UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

NELSON CÂMARA DE SOUZA JÚNIOR

RESPOSTA DO FEIJOEIRO COMUM E ADZUKI À INOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*

Ilha Solteira
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

RESPOSTA DO FEIJOEIRO COMUM E DO FEIJOEIRO ADZUKI À INOCULAÇÃO COM *Bacillus Subtilis*

NELSON CÂMARA DE SOUZA JÚNIOR

Orientador: Marco Eustáquio de Sá

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Ilha Solteira
Julho de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729r

Souza Júnior, Nelson Câmara de.
Resposta do feijoeiro comum e adzuki à inoculação com *Bacillus subtilis* / Nelson Câmara de Souza Júnior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
26 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso - (Graduação em Engenharia Agronômica) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Inclui bibliografia

1. Tratamento de sementes. 2. *Bacillus subtilis.* 3. Feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). 4. Feijão adzuki (*Vigna angularis*).

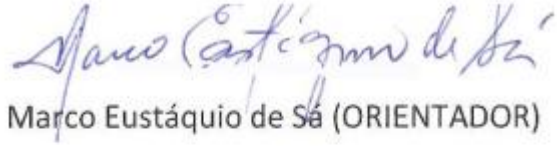
Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

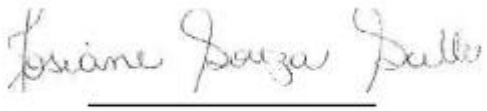
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE AGRONOMIA

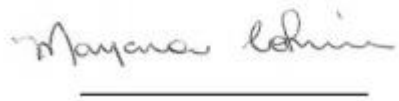
ATA DA DEFESA — TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
TÍTULO: “RESPOSTA DO FEIJOEIRO COMUM E DO FEIJOEIRO ADZUKI À INOCULAÇÃO
COM BACILLUS SUBTILIS”
ALUNO: NELSON CÂMARA DE SOUZA JUNIOR RA:
ORIENTADOR: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá
Aprovado (x) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com Nota: 9,0
COMISSÃO EXAMINADORA:



Marco Eustáquio de Sá (ORIENTADOR)



Doutoranda Josiane Souza Salles



Doutoranda Mayara Fávero Cotrim

Ilha Solteira (SP), 21 de Julho de 2021.

DEDICO:

A minha mãe Raquel Santos por todo o amor, minha eterna gratidão e carinho.

Agradecimentos:

Primeiramente quero agradecer a todos os alunos da turma XLV do curso de Engenharia Agronômica, foi uma honra fazer parte dessa turma. Agradeço especialmente aos meus colegas, Daniela Ribeiro, Letícia Martins e Martins, Camila Muraroto, Camila Carmona e Thaís Lana Lobo por todos os trabalhos juntos e tudo que fizemos para chegar até aqui.

Agradeço ao meu orientador o Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá, pela ajuda e paciência em todos esses anos como orientador e amigo.

Sou grato pela UNESP, pelo corpo docente e todos os anos que passei aqui nessa universidade. Todos contribuíram para que chegasse nesse momento e que eu possa ser um bom profissional na área.

Agradeço especialmente minha mãe Raquel Santos, uma mulher exemplar que fez de tudo para que o filho tivesse seu diploma em um curso superior. Uma mulher honrada, negra, que é um exemplo de ser-humano e de mãe. Toda essa conquista é dela e para ela.

Agradeço as doutorandas Josiane e Mayara que contribuíram com ótimos conselhos para que esse trabalho fosse bem desenvolvido.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de iniciação científica concedida.

Resumo:

A utilização de bactérias diazotróficas na agricultura, em tratamento de sementes ou em pulverizações em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas, é uma tecnologia que vem sendo bastante estudada visando o aumento da produtividade das culturas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da bactéria *Bacillus subtilis* no tratamento de sementes de duas espécies de feijão, feijão adzuki (*Vigna angularis*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (5x2), com 5 doses (0; 100 mL de produto comercial por 50 kg de sementes; 200 mL de produto comercial por 50 kg de sementes; 300 mL de produto comercial por 50 kg de sementes e 500 mL de produto comercial por 50 kg de sementes) e duas espécies (*P.vulgaris* e *Vigna angularis*) e cinco repetições. O experimento foi realizado em vasos em casa de vegetação. Foram avaliados: Comprimento de parte aérea (cm), comprimento de raiz (cm), número de vagens por planta, número de sementes por planta, massa seca de raiz e massa seca de parte aérea. Os resultados mostraram diferenças no desempenho das espécies para todos os parâmetros com exceção para massa seca de raízes. Observaram-se ajustes das doses para comprimento de parte aérea (dose ótima de 294mL/50kg de sementes) e massa seca de raízes (dose ótima de 290 mL/ 50kg de sementes para o feijão adzuki) e número de vagens por planta (dose ótima de 366mL/ 50kg de sementes) para o feijoeiro comum. Não se observaram ajustes das doses a nenhuma das funções testadas para os outros parâmetros estudados.

