), teor de fosforo no grão (TPG), teor de potássio no grão (TKG) apresentaram efeito significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 7). Já as

variáveis teor de nitrogênio foliar (TNF) apresentou efeito significativo, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,05$). Já a variável teor de nitrogênio no grão (TNG) não apresentou diferença efeito significativo.

Figura 7. Teor nutricional de folha (nitrogênio “A”, fósforo “C” e potássio “E”) e grão (nitrogênio “B”, fósforo “D e potássio “F”), de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de São Miguel do Iguçu/PR Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%. CV = 24,94%; DMS = 1139,65; e F cal = 14,01**. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

O teor de nutricional de nitrogênio foliar das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH do tratamento T7, seguido de T6, T5, T3, T2 e T4, superando em 46,28%, 44,63%, 39,13%, 37,40%, 31,90% e 28,60% ao tratamento T1, respectivamente (Figura 7A).

O teor nutricional de fosforo foliar de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T7, seguidos de T6 e T5, superando em 21,27%, 13,07% e 12,41% o tratamento T3, 57,84%, 47,57% e 46,72 o tratamento T2 e 70,71%, 59,29% e 58,54% o tratamento T1, respectivamente (Figura 7C).

O teor de nutricional de nitrogênio no grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foi superior no tratamento T7, seguidos de T5 e T6, superando em 21,52%, 18,29% e 17,46% o tratamento T4, 20,27%, 17,07% e 16,25% o tratamento o tratamento T3, 43,46%, 39,64% e 38,52% o tratamento T2 e 58,33%, 54,11% e 53,03% o tratamento T1, respectivamente (Figura 7D).

O teor nutricional de fosforo no grão de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T6, seguido de T5 e T7, superando em 41,16%, 36,44% e 32,05% ao tratamento T4, 50,88% 45,84% e 41,14% o tratamento T2 e 165,77%, 156,89% e 148,61% o tratamento T1, respectivamente (Figura 7E).

Já os teores médios nutricionais de potássio no grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T6, superando em 11,78%, 23,35%, 28,56% e 52,01% os tratamentos T3, T4, T2 e T1, respectivamente (Figura 7F).

Ensaio conduzido no município de Santa Tereza do Oeste/PR

Ao avaliar os resultados da análise de variância dos dados referentes ao estágio fenológico V10 na fase vegetativa das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH nas condições testadas, obtidos para a área do município de São Miguel do Iguaçu/PR, verifica-se que a altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DCB); massa seca de colmo+bainha (MSCB); massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST) apresentaram efeitos significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 11).

A variável (ALT) das plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH na cidade de Santa Tereza do Oeste/PR apresentou maior incremento para o tratamento T5, seguido pelos tratamentos T6 e T3, superando em 27,06%, 23,46% e 21,10% o tratamento T4, 44,75%, 40,65% e 37,96% o tratamento T2 e 55,47%, 51,06% e 48,18% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 11).

Os maiores valores médios do diâmetro basal do colmo das plantas de milho (DBC), foram obtidos pelo tratamento T5, seguido dos tratamentos T6, T7, T3 e T4, superando em 53,52%, 46,83%, 40,96% 36,27% e 35,21% o tratamento T2 e 91,23%, 82,89%, 75,58%, 69,74% e 68,42% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 11).

A matéria seca de colmo+bainha (MSCB) foi maior no tratamento T3, seguidos pelos tratamentos T5, T6 e T7, superando em 40,98%, 40,79%, 38,82% e 37,88% o tratamento T2 e 116,45%, 116,16%, 113,13% e 111,69% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11. Resumo da análise de variância e comparação de médias para altura da planta (ALT), diâmetro basal do colmo (DBC), massa de matéria seca de folhas (MSF), massa de matéria seca de colmo+bainha (MSCB), massa de matéria seca total (MST) e teor de nitrogênio (TEN), de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH, município de Santa Tereza do Oeste/PR, 2018.

