

Biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo em milho por inoculação e coinoculação

Eduardo Pascoali Cunha^{1*}; Nayara Parisoto Boiago¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel, PR

*eduardocunha2009@hotmail.com

Resumo: As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) podem agregar na produtividade das culturas. A bactéria *Azospirillum brasilense* é muito utilizada na fixação biológica do nitrogênio em gramíneas, e as bactérias *Bacillus* sp., podem solubilizar o fósforo presente no solo. Com este trabalho buscou-se avaliar os parâmetros de desenvolvimento e produtividade na cultura do milho, comparando a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp., assim como a coinoculação com esses microrganismos. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Nova Aurora – Paraná, implantado no final de janeiro de 2020 e encerrou-se ao final de junho de 2020. O delineamento utilizado foi o delineamento de blocos ao acaso com 4 tratamentos e 5 blocos, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos estudados são testemunha, sementes tratadas com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus* sp. e coinoculadas com *Azospirillum brasilense* + *Bacillus* sp. Os seguintes parâmetros foram avaliados: diâmetro do colmo e das espigas, número de grãos por fileira e fileiras por espiga, altura de pendão, altura de inserção da espiga, biomassa seca, massa de 1000 grãos e a produtividade. Os dados foram submetidos à análise descritiva e também à análise de variância. O programa estatístico utilizado foi o Minitab 17. Para todos os parâmetros avaliados não houve diferença estatística, sendo semelhantes a testemunha. Portanto, o uso isolado de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp. e a coinoculação destes organismos não influenciou nos parâmetros vegetativos e produtivos do milho.

Palavras chave: Inoculante; gramíneas; rizobactéria.

Bioavailability of nitrogen and phosphorus in maize by inoculation and coinoculation

Abstract: Plant growth-promoting rhizobacteria (RPCPs) can add to crop productivity. The bacterium *Azospirillum brasilense* is widely used in the biological fixation of nitrogen in grasses, and the bacteria *Bacillus* sp., Can solubilize the phosphorus present in the soil. This work sought to evaluate the parameters of development and productivity in corn, comparing the inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus* sp., as well as the co-inoculation with these microorganisms. The experiment was carried out on a rural property in the municipality of Nova Aurora - Parana, implemented at the end of January 2020 and ended at the end of June 2020. The design used was a randomized block design with 4 treatments and 5 blocks, totaling 20 experimental units. The studied treatments are control, seeds treated with *Azospirillum brasilense*, *Bacillus* sp. and coinoculated with *Azospirillum brasilense* + *Bacillus* sp. The following parameters were evaluated: stem and ear diameter, number of grains per row and rows per ear, tassel height, ear insertion height, dry biomass, mass of 1000 grains and productivity. The data were submitted to descriptive analysis and also to analysis of variance. The statistical program used was Minitab 17. For all parameters evaluated, there was no statistical difference, being similar to the control. Therefore, the isolated use of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus* sp. and the coinoculation of these organisms, did not influence the vegetative and productive parameters of corn.

Keywords: Inoculant; grasses; rhizobacterium.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal pertencente à família Poaceae e cultivado em grande parte do mundo, tendo grande importância econômica e social no Brasil e sendo muito utilizado, principalmente, para a alimentação humana e animal, também seus restos podem ser processados e transformados em silagem para alimentação animal ou podem ser incorporados ao solo (adubação verde) (ALMEIDA, 2019). No ano de 2020, a estimativa de produção de milho no Brasil é de 100.083,30 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

Segundo Prado e Campos (2018), o nutriente que mais limita a produtividade na cultura do milho é o nitrogênio (N), que está presente em substâncias como enzimas, proteínas, ácidos nucleicos e inclusive a clorofila. Os fertilizantes nitrogenados são oriundos de combustíveis fósseis e representam uma grande parte do custo de produção dos agricultores, além disso, frequentemente ocorrem perdas por volatilização, lixiviação, desnitrificação e pela exportação pelos grãos produzidos na lavoura, portanto, a fixação biológica de nitrogênio (FBN), a qual pode suplementar ou até mesmo substituir a utilização destes fertilizantes, é uma forma alternativa para o produtor economizar na adubação nitrogenada sem comprometer a produtividade das culturas (BERGAMASCHI, 2006).