Palavras chave: tratamento de sementes, plântulas, potencial, rizobactérias.

Abstract:

The use of diazotrophic bacteria in agriculture, in seed treatment or in spraying at different stages of plant development is a technology that has been extensively studied in order to increase crop productivity. This work aimed to evaluate the application of the bacterium Bacillus subtilis in the seed treatment of two bean species, adzuki bean (Vigna angularis) and common bean (Phaseolus vulgaris L.). The design used was completely randomized in a factorial scheme (5x2), with 5 doses (0; 100 mL of commercial product per 50 kg of seeds; 200 mL of commercial product per 50 kg of seeds; 300 mL of commercial product per 50 kg of seeds) of seeds and 500 mL of commercial product per 50 kg of seeds) and two species (P.vulgaris and Vigna angularis) and five replications. The experiment was carried out in pots in a greenhouse. The following were evaluated: shoot length (cm), root length (cm), number of pods per plant, number of seeds per plant, root dry mass and shoot dry mass. The results showed differences in species performance for all parameters except for root dry mass. Dosage adjustments were observed for shoot length (optimal dose of 294mL/50kg of seeds) and dry mass of roots (optimal dose of 290 mL/50kg of seeds for adzuki bean) and number of pods per plant (optimal dose of 366mL/ 50kg of seeds) for common bean. There were no dose adjustments to any of the tested functions for the other parameters studied.

Keywords: seed treatment, seedlings, potential, rhizobacteria.

Sumário:

1. Introdução:.....10

2. Revisão de Literatura: 12

2.1 Feijoeiro Comum: 12

2.2 Feijão Adzuki:.....13

3. Material e métodos: 16

4. Resultados e Discussões:.....18

5. Conclusão: 22

6. Referências:.....23

1. Introdução:

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) tem uma função fundamental na alimentação do povo brasileiro, representando juntamente com o arroz (*Oriza sativa*) a base da dieta diária da população mais carente; enquanto que o feijão adzuki (*Vigna angularis)*, tem uma utilização importante na culinária oriental. Estas duas espécies produzem grãos com elevado teor proteico, além de terem uma importante utilização medicinal, no entanto, os níveis de produtividade, principalmente do feijoeiro comum, são níveis muito baixos em nosso país e a busca de alternativas que possam melhorar a produtividade é de grande relevância na pesquisa (TAVARES, SOUSA, SALGADOS, SANTOS., 2016).

Já o feijoeiro adzuki, além de ser usado como alimento direto, pode ser utilizado na confecção de doces ou em atividades medicinais, principalmente no controle do ácido úrico. Para uma boa produtividade do feijoeiro e do feijão adzuki é interessante que essas plantas produzam grande quantidade de nós, e seguir bem ramificadas, pois nas axilas das folhas desses nós que são produzidas as estruturas reprodutivas. Para uma sustentação adequada da planta é importante um sistema radicular vigoroso que poderá proporcionar uma adequada absorção de nutrientes (ORSI *et al.*, 2017).

A utilização de agentes biológicos como PERR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), têm apresentado bons resultados, com uma gama de benefícios as plantas, tais como a presença do aumento de 53% da emissão de raízes em eucalipto (*Eucalyptus spp*.), devido a utilização de *Bacillus subtilis* (RAASCH; BONALDU; OLIVEIRA, 2013), ganhos no crescimento e nutrição das plantas (ARAÚJO; 2008), crescimento da soja (*Glycine max* L.) (número de nódulos, área foliar e seca da parte aérea) (MEDICI, 2011). As PGPR podem colonizar as raízes e como benefícios podem acarretar maior reciclagem, solubilização e absorção de nutrientes minerais, síntese de vitaminas, aminoácidos, sideróforos e hormônios promotores do crescimento de plantas, como giberelina, auxina e citocinina. Segundo pesquisas, elas também são responsáveis por mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que podem favorecer muito a redução de impactos negativos dos estresses (WANG, 2014).

Lima (2010) verificou que a inoculação de *Bacillus subtilis* em sementes de milho promoveu aumento significativo para a leitura da clorofila, acúmulo de N,

comprimento das espigas despalhadas, massa das espigas despalhadas, e produtividade de grãos secos. Já Lazzaretti e Bettiol (1997) verificaram os efeitos de *Bacillus subtilis* na nodulação das raízes de feijoeiro e de soja. Portanto, objetivou-se identificar a eficácia da aplicação de Bacillus subtilis no desenvolvimento, produtividade por planta em duas espécies de feijoeiro: feijão adzuki (Vigna angularis e feijão comum Phaseolus vulgaris L.); foi aplicado o produto comercial contendo a bactéria nas sementes e após isso realizado as posteriores análises.

