

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

PORFÍRIO PONCIANO DE OLIVEIRA JÚNIOR

***Bacillus subtilis* NA PRODUÇÃO DE ALFACE**

Ilha Solteira
2020

PORFÍRIO PONCIANO DE OLIVEIRA JÚNIOR

***Bacillus subtilis* NA PRODUÇÃO DE ALFACE**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor.

Especialidade: Sistemas de Produção

Marco Eustáquio de Sá
Orientador

Liliane Santos de Camargo
Coorientadora

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48b Oliveira Júnior, Porfírio Ponciano de.
Bacillus subtilis na produção de alface / Porfírio Ponciano de Oliveira Júnior.
-- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
54 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Coorientador: Liliâne Santos de Camargo
Inclui bibliografia

1. *Lactuca sativa*. 2. Rizobactérias. 3. Cultivo orgânico. 4. Bactérias
promotoras de crescimento de planta (BPCP). 5. Doses de inoculante.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: BACILLUS SUBTILIS NA PRODUÇÃO DE ALFACE

AUTOR: PORFIRIO PONCIANO DE OLIVEIRA JÚNIOR

ORIENTADOR: MARCO EUSTÁQUIO DE SÁ

COORIENTADORA: LILIANE SANTOS DE CAMARGOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em
AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA (Participação Virtual)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. EDSON LAZARINI (Participação Virtual)
Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira -
UNESP



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira - UNESP



Prof. Dr. JOSÉ GENIVALDO DO VALE MOREIRA (Participação
Virtual) Departamento Multidisciplinar / Universidade Federal do
Acre - UFAC



Prof. Dr. JEFFERSON ANTHONY GABRIEL DE OLIVEIRA
(Participação Virtual) Departamento Multidisciplinar / Faculdades
Integradas de Três Lagoas - AEMS

Ilha Solteira, 15 de dezembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho me proporcionou momentos únicos de conhecimento científico e crescimento profissional. Trabalho com esse grau de importância, sem dúvida, contou com o apoio de pessoas e instituições importantes e, desta forma, deixo meus sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus que me concedeu a vida e planejou um caminho de oportunidades e crescimento profissional.

Minha sincera gratidão ao meu orientador Marco Eustáquio de Sá pelo apoio, paciência e conhecimento repassado durante todo o período do doutoramento.

Aos meus companheiros de doutorado no IFRO que se tornaram amigos, em especial ao colega Darllan Junior ao qual pude compartilhar moradia nesse tempo de estudo.

Meus sinceros agradecimentos aos pesquisadores Leonardo Barreto Tavella, José Genivaldo do Vale Moreira, Edson Lazarini e Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, componentes da banca, pelas colaborações nesta tese.

Agradeço a Universidade Federal do Acre pelo incentivo e apoio aos seus servidores para capacitação.

Minha gratidão pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) campus Ilha Solteira pela oportunidade para realização desse doutorado.

Aos meus professores e docentes, que me ensinaram a trilhar a estrada do conhecimento.

Muito obrigado, a minha Família, minha esposa Kelly Nascimento Leite por ser a minha principal incentivadora e o meu alicerce nesta caminhada, ao meu enteado Álvaro Leite Teixeira e principalmente a minha filha Larissa Leite de Oliveira, que me mostrou o verdadeiro significado do amor.

E por fim e, não menos importante, agradeço a minha mãe que sempre me apoiou e incentivou nos estudos e na busca pelos objetivos. Assim como meus irmãos Emílio e Fabricio, por todo o carinho e suporte.

E a todos que colaboraram no desenvolvimento dessa tese, meu muito obrigado!

OFEREÇO

A minha família, pelo incentivo,
companheirismo, pela paciência e
por todo amor.