Já o fósforo (P) é um dos principais nutrientes limitantes à produtividade do milho. As doses recomendadas, geralmente, são elevadas em virtude da baixa eficiência de aproveitamento desse nutriente pela cultura, decorrente da alta capacidade de adsorção do fósforo adicionado ao solo, reduzindo, assim, sua disponibilidade às plantas (GAZOLA *et al.*, 2013). O fósforo é responsável pelo bom desenvolvimento das raízes e participa de todos os processos metabólicos que demandam energia (FABRICE *et al.*, 2015).

De acordo com Fageria (2009), a quantidade de matéria seca ou grãos produzidos por unidade de fósforo aplicado ao solo expressa a eficiência no uso do fósforo pelas plantas de milho.

Segundo o manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná, para obter-se produtividades de milho segunda safra acima de 8 toneladas ha⁻¹, são necessários de 10 a 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura e, em média, 70 kg ha⁻¹ na cobertura, já em solos com altos teores de fósforo, recomenda-se de 21 a 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (PAULETTI e MOTTA, 2019)

Os nutrientes têm grande essencialidade para aumentar o potencial produtivo, porém, fornece-los na quantidade ideal às plantas nem sempre é uma tarefa fácil. A adubação química nem sempre garantirá o acesso da planta ao nutriente, um exemplo é a indisponibilidade de fósforo em solos de pH ácido.

Uma alternativa sustentável para o mercado agrícola, é a utilização de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) com técnicas de inoculação e coinoculação, visando uma maior eficiência e redução do uso de fertilizantes, o custo de produção e, consequentemente, redução do impacto ambiental (SANTOS, 2018).

As bactérias *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* são exemplos de RPCPs que são benéficas às plantas e colonizam as raízes e tecidos internos, sem provocar sintomas de doenças, podendo ser encontradas na fórmula de inoculantes comerciais (EMBRAPA, 2007). A bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* é um organismo capaz de fixar nitrogênio da atmosfera e produzir hormônios vegetais (NOVAKOWISKI *et al.*, 2011). Enquanto que a *Bacillus subtilis* é uma bactéria habitante natural do solo que produz antibióticos, enzimas e fitohormônios que proporcionam benefícios para as plantas, além de solubilizar o fósforo presente no solo, melhorando sua absorção e o desenvolvimento das culturas, juntamente com outra bactéria do mesmo gênero, *Bacillus megaterium* (ARAÚJO, HENNING e HUNGRIA, 2005).

O uso combinado de microrganismos com diferentes funcionalidades (coinoculação) tem destaque na agricultura devido ao efeito sinérgico deste uso em conjunto no aumento de produção em algumas culturas de grãos, como o milho (FERREIRA *et al.*, 2016).

Novakowski *et al.* (2011) obtiveram incrementos na produtividade do milho com a inoculação *Azospirillum brasilense*. Cavallet *et al.* (2000) também obtiveram resultados positivos, constatando aumento de 17% na produtividade de grãos de milho, de 5211 para 6067 kg ha⁻¹, e de 6% na média do comprimento das espigas, quando inocularam as sementes de milho com *Azospirillum brasilense*. Já Araújo, Mercante e Vitorino (2015) tiveram efeito positivo no rendimento de grãos, matéria seca de folha, peso da espiga, diâmetro da espiga, número de grãos por espiga com *Azospirillum brasilense* coinoculado com *Herbaspirillum seropedicae*.

Portanto, com o presente experimento, buscou-se avaliar os parâmetros de desenvolvimento e produtividade na cultura do milho, comparando a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp., assim como a coinoculação com esses microrganismos.

Material e métodos

O experimento foi implantado fim do mês de janeiro de 2020 e terminou no final o mês de junho de 2020, em uma propriedade rural no município de Nova Aurora – Paraná, nas seguintes coordenadas 24° 38' 22'' S e 53° 23' 54'' O, com altitude de 590 m do nível do mar. O clima, segundo Aparecido *et al.* (2016), em todo o oeste do Paraná na classificação Köppen-Geiger, é Cfa (clima temperado úmido com verão quente), com chuvas bem distribuídas e temperaturas amenas.

O solo é Latossolo Vermelho Distroférrico típico (EMBRAPA, 2013). Uma análise de solo composta de 20 amostras foi realizada na área do experimento, cujo resultado está disponibilizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise de solo.