2. Revisão de Literatura:

2.1 Feijoeiro Comum:

O feijão é uma leguminosa de grande importância para o brasileiro, presente em seu dia-a-dia para complemento de sua dieta balanceada. O feijão comum está inserido na família Fabaceae e é uma planta herbácea, que compreende a uma espécie leguminosa sub-família Faboideae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (MESQUITA, CORRÊA, ABREU, LIMA, 2007).

O Brasil tem se destacado quando a produção de feijão. Segundo os dados da CONAB, na safra 2019/2020, o país chegará a uma média de 3,02 milhões de toneladas por ano da cultura, em uma área de cerca de 3 milhões de hectares, sendo o terceiro maior produtor mundial (CONAB, 2020). O ciclo vegetativo do feijão comum vária de 75 à 110 dias e segundo dados da EMBRAPA, a cultura do feijão é realizada em todo o Brasil, por grandes e pequenos produtores com diferentes níveis de tecnologia (Osmira, 2020).

Para Vieira (2008) e Lacerda (2010) a leguminosa é considerada uma planta exigente em condições climáticas, tendo o seu desenvolvimento e produção diretamente afetada pelas temperaturas e índices pluviométricos extremos. Guimarães (1992) relatou que o feijoeiro é considerado uma planta sensível ao estresse hídrico, principalmente em virtude da baixa capacidade de recuperação após a deficiência hídrica e com sistema radicular pouco desenvolvido. Isto não é problema para que a cultura seja altamente cultivada dentro do país, já que se adapta bem as características climáticas do local.

Osmira (2020), citou que hoje dentro do Brasil, já pode-se observar a ocorrência de três semeaduras de feijão durante o período de um ano. Essas safras são conhecidas como: Safra das Águas, Safra da Seca, Safra de Inverno ou Irrigada. O plantio da 1ª safra, nas Regiões Sul e Sudeste vai de agosto a dezembro e a colheita nos meses de novembro a abril. Na Região Centro-Oeste, Nordeste e Norte, o plantio é outubro a fevereiro e a colheita em janeiro a maio. A 2ª safra, abrange todos os Estados brasileiros e de acordo com o calendário, o plantio da Região Sul e Sudeste vai de janeiro a abril, e a colheita nos meses de março a agosto. Já na Região Centro-Oste, Norte e Nordeste, o plantio fica entre os meses de janeiro a junho e a colheita de

março a setembro. O plantio nas Regiões Sul e Sudeste na 3ª safra vai de março a junho e a colheita nos meses de junho a outubro (OSMIRA, 2020).

Já nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, o plantio é realizado nos meses de abril a junho e a colheita de junho a outubro. A CONAB, de acordo com o plano da Safra de 2020/2021 indica que a produção esperada é de 3,126 milhões de toneladas.

2.2 Feijão Adzuki:

O feijão adzuki é uma espécie muito cultivada no continente asiático. Lá sua apreciação é alta, sendo muito utilizado na culinária, principalmente na produção de doces. Já no Brasil, o feijão adzuki ainda é pouco consumido e o doce de feijão é pouco conhecido pelos brasileiros. A espécie *Vigna angularis* é originária das regiões tropicais da Ásia e representa um alimento de amplo consumo na dieta de países como o Japão, a Coreia e a China. É um ótimo alimento para a dieta, contendo elevado teor de proteína vegetal e carboidratos, contendo um alto teor de fibras alimentares, vitaminas e minerais, além de possuir baixa quantidade de lipídios. (KLOMKLAO, 2010; MUKAI; SATO, 2011).

É um alimento rico em polissacarídeos, fibras, gorduras e outros micronutrientes (WU, BAI, WAN, SHI., 2019). Os grãos do feijão adzuki tem um sabor doce, sendo a mais apreciada pelos orientais. A sua coloração vermelha é rica em polifenóis, como procianidinas e quercetina, antioxidantes naturais que exercem ações benéficas no organismo. O feijão é muito utilizado na confecção de doces como o mochi. (ORSI, NISHI, CARVALHO, ASQUIERI, 2017).