RESUMO

Um dos focos dos produtores agroecológicos é atender à crescente demanda por alimentos com produtos livres substâncias químicas, sem degradar o meio ambiente. A mudança dos hábitos alimentares da população tem tornado os consumidores de hortaliças cada vez mais exigentes. Portanto, há a necessidade da produção de hortícolas em maior quantidade e de qualidade superior. O uso de rizobactérias visando melhoria no desenvolvimento dos cultivos e aumento na produtividade das culturas vem sendo uma prática bastante estudada, porém ainda faltam estudos sobre a doses de inoculantes em hortaliças. Assim, objetivou-se estudar o desenvolvimento e produtividade de cultivares da Alface, inoculadas com doses de produto a base de *Bacillus subtilis*. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Acre – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. Durante dois meses, foram utilizados três cultivares de alface (Vera, Elba e SVR 2005) e seis doses de *Bacillus subtilis*: 0; 200; 400; 600; 800 e 1000 mL ha⁻¹. As variáveis analisadas foram: número de folhas; diâmetro da roseta (cm); massa fresca da parte aérea (g planta⁻¹); massa seca da parte aérea (g planta⁻¹); massa seca da raiz (g planta⁻¹); produtividade (kg ha⁻¹). Observou-se melhores resultados com efeito significativo nas cultivares submetida as doses. Para número de folhas, o cultivar Elba obteve acréscimo até 19,5 folhas para dose 217 mL ha⁻¹. O diâmetro da roseta no cultivar Elba atinge ponto de máxima de 36,17 cm com a dose 915 mL ha⁻¹. Para massa fresca da parte aérea, o cultivar SVR 2005 atingiu 157,93 g planta⁻¹ com a dose 400 mL ha⁻¹. Para massa seca da parte aérea o cultivar Vera na dose de 200 ml ha⁻¹ proporcionou 6,5 g planta⁻¹. Para massa seca da raiz, o cultivar Elba, encontra-se 0,7 g planta⁻¹ na dose 1000 mL ha⁻¹. Para produtividade o cultivar Vera destaca-se a dose 600 ml ha⁻¹ (12079 kg ha⁻¹), para a cultivar Elba a dose 1000 ml ha⁻¹, resultando na média de 14449 kg ha⁻¹, já para a cultivar SVR 2005, a dose 400 ml ha⁻¹ resultou média de 17547 kg ha⁻¹. A cultivar SVR 2005 teve melhor desempenho aos tratamentos estudados em relação as demais cultivares Vera e Elba, sendo indicada para a região a dose de 400 ml ha⁻¹ de *Bacillus subtilis*.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Rizobactérias. Cultivo orgânico. Bactérias promotoras de crescimento de planta (BPCP). Doses de inoculante.

ABSTRACT

One of the focuses of agroecological producers is to meet the growing demand for food with chemical-free products, without degrading the environment. The changing eating habits of the population has made vegetable consumers increasingly demanding. Therefore, there is a need to produce vegetables in greater quantity and of superior quality. The use of rhizobacteria to improve crop development and increase crop productivity has been a widely studied practice, but studies on inoculant doses in vegetables are still lacking. Thus, the objective was to study the development and productivity of cultivars of Lettuce, inoculated with doses of product based on *Bacillus subtilis*. The experiment was carried out at the Federal University of Acre - Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. For two months, three lettuce cultivars (Vera, Elba and SVR 2005) and six doses of *Bacillus subtilis* were used: 0; 200; 400; 600; 800 and 1000 mL ha⁻¹. The variables analyzed were: number of leaves; rosette diameter (cm); fresh mass of the aerial part (g plant⁻¹); dry mass of the aerial part (g plant⁻¹); dry root mass (g plant⁻¹); productivity (kg ha⁻¹). Better results were observed with significant effect on cultivars submitted to doses. For number of leaves, the cultivar Elba obtained an increase of up to 19.5 leaves for a dose of 217 mL ha⁻¹. The diameter of the rosette in the cultivar Elba reaches a maximum point of 36.17 cm with the dose of 915 mL ha⁻¹. For fresh mass of the aerial part, cultivar SVR 2005 reached 157.93 g plant⁻¹ with a dose of 400 mL ha⁻¹. For shoot dry matter, cultivar Vera at a dose of 200 ml ha⁻¹ provided 6.5 g plant⁻¹. For dry root mass, cultivar Elba, 0.7 g plant⁻¹ is found in the 1000 mL ha⁻¹ dose. For productivity, the cultivar Vera stands out at the dose 600 ml ha⁻¹ (12079 kg ha⁻¹), for the Elba cultivar the dose 1000 ml ha⁻¹, resulting in an average of 14449 kg ha⁻¹, already for the cultivar SVR 2005, the 400 ml ha⁻¹ dose resulted in an average of 17547 kg ha⁻¹. The cultivar SVR 2005 had better performance to the studied treatments in relation to the other cultivars Vera and Elba, being indicated for the region the dose of 400 ml ha⁻¹ of *Bacillus subtilis*.