TRA	ALT	DBC	MSCB	MSF	MST
	cm	mm	g	g	g
T1	27,42 c	6,84 b	6,93 c	7,40 d	14,33 d
T2	29,45 bc	8,52 b	10,94 b	9,35 cd	20,28 c
T3	40,63 a	11,61 a	15,00 a	10,63 bc	25,63 ab
T4	33,55 bc	11,52 a	12,05 ab	9,97 bcd	22,02 bc
T5	42,63 a	13,08 a	14,98 a	13,65 a	28,62 a
T6	41,42 a	12,51 a	14,77 a	12,91 ab	27,68 a
T7	39,89 a	12,01 a	14,67 a	13,93 a	28,60 a
C.V.	19,23	20,50	21,39	11,60	18,28
D.M.S.	5,70	2,66	3,39	3,01	4,47
F	25,89**	16,20**	17,47**	14,44**	30,90**

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

A massa seca das folhas das plantas de milho (MSF) foi superior no tratamento T7 seguido dos tratamentos T5, superando em 31,04% e 28,41% o tratamento T3, 39,72% e 36,91% o tratamento T4, 48,98% e 45,99% o tratamento T2 e 88,24% e 84,46% o tratamento T1 (Tabela 11).

A variável massa seca total (MST) apresentou o tratamento T5 com o maior incremento de matéria seguidos dos tratamentos T7 e T6, superando em 29,97%, 29,88% e 25,70% o tratamento T4, 41,12% 41,02% e 36,49% o tratamento T2 e 99,72%, 99,58% e 93,16% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 11).

Ao avaliar os dados da análise de variância dos componentes da produção de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH no município de São Miguel do Iguaçu/2018, observa-se que as variáveis comprimento de espiga (CE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número total de grão por espiga (NG), apresentaram efeitos significativos pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Tabela 12). Já a variável número de grãos por fileira na espiga (NGF) apresentou efeitos significativos pelo teste F, ($p \leq 0,05$). Por outro lado, as variáveis diâmetro de espiga (DE) e massa de mil grãos (MMG), não diferenciaram significativas pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Tabela 12. Resumo da análise de variância e médias para comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira na espiga (NGF), número total de grãos por espiga (NG) e massa de mil grãos (MMG), de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH, município de Santa Tereza do Oeste/PR, 2018.

TRA	CE	DE	NFGE	NGF	NG	MMG
	cm	mm				g
T1	10,03 b	5,14	11,75 b	21,75 b	255,75 d	123,36
T2	12,27ab	6,22	13,00ab	23,00 a	299,00cd	133,52
T3	13,09 a	6,58	14,50 a	24,75 a	358,75ab	132,38
T4	12,76 a	6,36	14,00ab	25,00 a	353,00bc	131,03
T5	14,87 a	6,38	15,75 a	25,75 a	405,56 a	148,83
T6	14,56 a	6,58	14,75 a	26,25 a	387,25ab	153,59
T7	12,87 a	5,81	15,25 a	25,00 a	380,75ab	150,66
C.V.	18,05	28,34	17,82	14,69	20,96	19,79
D.M.S.	2,39	1,73	2,53	2,71	43,39	31,81
F	7,27**	1,97 ^{ns}	4,74**	6,14*	5,49**	2,98 ^{ns}

Não significativo (ns), ou significativo a 10 (*) e 5% (**), respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. Coeficiente de variação; D.M.S. Desvio mínimo significativo; F Calculado. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes). Fonte: Autores.

Os maiores valores médios obtidos para a variável comprimento de espiga de milho (CE) foram observados no tratamento T6, seguidos pelos tratamentos T5, T3, T4 e T7, superando em 45,16%, 48,265%, 30,51%, 28,32% e 27,22% o tratamento T1, respectivamente (Tabela 12).

O parâmetro número de fileiras de grãos por espiga (NFGE) demonstrou que o tratamento T7 foi superior seguido pelos tratamentos T6 e T3, superando em 29,79%, 25,53% e 23,40% comparado ao tratamento T1, respectivamente (Tabela 12).