2.3 *Bacillus subtilis:*

Nas últimas décadas, o uso de microorganismos na agricultura vem aumentando significativamente devido a uma maior conscientização da importância de se preservar o ambiente, buscando-se alternativas para reduzir o uso de produtos químicos (SOUZA, 2001) e permitir um manejo sustentável dos agroecossistemas (OLIVEIRA, BANGEL, HUNGRIA, SILVEIRA, VARGAS, LISBOA, 2012).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) são encontradas na rizosfera (rizobactérias) podendo estar na superfície ou em associação com as raízes sendo capazes de potencializar o crescimento da planta de maneira direta ou indireta. Como exemplo podemos citar, o controle de patógenos do solo, melhoria na absorção de nutrientes pelas raízes e aumento na concentração da concentração de nutrientes nas folhas (GALDIANO JÚNIOR, 2011) (COSTA, 2019). Essas bactérias apresentam

um papel importante ao conferirem proteção às plantas, seja por estarem presentes nas plantas hospedeiras ou pela sua aplicação como agentes biocontroladores, resultando na eliminação de pragas (SOUZA, 2011)

AS BPCPs podem penetrar nas plantas através das sementes, aberturas naturais (hidatódios, lenticelas entre outras) ferimentos que naturalmente ocorrem em virtude do crescimento da planta, ferimentos em geral induzidos por fatores bióticos (fungos, nematóides e insetos) e abióticos (manejo da cultura, variações extrema de temperatura, transplantio, entre outros) e ativamente pela produção de enzimas hidrolíticas (celulase, pectinase) (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006; SILVEIRA, 2001). Dessa forma, as BPCPs podem ser utilizadas em tratamentos de sementes, explantes e mudas micropropagadas, tratamento de estacas, tubérculos e raízes, incorporadas ao substrato de plantio, em pulverizações na parte aérea, incluindo folhagem e frutos, e em pós-colheita (MARIANO, SILVEIRA, ASSIS, GOMES, NASCIMENTO, DONATO, 2004)

Os principais mecanismos propostos para ação direta dessas bactérias no crescimento das plantas têm sido produção de ácido cianídrico, fitohormônios e enzimas, mineralização de nutrientes, solubilização de fosfatos e fixação de nitrogênio (SILVEIRA, 2001; BARRETTI, SOUZA, POZZA, 2006), permitindo a condução do manejo da cultura de forma mais sustentável (BARRETTI, SOUZA, POZZA, 2006). Ressalta-se que os efeitos observados na promoção do crescimento de plantas podem ser: aumento na taxa de germinação, crescimento das raízes, crescimento de colmos ou caules, aumento do número de folhas e área foliar, crescimento de tubérculos, aumento de flores e aumento de rendimento (SILVEIRA, 2001) (COSTA, 2019).

Dentre os gêneros mais estudados destacam-se *Bacillus, Pseudomonas, Azospirillum* e *Rhizobium* (ARAÚJO, 2008), os quais atuam no desenvolvimento das plantas, promovendo efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência de plântulas e crescimento das plantas (LAZZARETTI, BETTIOL, 1997). O maior reservatório de *Bacillus* é o solo, podendo habitar também ambientes extremos, como desertos e geleiras. Sua ação antagonista não é específica, atuando tanto sobre patógenos foliares como radiculares (GRIGOLLETTI JÚNIOR, SANTOS, AUER, 2000); produzem também antibióticos que liberam compostos que previnem o crescimento de patógenos (SAHARAN, NEHRA; 2011). Na literatura pode-se observar

que a bactéria pode agir como biocontrolador de nematóides formadores de galhas, podendo ser utilizada no manejo de culturas diversas, com o objetivo de reduzir os efeitos do parasita. As endotoxinas produzidas por *B. subtilis* no solo, vão interferir no ciclo reprodutivo dos nematóides, no caso na oviposição e eclosão de juvenis (ALVES, 2018).

Conforme Lanna Filho, Ferro, Pinho (2010) o sucesso de *B. subtilis* na promoção do crescimento de plantas está intrinsecamente relacionado às suas características biológicas, as quais facilitam a manutenção de sua viabilidade em bioformulados.

Em estudos de Lazzaretti e Melo (2005) em condições de casa de vegetação, testando a aplicação de *B. subtilis* em sementes de feijoeiro foi verificado aumento na nodulação em mais de 100%, em solo natural e de 160% quando aplicado com *Rhizobium*. Já Araújo e Marchesi (2009) em trabalho com feijão caupi e leucena observaram que a massa seca de raízes dessas leguminosas aumentaram com a co-inoculação (*Rhizobium* e *B. subtilis*). Ibanhes Neto e Fernandes (2021), também verificaram que a inoculação da bactéria em feijão, proporciona aumento significativo em todas as variáveis analisadas dos componentes de produtividade.

3. Material e métodos:

O experimento foi instalado no dia 28 de março do ano de 2017 e a emergência ocorreu cinco dias após a implantação, obtendo-se plantas vigorosas e com desenvolvimento uniforme. As plantas apresentaram elevado nível de sanidade sendo que ao longo do ciclo não foram aplicados defensivos para controle de pragas e doenças. Foi conduzido em casa de e realizada a semeadura simultânea do feijão adzuki e do feijão BRS Estilo, em vasos separados, alocados na casa de vegetação.