Prof cm	pH (CaCl ₂)	C g dm ⁻³	K -----	Ca	Mg cmol _c dm ⁻³	Al -----	H+Al	V %	P ---mg dm ⁻³ ---	P rem.
0-20	5,30	21,50	0,52	9,46	2,78	0,00	4,61	73	35	11,8

Fonte: Os autores, 2020. C = Carbono; K = Potássio; Ca = cálcio; Mg = Magnésio; Al = Alumínio; H+Al = Hidrogênio + Alumínio; V = Saturação de bases; P = Fósforo; P rem. = Fósforo remanescente.

O delineamento utilizado foi o DBC (delineamento de blocos ao acaso), com 4 tratamentos e 5 blocos, totalizando 20 unidades experimentais. Um produto utilizado no tratamento (Tabela 2) é composto das cepas Ab-V5 e Ab-V6 da bactéria *Azospirillum brasilense* - bactéria fixadora de nitrogênio e promotora do crescimento, e o outro produto com as cepas das bactérias *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 (BRM034840) e *Bacillus megaterium* CNPMS B119 (BRM033112), solubilizadoras de fósforo. A aplicação foi feita com um equipamento de inoculação acoplado na plantadeira, com jato dirigido diretamente no sulco de plantio, com as doses recomendadas de 165 mL ha⁻¹ de cada produto.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos aplicados via sulco na semeadura do experimento.

Código	Tratamentos
T1	Testemunha
T2	<i>Azospirillum brasiliense</i>
T3	<i>Bacillus</i> sp.
T4	<i>Azospirillum brasiliense</i> + <i>Bacillus</i> sp.

Fonte: Os autores, 2020.

Os tratamentos foram designados às parcelas de forma aleatória. As parcelas tiveram 10 metros de comprimento e 6,5 metros de largura, totalizando 65 m² por parcela. O espaçamento entre as parcelas foi de 1 m, resultando em 1566 m² de área total do experimento. Para evitar o

efeito bordadura, foram desprezados 0,5 m nas bordas das parcelas. Desta forma, a área útil de cada parcela foi de 49,5 m².

A semeadura foi efetuada com uma semeadora de 12 linhas à vácuo, com espaçamento de 0,54 m entre linhas e a uma velocidade média de semeadura de 1,8 m s⁻¹. O híbrido utilizado foi o Pioneer[®] P2970VYHR, com distribuição de 3,4 sementes por metro linear e população de 62.960 sementes ha⁻¹. Realizou-se adubação NPK de base no dia da semeadura, com 371 kg ha⁻¹ da fórmula 10-15-15 e, também, a aplicação de 125 kg ha⁻¹ de ureia com 45% de nitrogênio, com as plantas no estágio fenológico V4.

Quatro aplicações de inseticida para o controle do percevejo barriga verde (*Dichelops furcatus*) foram feitas, sendo a primeira zeta-cipermetrina 200 g L⁻¹ + bifentrina 180 g L⁻¹, por volta de 10 dias após a emergência. Cinco dias após, o inseticida acefato 750 g Kg⁻¹ foi aplicado, visando o controle de *Dichelops furcatus* e também cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*). O uso deste ingrediente ativo foi repetido por mais duas vezes, com intervalo de 6 dias entre as aplicações. Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), os ingredientes ativos clorantraniliprole 100 g L⁻¹ + lambda-cialotrina 50 g L⁻¹ foram aplicados, juntamente com a segunda e terceira aplicação para o controle do percevejo barriga verde.

No estágio fenológico V4 a aplicação de glifosato 620 g L⁻¹ e atrazina 400 g L⁻¹ foi feita para evitar o desenvolvimento de plantas e ervas daninhas. Após 15 dias, novamente, a aplicação de atrazina 400 g L⁻¹ foi realizada. No pré pendoamento da cultura, a aplicação dos fungicidas propiconazol 250 g L⁻¹ e azoxistrobina 200 g L⁻¹ + ciproconazol 80 g L⁻¹ foi realizada.

Os parâmetros analisados foram o diâmetro do colmo e das espigas, que foram avaliados com o auxílio de um paquímetro, representando os dados em centímetros. Já a contagem de número de grãos por fileira e número de fileiras por espiga foram aferidos utilizando 10 espigas por parcela. A altura de pendão e altura de inserção da espiga foram avaliadas com uma trena, medindo da base da planta até as referidas estruturas e os resultados expressos em metros, utilizando 3 plantas em 3 linhas, totalizando 9 plantas por parcela, durante o florescimento da cultura.