O número de grãos por fileira na espiga (NGF) foi superior no tratamento T6, seguido pelos tratamentos T5, T4, T7 e T2, superando em 20,69%, 18,39%, 14,94%, 14,94% e 14,94% comparado ao tratamento T1, respectivamente (Tabela 12).

Já, o número total de grãos por espiga (NG) foi superior no tratamento T5, superando em 14,89%, 35,64% e 58,58%, os tratamentos T4, T2 e T1, respectivamente (Tabela 12).

A produtividade apresentou efeito significativo ao observar os dados de sua análise de variância em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 8).

Figura 8: Produtividade de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de Cascavel/PR. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. CV = 18,87%; DMS = 919,92; e F cal = 26,18. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

O fornecimento de 50% da fertilização de fósforo associada a 100 mL de inoculante na semente de milho (T5), possibilitou maior incremento na produtividade final da cultura seguidos pelos tratamentos T6 e T7, superando em 10,81%, 8,80% e 6,16% o tratamento T3, 23,81%, 21,56% e 18,61% o tratamento T2 e 59,21%, 56,33% e 52,52% o tratamento T1, respectivamente (Figura 8).

Ao avaliar o comportamento dos parâmetros nutricionais (N, P e K) foliar e de grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH nas fases vegetativa V10 e reprodutiva, nas condições testadas para o município de Santa Tereza do Oeste/PR. Verificou-se que as variáveis teor de fósforo foliar (TPF), teor de potássio foliar (TKF), teor de fósforo no grão (TPG), teor de potássio no grão (TKG) apresentaram efeito significativos, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,01$) (Figura 13). Já as variáveis teor de nitrogênio foliar (TNF) e teor de nitrogênio no grão (TNG), apresentaram efeito significativo, em função dos tratamentos, pelo teste F, ($p \leq 0,05$).

O teor de nutricional de nitrogênio foliar das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH do tratamento T7 foi superior, superando em 20,22%, 28,42% e 36,66% aos tratamentos T4, T2 e T1, respectivamente (Figura 9A).

O teor nutricional de fósforo foliar de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foi maior no tratamento T7, superando em 20,68%, 35,33%, 36,62% e 53,21% os tratamentos T3, T4, T2 e T1, respectivamente (Figura 9B).

Já os teores médios nutricionais de potássio na folha das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T6, seguidos de T7 e T5, superando em 51,32%, 37,11% e 33,71% o tratamento T4, 60,61%, 45,53% e 41,92%

o tratamento T3, 142,05%, 119,32% e 113,88% o tratamento T2 e 203,79%, 175,25% e 168,43% o tratamento T1, respectivamente (Figura 9C).

O teor de nutricional de nitrogênio no grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foi superior no tratamento T6, seguidos de T7 e T5, superando em 53,93%, 41,90% e 41,52% o tratamento T2 e 83,50%, 69,15% e 68,70% o tratamento T1, respectivamente (Figura 9D).

Figura 9. Teor nutricional de folha (nitrogênio “A”, fósforo “C” e potássio “E”) e grão (nitrogênio “B”, fósforo “D” e potássio “F”), de plantas de milho híbrido cultivar Pioner® 30F53 YH cultivadas sobre diferentes formas de inoculação de sementes com isolados B119 e B2084, no município de Santa Tereza do Oeste/PR. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%. CV = 24,94%; DMS = 1139,65; e F cal = 14,01**. T1- Controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T3- 100% de adubação fosfatada (super triplo) e sem inoculação; T4- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (50 mL por 60.000 sementes); T5- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (100 mL por 60.000 sementes); T6- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (150 mL por 60.000 sementes); e T7- 50% de adubação fosfatada (super triplo) e inoculação (200 mL por 60.000 sementes).

Fonte: Autores.

O teor nutricional de fosforo no grão de plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T7, superando em 39,83%, 76,85% e 109,13% os tratamentos T4, T2 e T1, respectivamente (Figura 9E). Os teores médios

nutricionais de potássio no grão das plantas de milho híbrido Pioner® 30F53 YH foram maiores no tratamento T7 seguido de T5, superando em 53,43%, 43,00% o tratamento T2 e 86,26% e 73,60% o tratamento T1, respectivamente (Figura 9F).