Keywords: *Lactuca sativa*. Rhizobacteria. Organic cultivation. Plant growth promoting bacteria (PGPB). Inoculant doses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- a) Cultivar Vera, Sakata®; b) Cultivar Elba, Top Seed®; c) Cultivar SVR 2005, Seminis®; d) Doses de <i>Bacillus subtilis</i> (da esquerda pra direita, 0, 200, 400, 600, 800, 1000 mL ha ⁻¹). UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	26
Figura 2	- Semeadura de três cultivares de alface de grupo crespa em bandejas de poliestireno. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	27
Figura 3	- Sistema de irrigação por microaspesores. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	28
Figura 4	- Colheita do experimento. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	29
Figura 5	- Variáveis analisadas (a) contagem de folhas e diâmetro da roseta (b) massa fresca da parte aérea (c) pré-secagem para massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	30
Figura 6	- Análise de regressão do número de folhas por planta em função da dose de <i>Bacillus subtilis</i> . UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	34
Figura 7	- Análise de regressão do diâmetro da roseta em função da dose de <i>Bacillus subtilis</i> . UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	36
Figura 8	- Análise de regressão da massa fresca da parte aérea em função da dose de <i>Bacillus subtilis</i> . UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	38
Figura 9	- Análise de regressão da massa seca da parte aérea em função da dose de <i>Bacillus subtilis</i> . UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	40
Figura 10	- Análise de regressão da massa seca da raiz em função da dose de <i>Bacillus subtilis</i> . UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	42
Figura 11	- Análise de regressão da produtividade em função da dose de	

Bacillus subtilis. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2019.....	43
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Produtos à base de <i>Bacillus subtilis</i> registrados pela Environmental Protection Agency.....	24
Tabela 2	- Resumo da análise de variância do número de folhas (NF), diâmetro da roseta (DR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de cultivares de alface submetidas a doses da bactéria <i>Bacillus subtilis</i> . Cruzeiro do Sul, Acre, 2020....	32
Tabela 3	- Número de folhas de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria <i>Bacillus Subtilis</i> . Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	33
Tabela 4	- Colheita do experimento. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	35
Tabela 5	- Diâmetro da roseta de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria <i>Bacillus Subtilis</i> . Cruzeiro do Sul, UFAC, 2020.....	39
Tabela 6	- Massa seca da parte aérea de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria <i>Bacillus Subtilis</i> . Cruzeiro do Sul, Acre.....	39
Tabela 7	- Massa seca da raiz de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria <i>Bacillus Subtilis</i> . Cruzeiro do Sul, Acre.....	41
Tabela 8	- Produtividade de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria <i>Bacillus Subtilis</i> . Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	CULTIVO ORGÂNICO	15
2.2	BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTA	17
2.3	FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	19
2.4	SOLUBILIZAÇÃO DE FÓSFORO	20
2.5	PRODUÇÃO DE SIDERÓFAGOS	21
2.6	PRODUÇÃO DE FITOHORMÔNIO	22
2.7	<i>BACILLUS SUBTILIS</i>	23
2.8	INOCULANTES COMERCIAIS	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
3.2	AMBIENTE DE CULTIVO	27
3.3	VARIÁVEIS ANALISADAS	29
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos sistemas de produção sustentáveis, nos dias atuais, é atender à crescente demanda sem degradar e afetar negativamente os recursos naturais. A procura por alimentos mais saudáveis e livres de produtos químicos apresenta significativos aumentos nos últimos anos, tanto de consumo quanto relativamente de produtividade (OLIVEIRA JÚNIOR, 2016).