Utilizaram-se vasos de 15L, que foram preenchidos metade com solo e metade com substrato comercial utilizado para produção de mudas de hortaliças. Em cada vaso, foram semeadas 8 sementes na profundidade de 2 cm. Logo após isso usou-se a mistura solo mais substrato para cobrir essas sementes. Dez dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se 4 plantas por vaso. A análise da mistura indicou a seguinte composição química :MO: 15g/dm3, P: 23mg/dm3, pH 5,3 (CaCl2), K: 1,4 (mmolc /dm3); Ca :17 (mmolc/dm3), Mg: 15 (mmolc/dm3); H+Al 20 (mmolc/dm3), Al: 0, V% 63.

Para o produto bioinoculante, utilizaram-se as doses de 0; 100 mL de produto comercial por 50 kg de sementes; 200 mL de produto comercial por 50 kg de sementes; 300 mL de produto comercial por 50 kg de sementes e 500 mL de produto comercial por 50 kg de sementes. Para tanto foi utilizado o produto FMT 001 (3x 10.000.000.000 UFG por mL) Os produtos foram dosados com pipeta de precisão e aplicados sobre as sementes adicionando-se a cada dose 2 mL de água e misturando-se para posterior aspersão sobre as sementes que foram agitadas em sacos plásticos para boa uniformização. Para maior sobrevivência da bactéria, adicionou-se no preparo da solução cerca de 8 gramas de NaCl/100 mL.

O experimento constou de cinco 5 doses do produto e 2 espécies de feijão com 5 repetições, utilizando-se 25 vasos para cada espécie. O substrato foi adubado com 0,25 g/L da fórmula 8-28-16 aplicadas manualmente antes da semeadura. Após 15 dias após a emergência foi realizada uma adubação em cobertura colocando-se 0,5 g de ureia por vaso. Em pleno florescimento foi realizada a retirada de duas plantas por vaso para se verificar o comprimento da planta e comprimento das raízes (utilizando-se régua graduada em milímetros), após lavagem e secagem à sombra o material foi colocado em estufa de circulação forçada de ar regulada a 65°C até

atingir massa constante (72 horas), e então foi pesado em balança de precisão 0,001g e determinou-se a massa seca de raízes e massa seca da parte aérea.

As plantas remanescentes ao final do ciclo (vagens secas), foram colhidas e determinou-se a altura final da planta, número de vagens por planta, número de sementes total, massa seca e comprimento de plântulas. As espécies foram analisadas separadamente no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (5x2), e para verificar os efeitos das doses do produto a base de *Bacillus subtilis* foram feitas regressões polinomiais.

4. Resultados e Discussões:

Os dados apresentados na Tabela 1 são referentes ao feijoeiro comum BRS Estilo e ao feijoeiro adzuki:

Tabela 1- Valores médios obtidos para comprimento de parte aérea, número de vagens por planta e número de grãos por vaso, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes em feijoeiro BRS Estilo em função de doses de *Bacillus subtilis.*

Espécie	C raiz	C P aérea	N vag/pl	N sem/pl	Ms raiz	Ms P aérea
Feijão comum	16,40b	57,60 b	14,60b	73,8b	0,77	24,16 a
Feijão Adzuki	18,20 a	61,36a	23,70 a	147,0a	0,79	19,72 b
Doses			Feijão comum			
0 mL	16,82	53,80	11,20[2]	56,8	0,69	23,20
100 mL	17,04	57,70	12,24	63,0	0,82	24,20
200mL	17,26	57,70	18,40	91,0	0,76	21,60
300 mL	17,47	63,66	14,42	69,64	0,89	25,80
500 mL	17,90	61,10	17,00	89,81	0,72	26,00
			Feijão adzuki			
0 mL	15,73	55,80 [1]	21,64	146,60	0,78[3]	18,80
100 mL	17,26	57,74	21,00	134,60	0,81	22,60
200 mL	18,15	59,80	27,20	154,60	0,74	16,00
300mL	18,39	60,31	26,80	156,80	0,88	21,00
500 mL	16,94	63,20	22,00	140,80	0,80	20,20
F esp	4,74*	3,03^{ns}	9,67**	2,28^{ns}	0,05^{ns}	29,65**
F dose	2,37^{ns}	1,66^{ns}	0,68^{ns}	0,33^{ns}	0,38^{ns}	4,19**
F e x	0,15^{ns}	0,33^{ns}	0,17^{ns}	0,22^{ns}	0,13^{ns}	0,85^{ns}
CV %	16,5	15,0	53,5	49,0	34,8	13,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si.

1- $Y= -0,000057x^2+ 0,0335882x + 53,836819$ $R_2 =87,39$

2- $Y= -0,000064x^2 +0,046946x +15,735493$ $R_2=65,79$

3- $Y = -0,000032x^2+ 0,01858x +15,7326$ $R_2 =55,70$

C raiz= comprimento da raiz; CP aérea= comprimento da parte aérea; N vag/pl= Número de vagens por planta; N sem/pl= Número de sementes por planta; Ms raiz=

Matéria seca da raiz, Ms P aérea= Matéria seca da parte aérea; CV= Coeficiente de variação.