4. Discussão

O milho é um dos principais cereais produzido no mundo, porém este fato faz com que a cultura demande diretamente de altas quantidades de insumos, o que gera elevados impactos ambientais, visto que esses insumos provem ou dependem de fontes não renováveis para sua produção.

Atualmente o cenário mundial estima um aumento na escala populacional, o que demandará da agricultura maiores produtividades, sem elevar a área cultivada e com menores impactos ambientais. Desta forma, a principal opção estudada e consolidada em países como o Brasil, está, entre outras técnicas, na utilização de microrganismos capazes de promover o crescimento vegetal por vários aspectos que culminam com o melhor aproveitamento dos fatores de produção, como água, luz, nutrientes, dentre outros.

Com os resultados apresentados referentes à eficiência agrônômica dos microrganismos testados nestes ensaios contendo [*Bacillus megaterium* (isolado B119) e *Bacillus subtilis* (isolado B2084)], fica evidente o efeito da promoção de crescimento vegetal destes microrganismos para a cultura do milho. Estes efeitos são evidenciados tanto para variáveis morfológicas, quanto em variáveis relacionadas ao teor de N, P e K em folhas e grãos e aos componentes da produção e produtividade nas quatro áreas experimentais em questão. Vários autores reportam resultados positivos para a promoção de crescimento de vários microrganismos de interesse para grandes culturas, como soja, milho, trigo, arroz, braquiária, etc... Döbereiner et al. (1976); Baldani et al. (1997); Baldani e Baldani (2005); Dartora et al. (2013); Glick (2014); Goswami et al. (2016).

Estes efeitos de promoção de crescimento podem estar relacionados a várias estratégias. Atualmente, as BPCV são reconhecidas em promover o crescimento de plantas, principalmente pela indução da produção de alguns fitohormônios bem conhecidos como ácido indolacético (AIA) (Balota et al., 1995; Mehdipour et al. 2012), giberelina (Bottini et al., 1989), citocinina (Cacciari et al., 1989) e a inibição da produção etileno (Glick, 2005).

Ao verificar os resultados de eficiência agrônômica nos quatro ensaios, confirmados pelo maior teor de P em tecidos foliares e grãos de plantas de milho inoculadas com *Bacillus megaterium* (isolado B119) e *Bacillus subtilis* (isolado B2084), fica evidente efeitos relacionados à maior absorção de P pelas plantas de milho. É evidenciado na literatura que algumas BPCV possuem a habilidade de solubilizar fosfatos inorgânicos (Pi) e mineralizar fosfatos orgânicos (Po), fornecendo P assimilável as raízes (Goswami et al., 2016). O principal mecanismo utilizado pelas bactérias solubilizadoras de fosfato (BSP) está baseada na secreção de ácidos orgânicos, principalmente pela população da rizosfera, ao passo que a mesma espécie de bactéria pode promover tanto a solubilização quanto a mineralização de fosfatos no solo (Ahemad & Kibret, 2014). Estes efeitos de promoção de crescimento relacionados ao maior contato íon-raiz e maior disponibilidade de P na solução do solo podem ser aqui associados à inoculação das sementes com os microrganismos já citados.

5. Conclusão

Baseando-se nos resultados obtidos nas quatro áreas experimentais, com as condições edafoclimáticas apresentadas, pode-se concluir que o inoculante líquido contendo isolados de *Bacillus megaterium* (B119) e *B. subtilis* (B2084), aplicado via inoculação de sementes, na dose de 100 mL por 60.000 sementes, com metade da dose de fósforo recomendado para a cultura do milho, apresentou eficiência, resultando em produtividade estatisticamente superior ao controle, ao tratamento com metade da dose de fósforo sem inoculação e semelhante ao tratamento com a dose de fósforo recomendada para a cultura.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao primeiro autor do artigo e à empresa Bioma Indústria Comércio e Distribuição – EIRELI - EPP, por ceder o inoculante para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