No estágio fenológico R2, a biomassa seca foi contabilizada, utilizando 5 plantas por parcela, colocando cada planta individualmente no saco de papel Kraft e, em seguida, colocando-as na estufa de secagem, a uma temperatura de 65° C até o peso seco estabilizar e, posteriormente, foram pesadas com uma balança de precisão.

A massa de 1000 grãos e a produtividade foram calculadas após a colheita, utilizando uma balança de precisão e 10 espigas por parcela, os valores foram expressados em gramas e

kg ha⁻¹, respectivamente. O processo de colheita foi semi-mecanizado, sendo feita manualmente a retirada das espigas da planta e a debulha das mesmas de forma mecanizada, com um batedor.

Os dados foram submetidos à análise descritiva, com o teste de normalidade Anderson Darling e também à análise de variância. Todos os testes foram realizados a 5% de significância. O software utilizado foi o Minitab 17 (MINITAB, 2016).

Resultados e Discussão

O resumo da análise descritiva e análise de variância para os parâmetros altura de pendão, altura da inserção da espiga, diâmetro do colmo e biomassa seca estão disponíveis na Tabela 3 e para os parâmetros diâmetro de espiga, produtividade, peso de mil grãos, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 - Resumo da análise descritiva e análise de variância para os parâmetros altura de pendão (A. Pendão), altura da inserção da espiga (A. Espiga), diâmetro do colmo (D. Colmo) e biomassa seca (B. Seca), em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp, bem como a coinoculação destes dois organismos.

	A. Pendão	A. Espiga	D. Colmo	B. Seca
Média	2,83	1,40	1,94	317,23
C.V. %	2,39	4,15	5,10	13,96
p-valor Anderson Darling	0,346 ^{ns}	0,818 ^{ns}	0,396 ^{ns}	0,383 ^{ns}
p-valor ANOVA	0,933 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,533 ^{ns}	0,841 ^{ns}

C.V.= coeficiente de variação; ns= não significativo pelo teste f ($p \geq 0,05$).

O coeficiente de variação para todos os parâmetros é menor que 20% o que, segundo Brasil (2012) *apud* Gurgel, Ferreira e Soares (2013), somente são considerados como válidos os experimentos com coeficientes de variação experimental (CV) iguais ou menores que 20% para as culturas de soja, trigo, feijão, milho e sorgo. Diâmetro de espigas, produtividade e fileiras por espiga são os únicos parâmetros que não apresentam normalidade, por serem significativos pelo teste de Anderson-Darling, e, portanto, foram transformados pela transformação de Johnson.

Em relação a análise de variância ANOVA, todos os microorganismos inoculados nas sementes de milho resultam em efeitos semelhantes estatisticamente entre si em todos os parâmetros avaliados.

Tabela 4 – Resumo da análise descritiva e análise de variância para os parâmetros diâmetro de espigas (D. Espigas), produtividade (Prod), peso de mil grãos (PMG), fileiras por espiga (FPE) e grãos por fileira (GPF), em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp, bem como a coinoculação destes dois organismos.

	D. Espigas	FPE	GPF	PMG	Prod
Média	5,32	16,63	35,95	270,08	2,50
C.V. %	2,83	8,82	3,26	7,13	8,36
p-valor Anderson Darling	0,023*	0,045*	0,694 ^{ns}	0,408 ^{ns}	<0,005*
p-valor ANOVA	0,868 ^{ns}	0,257 ^{ns}	0,752 ^{ns}	0,433 ^{ns}	0,279 ^{ns}

C.V.= coeficiente de variação; ns= não significativo; *= significativo pelo teste f ($p \geq 0,05$).

As médias de altura de pendão, altura da inserção da espiga, diâmetro do colmo e biomassa seca estão apresentadas na Tabela 5 e de diâmetro de espigas, produtividade, peso de mil grãos, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira das plantas de milho estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 5 – Médias de altura de pendão, altura da inserção da espiga, diâmetro do colmo e biomassa seca para os parâmetros altura de pendão (A. Pendão), altura de espiga (A. Espiga), diâmetro do colmo (D. Colmo) e biomassa seca (B. Seca), em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp, bem como a coinoculação destes dois organismos.