Conforme Araújo e Marchesi (2009), em pesquisa com feijão caupi e com leucena, foi verificado que houve aumento na massa de raízes com a aplicação em co-inoculação de *B. subtilis* + *Rhizobium*. Porém neste trabalho não se verificaram efeitos para nenhuma das espécies estudadas.

OLIVEIRA SILVA, MARCIANO, PROENÇA e SÁ (2016) estudando o efeito de doses de *Bacillus subtilis* na cultura do feijoeiro BRS Estilo verificaram que em todas as doses estudadas houve melhoria no crescimento das raízes e da parte aérea.

Foi observado também um bom aspecto de desenvolvimento inicial na cultura (Figura 1). Obteve-se plantas vigorosas que se desenvolveram bem no ciclo total. Isso está de acordo com Oliveira, Silva, Marciano, Proença e Sá (2016), que verificaram que plantas que sofreram inoculação com *Bacillus subtilis* são plantas mais resistentes ao ataque de pragas, e a bactéria pode ser eficaz ao controle de nematoide do solo.



Figura 1: Aspecto geral do feijão comum no início do ciclo.

Para o feijão comum, observou-se que com a inoculação da bactéria, nas sementes proporciona as plantas uma coloração esverdeada muito mais forte, o que confirma as afirmações de Ribeiro, Sei e Leite (2011), que a cultura tem um bom aspecto inicial de desenvolvimento, o que resulta em uma planta mais vistosa.

O aspecto geral da cultura no início do seu ciclo também foi muito bom, conforme mostra a Figura 2:



Figura 2: Aspecto geral do feijão adzuki no início do ciclo.

OLIVEIRA, SILVA, MARCIANO, PROENÇA e SÁ (2016) estudando o efeito de doses de *Bacillus subtilis* na cultura do feijoeiro BRS Estilo verificaram que em todas as doses estudadas houve melhoria no crescimento das raízes e da parte aérea. Foi observado também um bom aspecto de desenvolvimento inicial na cultura. Obtivemos plantas vigorosas que resistiram bem ao ciclo total. Isso está de acordo com Oliveira Silva, Marciano, Proença e Sá (2016), que verificou que plantas que sofreram inoculação com *Bacillus subtilis* são plantas mais resistentes ao ataque de pragas, e a bactéria pode ser eficaz ao controle de nematoide do solo.

ALVES (2018), também cita que a bactéria tem um efeito positivo na produção, por conta da produção de nódulos e esporos. Segundo Zucareli, Barzan, Silva e Chaves (2018), seu trabalho desenvolvido com feijoeiro, verificou que houve aumento significativo em variáveis como crescimento das raízes e da parte aérea na cultura do feijão, mas eles não encontraram uma variação na produção.

Já com relação ao comprimento da parte aérea, também foram observadas diferenças entre as espécies, com superioridade para as plantas do feijão adzuki. Não foram verificados ajustes para doses no feijoeiro comum, mas parara o feijão adzuki os das se ajustaram a função $Y= -0{,}000057x^2+ 0{,}0335882x+ 53{,}836819$, com $R_2=87{,}32$. A dose ótima calculada foi de 294 mL por 50kg de sementes.

Já em estudos desenvolvidos por Braga júnior (2015) testando a eficiência da inoculação de *B. subtilis* como promotor de crescimento vegetal na cultura do milho em casa de vegetação, foi verificado que as sementes de milho inoculadas resultaram em plantas com maior acúmulo de biomassa, em estádio inicial de crescimento. Dessa forma entende-se que a aplicação do bioestimulante proporcionou um maior

desenvolvimento das plantas. Ao se verificar os dados de crescimento de parte aérea verificados para feijão adzuki tem se pela equação obtida que isto ocorreu.

Com relação ao número de vagens por planta, também foram observadas diferenças entre as espécies com superioridade para o feijão adzuki. Já para doses, observou-se que para o feijoeiro comum os dados se ajustaram a uma função quadrática Y=-0,000064x^2+0, 0446946x+15,73,5493, com ponto de ótimo de 366mL/50kg de sementes. Este fato se torna bastante relevante, tendo-se em vista que o número de vagens por planta é um importante componente da produtividade e da produção das culturas. Assim, ao se aplicar um produto que pode proporcionar aumento neste componente tem -se a oportunidade de promover aumento na produtividade.

Com relação ao número de sementes por plantas também foram verificadas diferenças entre as espécies, porém não se verificaram ajustes para as doses em nenhuma das espécies. Como foi observado ajuste para o número de vagens para o feijoeiro comum esperava-se que também ocorresse com este parâmetro para esta espécie, mas este fato não foi verificado. Assim, o que deve haver ocorrido que embora tenha produzido mais vagens em função das doses nesta espécie pode ser que tenha ocorrido redução no número de grãos por vagem e dessa forma o número de grãos por planta foi semelhante.