- Ahemad, M., & Kibret, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26, 1–20. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>>.
- Araújo, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. *Ciência e agrotecnologia*, 2, 456-462
- Baldani, J., Caruso, L., Baldani, V. L. D., Goi, S. R., & Döbereiner, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5–6), 911–922, <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071796002180>>.
- Baldani, J. I., & Baldani, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: Special emphasis on the Brazilian experience. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77, 549-579.
- Balota, E. L., Lopes, E. S., Hungria, M., & Döbereiner, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 3(11), 1335–1345.
- Botini, R., Fulcheri, M., Pearce, D., & Pharis, R. P. Identification of gibberellins A(1), A(3), and Iso-A(3) in cultures of *Azospirillum lipoferum*. *Plant physiology*, 90(1), 45–7. <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1061674&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.
- Cacciari, I., Lippi, D., Pietrosanti, T., & Pietrosanti, W. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. *Plant and Soil*, 115(1), 151–153.
- Cruz, C. D. *Programa GENES: biometria*. UFV. 382p.
- Dartora, J., Guimarães, V. F., Marini, D., & Sander, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(10), 1023-1029.
- Didonet, A. D., Rodrigues, O., & Kenner, M. H. (1996). Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(9), 645-651.
- Döbereiner, J., Marriel, I. E., & Nery, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Canadian Journal of Microbiology*, 22(10), 1464–1473.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. (3a ed.), Embrapa, 353 p. 2013.
- Farinelli, R., & Lemos, L.B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42, 63-70.
- Fraão, J. J. Silva, A. R. Silva, V. L. Oliveira, V. A. & Correa, R. B. (2014). Fertilizantes nitrogenados de deficiência aumentada e ureia na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental*, 18(12), 1262-1267.
- Glick, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169(1), 30–39, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.009>>.
- Glick, B. R. Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. *FEMS Microbiology Letters*, 251(1), 1–7, 1. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16099604>>.
- Goswami, D., Thakker, J. N., & Dhandukia, P. C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), <<https://www.cogentia.com/article/10.1080/23311932.2015.1127500>>.
- Horrihan L., Lawrence R. S., & Walker, P. (2002). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives*, 110, 445-456.
- Hungria, M. & Megías, M. (2013). *Uma década de ouro se aproxima para a microbiologia do solo: expectativas da pesquisa, da indústria, dos agricultores e da sociedade*. In: Iberoamerican Conference on Beneficial Plant- microorganism – environment interactions. Anais CNPSO, 510-517.
- Hungria, M., Campo, R. J., Souza, E. M. & Pedrosa, P. O. (2010). Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, 331, 413-425.
- Köppen, W., & Geiger, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

- Lima, F. F., Nunes, L. A. P. L., Marcia V. B., Figueiredo, M. V. B., Araújo, F. F., Luciano M. Lima, L. M., & Araújo, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6.
- Manjula, K., & Podile, A. R. (2005). 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*, 21, 1057–1062.
- Mazzuchelli, R. C. L., Sossai, B. F., & Araujo, F. F. (20014). Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Colloquium Agrariae*, 10(2), 40-47.
- Mehdipour Moghaddam, M. J., Emtiazi, G., & Salehi, Z. Enhanced auxin production by *Azospirillum* pure cultures from plant root exudates. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(5), 985–994.
- Novakowiski, J. H., Sandini, I. E., Falbo, M. K., Moraes, A., Novakowiski, J. H., & Cheng, N. C. (2011). Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 32, 1687- 1698.
- Parnell, J. J., Berka, R., Young, H. A., Sturino, J. M., Kang, Y., Barnhart, D. M., & DiLeo, M. V. (2016). From the lab to the farm: na industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1110.
- Tsavkelova, E.A., Klimova, S. Y., Cherdyntseva, T. A., & Netrusov, A. I. (2006) Microbial Producers of Plant Growth Stimulators and Their Practical Use: A Review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 42, 117–126.
- Viruel, E., Erazzú, L. E., Martinez Calsina, L., Ferrero, M. A., Lucca, M. E., & Sineriz, F. (2014). Inoculation of maize with phosphate solubilizing bacteria: effect on plant growth and yield. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4), 819-831.