	A. Pendão (m)	A. Espiga (m)	D. Colmo (cm)	B. Seca (g)
Testemunha	2,84	1,40	1,97	305,30
<i>Azospirillum brasilense</i>	2,82	1,37	1,96	313,60
<i>Bacillus</i> sp.	2,83	1,43	1,88	318,10
<i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus</i> sp.	2,85	1,41	1,94	331,84

Outros experimentos mostram que plantas de milho nem sempre respondem a tratamentos de inoculação e coinoculação. Moraes (2016) também não obteve maiores produtividades em seu experimento com a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e um solubilizador de fósforo – S11, em plantas de milho em vasos para os parâmetros altura de pendão e biomassa seca, sendo as mensurações estatisticamente iguais a testemunha.

Como o objetivo deste trabalho é verificar a biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo, podemos relacionar com o trabalho de Sichocki *et al.* (2014), que testam em seu experimento diferentes doses destes mesmos nutrientes na adubação de base em milho safrinha e não obtiveram diferença significativa entre as doses de nitrogênio e fósforo para o número de fileiras de grãos por espiga.

Tabela 6 – Médias de diâmetro de espigas, produtividade, peso de mil grãos, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira para os parâmetros diâmetro de espigas (D. Espigas), produtividade (Prod), peso de mil grãos (PMG), fileiras por espiga (FPE) e grãos por fileira (GPF), em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp, bem como a coinoculação destes dois organismos.

	D. Espigas (cm)	FPE (un)	GPF (un)	PMG (g)	Prod (kg ha ⁻¹)
Testemunha	5,34	16,14	36,03	267,24	8.766,67
<i>Azospirillum brasilense</i>	5,36	17,70	36,40	282,70	8.500,00
<i>Bacillus</i> sp.	5,30	16,69	35,80	265,44	8.166,67
<i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus</i> sp.	5,28	16,01	35,57	264,90	7.966,67

Mesmo se assemelhando estatisticamente, as formas de inoculação estudadas resultaram em menor produtividade quando comparadas a testemunha, sendo o tratamento com a coinoculação com o menor resultado, chegando a 800 kg ha⁻¹ a menos que a testemunha, cerca de 13,5 sacos ha⁻¹. Porém, para o produtor essa diferença é muito significativa e acaba se tornando ainda maior quando somado o custo da aplicação do produto, cerca de 2,7 sacos ha⁻¹. De acordo com o trabalho de Battisti e Simonetti (2015), testando a inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasiliense*, não houve diferença significativa para a produtividade de grãos de soja, da mesma forma que o presente experimento.

Os resultados para o parâmetro produtividade diferem dos observados por Novakowski *et al.* (2011), Cavallet *et al.* (2000) e Araújo, Mercante e Vitorino (2015), pois não foi observado diferença estatística para este parâmetro no presente trabalho.

A maior ou a menor eficiência no aproveitamento do fósforo presente no solo são provocadas por diferenças na absorção, translocação e utilização desse nutriente pelas plantas (GERLOFF e GABELMAN, 1983), diferenças essas que serão associadas a características morfológicas e fisiológicas das plantas. Segundo Calderón (2006), plantas eficientes no uso de fósforo possuem em sua composição genes que conferem mecanismos adaptativos para contornar a baixa disponibilidade de nutrientes no meio. Porém, em níveis de fósforo apropriados no solo, esses genes podem não se expressar, conferindo uma menor resposta da planta à melhoria ambiental.

Isso faz relação com o resultado deste experimento, pois segundo a análise de solo da área do experimento o fósforo disponível está em 35 mg dm⁻³, que é o equivalente a 70 kg ha⁻¹, um nível considerado muito alto segundo o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019). E sob estas condições, para se produzir de 8 a 10 ton ha⁻¹, é necessário de 21 a 40 kg de fósforo em um hectare. Como a adubação foi de

aproximadamente 57 kg de fósforo por hectare e, considerando a lei do mínimo, é provável que o fósforo não foi um elemento limitante neste experimento.