Para massa seca de raízes não foram verificadas diferenças entre as espécies, ocorrendo semelhança entre as espécies. Também não foram verificados ajustes a nenhuma das funções testadas para as duas espécies. Estas observações com relação à massa seca das raízes não concordam com algumas observações da literatura que observaram aumento na massa de raízes e de parte aérea com a aplicação de *B. subtilis* (BRAGA JÚNIOR 2015, OLIVEIRA, SILVA, MARCIANO, PROENÇA e SÁ, 2016). Com relação a massa seca de parte aérea se verificaram também diferenças entre as espécies com o feijoeiro comum sendo superior ao feijoeiro adzuki. Isto provavelmente se deveu ao fato do maior número de ramificações do feijoeiro comum em relação ao feijão adzuki tenha proporcionado a obtenção de plantas mais pesadas.

5. Conclusão:

Após a análise e interpretação dos resultados obtidos, pode se concluir que:

- Foram observadas diferenças entre as espécies no comprimento de raízes, comprimento de parte aérea, número de vagens por planta, número de sementes por planta com maiores valores para o feijão adzuki e massa seca de parte aérea para o feijoeiro comum.
- As doses do bioestimulante se ajustaram a funções quadráticas para o comprimento de parte aérea e massa seca de raízes com dose ótima de 294 e 290 mL/50kg de sementes para o feijão adzuki, e número de vagens por planta para o feijoeiro comum com dose ótima de 366m/50 kg de sementes

6. Referências:

ALVES, Kessia Caroline Souza. Bacillus subtilis: uma versátil ferramenta biotecnológica. **Scientia Amazonia**, Revista Online, v. 2, n. 2, p. 15-23, mar. 2018. Disponível em: http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/05/v7-n2-b15-b23-2018.pdf. Acesso em: 23 jul. 2021.

ARAÚJO, F.F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão, **Ciência e Agrotecnologia**; Lavras; v.32; n 2; p.456-462; 2008.

ARAÚJO, F. F.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle de meloidoginose e na promoção de crecimento do tomateiro**. Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.39, n.1, p.1558-1561, 2009.

BARRETTI, P. B.; SOUZA, R. M., POZZA, E. A. Bactérias endofíticas como agentes promotores do crescimento de plantas de tomateiro e de inibição in vitro de *Ralstonia solonacearum*. **Ciência Agrotécnica**, v.32, p.731-739,2008.

CONAB. Balanço de oferta e demanda: quadro de suprimento. Disponível em: https://www.conab.gov.br/. Acesso em: 23/07/2021.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de feijão (Phaseolus vulgaris L.) e caupi (Vigna unguiculata L.) no Brasil (1985 a 2011): área, produção e rendimento). Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm. Acesso em: 25 out. 2020.

GALDIANO JÚNIOR, R. F. Isolamento, identificação e inoculação de bactérias produtoras de auxinas associadas às raízes de orquídeas. 2009, 67f. (Dissertação de Mestrado-UNESP- FCAV- Campus de Jaboticabal)

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SANTOS, A., F.; AUER, C. G. Perpectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Floresta**, Curitiba-PR, v.30, n.1/2, p.155-165,2000.

IBANHES NETO, Helio Fernandes. Physiological potential of green bean seeds treated with Bacillus subtilis. **Journal Of Seed Science**, Londrina, v. 43, n. 2, p. 1-9, maio 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/jss/a/jssz7xBgvdm47SzCzBqbp9v/abstract/?format=html&lang=pt. Acesso em: 24 jul. 2021.

INGREDIENTES ONLINE. **Feijão Adzuki**. Disponível em: https://www.ingredientesonline.com.br/feijao-fra. Acesso em: 13 out. 2020.

LANNA FILHO, R., FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis***. Revista Trópica** Ciências Agrárias e Biológicas, Chapadinha, v.4, n.2, p.12-20.2010.

Lazzaretti, E.; BETTIOL, N.; Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agrícola**; Piracicaba; v.54, n 1-2; p.89-96;1997.

LAZZARETTI, E.; MELO, I. S. **Influência de Bacillus subtilis na promoção de crescimento de plantas e nodulação de raízes de feijoeiro**. Jaguariúna, EMBRAPA Meio Ambiente,2005,21p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

LETÍCIA CAROLINA COSTA, 2019, Sinop. **Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de Bacillus subtilis.** Sinop: Nativa, 2019. 7 p. Disponível em: file:///C:/Users/junio/Downloads/6261-Texto%20do%20Artigo-27350-1-10-20190311.pdf. Acesso em: 23 jul. 2021.