Além disso, a coinoculação de *Azospirillum brasilense* pode nem sempre resultar no aumento de produtividade, o que pode ser devido as populações das bactérias existentes no solo já apresentarem estirpes eficientes e em número adequados (BIZARRO, 2008). Esse fato também pode explicar o observado neste experimento, uma vez que esta bactéria é aplicada na área do experimento há cerca de 3 anos, na semeadura do milho e também da soja.

Visto que as plantas têm um potencial genético produtivo definido são necessárias condições de manejo, nutricionais e climáticas adequadas, especialmente a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (CRUZ *et al.*, 2006). Portanto, nem todo fertilizante disponível no solo será utilizado pela planta e o mesmo se aplica a essas bactérias que auxiliam na absorção de nutrientes do solo.

Conclusão

O uso isolado das bactérias *Azospirillum brasilense* e *Bacillus sp.*, bem como a coinoculação destes organismos, nas condições da realização deste experimento, não influenciou os parâmetros vegetativos e produtivos do milho.

Referências

- ALMEIDA, A. F. **Desempenho agrônômico e eficiência de utilização de fósforo por cultivares de milho**. 2019. Tese: Doutorado em Agronomia. Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, Mossoró.
- APARECIDO, L. E. O., ROLIM, G. S., RICHETTI, J., SOUZA, P. S., JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4 p. 405-417, 2016.
- ARAÚJO, F. F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 21, p. 1639-1645, 2005.
- ARAÚJO, E. O.; MERCANTE, F. M.; VITORINO, A. C. T. Effect of nitrogen fertilization associated with inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* on corn. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, n. 3, p. 137-145, 2015.
- BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BATTISTI, A. M; SIMONETTI, A. P. M. Inoculação e Co inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 3, p. 249-301, 2015.

BIZARRO, M. J. **Simbiose e variabilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* associadas à cultura da soja em diferentes manejos do solo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS. Brasil. (97p), 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão para inscrição no registro nacional de cultivares – RNC**. Disponível em: <http://www.cisoja.com.br/downloads/legislacao/anexo_PT_294_4.pdf>. Acesso em: 14 set. 2012.

CALDERÓN, L. S. **Genetic characterization of morpho-physiological responses of the root system of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., for phosphorus deficiency**. 2006. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional – CINVESTAV, Ciudad de México.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. DOS S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, p. 129-132, 2000.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 7. n.6. 2020. p.11 – 15.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; Alvarenga, R. C.; Gontijo Neto, M. M.; Viana, J. H. M., de OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. (2006). Manejo da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica/RJ: EMBRAPA, 2007. 07p.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353p.

FABRICE, C. E. S.; SOARES FILHO, C. V.; PINTO, M. F.; PERRI, S. H. V.; CECATO, U.; MATEUS, G. P. Recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* degradada com introdução de *Stylosanthes* e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 4, p. 758-771, 2015.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

FERREIRA, F. N.; GUIEIRO, C. S. M.; ARAÚJO, B. R.; RIBEIRO, V. P.; MARRIEL, I. E.; SOUZA, F. A.; OLIVEIRA, C. A. **Efeito da co-inoculação de microrganismos solubilizadores de fósforo, fungos micorrízicos e *Azospirillum* sobre a atividade enzimática da urease e arginase no cultivo do milheto**. Sete Lagoas: SBCS, 2016. 1014p.

GAZOLA, R. N.; BUZETTI, S.; DINALLI, R. P.; FILHO, M. C. M. T.; CELESTRINO, T. S. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 876-884, 2013.

GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. H.; Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. **Inorganic plant nutrition**. New York: Springer-Verlag, 1983. p.453-480.

GURGEL, F. de L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, A. C. S. **O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Amazônia Oriental, 2013. Disponível em < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/955896> > Acesso em: 12 out. 2020.

MINITAB. **Getting started with Minitab 17**. Minitab, 2016. 82p.

MORAES, C. **Azospirillum brasilense e um isolado solubilizador de fósforo em milho**. 2016. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, K. M.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1687-1698, 2011.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. - 2 ed, Curitiba: SBCS, p. 185-188, 2019.

PRADO, M. R.; CAMPOS, C. N. S. **Nutrição e adubação de grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, 2018.

SANTOS, F. L. **Inoculação e coinoculação de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas de arroz, milho e trigo**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre.

SICHOCKI, D., GOTT, R. M., FUGA, C. A. G., AQUINO, L. A., RUAS, R. A. A., NUNES, P. H. M. P. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014.