LI W, ZHANG S, SHAN L (2007) Responsibility of non-stomatal limitations for the reduction of photosynthesis-response of photosynthesis and antioxidant enzyme characteristics in alfalfa (Medicago sativa L.) seedlings to water stress and rehydration. Front Agric China 1:255–264. doi: 10.1007/s11703-007-0044-5

LIMA, F.F. *Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade de milho; 2010; 5f. Dissertação (Mestre em Agronomia-área de concentração Produção Vegetal- Universidade Federal do Piauí).

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E.B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v.1, p.89-111, 2004.

MEDICI, R. Efeito de produtos alternativos no controle de oídio e Bacillus spp. como promotores de crescimento da soja. 2011; 103f. (Tese Doutorado Proteção de Plantas- FEAUNESP).

MESQUITA; F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (Phaseolus vulgaris L.): composição química e digestibilidade proteica**. Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114- 1121, jul. /ago. 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O**. Microbiologia e bioquímica do solo**.2 ed., Lavras, UFLA, 2006, 729p.

OLIVEIRA, A. M. R.; BANGEL, E. V.; HUNGRIA, M.; SILVEIRA, J. R. P.; VARGAS, L.K.; LISBOA, B. B. Caracterização da região espaçadora 16-235 rDNA para diferenciação de estirpes de rizóbios utilizadas na produção de inoculantes comerciais no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.8, p.1423-1429,2012.

OLIVEIRA, G. R. F., SILVA, M. S.; MARCIANO, T. Y. F.; PROENÇA, S. L.; SÁ, M. E. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor das sementes e inoculação com *Bacillus subtilis***. Brasilian Journal of Biosystems Engineering**, v.10, n.4, p.439-448,2016.

ORSI, Daniela Castilho *et al*. **Caracterização química, atividade antioxidante e formulação de doces com feijão azuki (Vigna angularis)**. 2017. 6 f. Tese (Doutorado) - Curso de Farmácia, Universidade de Brasília, Brasilia, 2017. Disponível em:https://www.scielo.br/j/bjft/a/Bc7qPdFVgYxCfFNXdNrxbqt/abstract/?lang=pt#ModalDownloads. Acesso em: 23 jul. 2021.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. Plant growth promoting rhizobacteria a critical review. **Life Sciences and Medicine Research**, v.2011, p1-30,201

SILVEIRA, E. B. Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontrole de doenças. In: MICHEREFF, S. J.; BARROS, R**. Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife, UFRPE: Imprensa Universitária, p.70-100, 2001

RAASCH, L.D.; BONALDO, S.M.; OLIVEIRA, A.A.F. *Bacillus subtilis*: enraizamento e crescimento de mini estacas de eucalipto em Sinop, norte do Mato Grosso, Brasil. **Bioscience Journal**; Uberlândia; v.29; Suplemento 1; p.1446-1457; 2013.

RIBEIRO, R.; SEI, F. B.; LEITE, M. S. *Bacillus subtilis* agente de controle biológico e promotor de crescimento em plantas. 2011. Disponível em:<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24104&secao=Colunas e Artigos>. Acesso em: 02 out. 2017.

SILVIA KAWANAMI. **Dez maneiras diferentes de comer mochi no Japão**. Disponível em: https://www.japaoemfoco.com/10-maneiras-diferentes-de-comer-mochi-no-japao/. Acesso em: 12 dez. 2020.

SOUZA, M. L. Utilização de microrganismos na agricultura. **Biotecnologia**, Piracicaba, 21, p.28-31,2001.

TAVARES, Taynar *et al*. **Adaptabilidade e estabilidade da produção de grão em feijão comum (Phaseolus vulgaris)**. 2016. 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Departamento da Pós Graduação em Produção Vegetal (Uft),

Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2016. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16476/13424. Acesso em: 23 jul. 2021.

VIEIRA, C**. Cultura do feijão**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1983.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM A. **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006.

WANG, S. et al. Survey of Plant Drought-Resistance Promoting Bacteria from Populus euphratica Tree Living in Arid Area. Indian Journal of Microbiology, v. 54, n. 4, p. 419–426, 2014.

Wu, G., Bai, Z., Wan, Y., Shi, H., Huang, X., & Nie, S. (2019). Antidiabetic effects of polysaccharide from azuki bean (Vigna angularis) in type 2 diabetic rats via insulin/PI3K/AKT signaling pathway. Food Hydrocolloids, 101, 105456. Doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105456.

ZUCARELI, Claudemir; BARZAN, Renan Ribeiro; SILVA, Josemeyre Bonifácio da; CHAVES, Danilo Pinceli. Associação de fosfatos e inoculação com Bacillus subtilis e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. Revista Ceres, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 189-195, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201865020011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/93Dx8c5L5KmWBXdfQPYLCSN/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 30 jul. 2021.