O cultivo de hortaliças tem aumentado significativamente na última década e tem acompanhado a crescente demanda da população por alimentos mais saudáveis (BETTIO *et al.*, 2016). A mudança dos hábitos alimentares da população tem tornado os consumidores de hortaliças cada vez mais exigentes. Portanto, há a necessidade da produção de hortícolas em maior quantidade e de melhor qualidade durante todo o ano, principalmente os produtos que são consumidos de forma *in natura*, a exemplo da alface (PEREIRA, 2013).

A sustentabilidade agrícola é atingida com a redução do uso de defensivos agrícolas e fertilizantes solúveis através do incremento de fontes não tradicionais de nutrientes, como reciclagem de nutrientes, adubação orgânica, coberturas verdes e mortas e etc (STAJKOVIĆ *et al.*, 2011).

O uso de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) proporcionam um aumento na taxa de germinação de sementes, no crescimento de raízes, grãos e folhas, incremento na área foliar e teores de nutrientes. Ainda torna a planta mais tolerante à seca, atrasando a senescência, além da resistência proporcionada pelas rizobactérias que conferem o biocontrole de algumas doenças, através da ação direta contra o patógeno (YUN CHEN *et al.*, 2012).

A bactéria *Bacillus subtilis* habita naturalmente no solo, produzindo hormônios e fitohormônios que proporcionam benefícios para as plantas, sendo descritas como promotora de crescimento de plantas. Podem produzir os antibióticos bulbiformina, micosubtilina, bacilomicina, bacilizina, funginicina e também podem inibir fitopatógenos (KILLIAN *et al.*, 2000; UCY *et al.*, 2004; PASCALE *et al.*, 2013).

A inoculação prévia com doses crescentes de rizobactérias da estirpe *Bacillus subtilis* interfere significativamente nas características agronômicas e produtividade de três cultivares de alface.

Dessa forma, objetivou-se estudar o desenvolvimento e a produtividade de cultivares da Alface cresa previamente inoculadas com doses de inoculante contendo rizobactérias *Bacillus subtilis*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A alface (*Lactuca sativa* L.) é oriunda das regiões no sul da Europa e na Ásia Ocidental, e algumas espécies silvestres ainda podem ser encontradas nessas regiões. De clima temperado, tem afinidade por temperaturas mais amenas, 12 a 22 °C com dias longos (LOPES, 2002). Temperaturas superiores a 20 °C favorecem a entrada precoce na fase de florescimento e o surgimento do pendão floral, no qual as folhas se tornam amargas devido ao acúmulo de látex (RODRIGUES *et al.*, 2008).

A planta pertence à família Asteraceae, da subfamília Cichorioideae, é anual, herbácea, delicada, com caule diminuto, as folhas são amplas e crescem em roseta, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não “cabeças”, com coloração esverdeada, ou roxa. O sistema radicular é muito ramificado e superficial em torno de 25 cm; é bastante beneficiada com adubação orgânica, tem desenvolvimento maior em solos com textura média, que retém água, com faixa de pH ideal entre 6,0 a 6,8 e saturação de bases de 70% (FILGUEIRA, 2008). O tipo crespo é predominante no Brasil, com 70% do mercado (COSTA; SALA, 2005).

Segundo Bernadino *et al.* (2018) a alface é a hortaliça folhosa mais consumida e produzida no Brasil, por apresentar cultivares de verão e inverno, sendo produzida em todas as regiões do país ao longo de todo ano. Possui sabor agradável e refrescante, além de ser fonte de várias vitaminas essenciais ao consumo humano (A1, B1, B2 e C) e sais minerais (Ca, Fe).

A alface apresenta lenta absorção de nutrientes em suas primeiras fases de cultivo, atingindo o seu potencial máximo de acúmulo, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio apenas na fase de colheita, seguindo essa mesma tendência para o acúmulo de biomassa (KANO *et al.*, 2011).

Na quarta semana após o transplântio (cerca de 40 dias após a semeadura) ocorre na planta o ápice de acúmulo de N, porém para P, Ca e Mg esse fato se dá apenas a partir da sexta semana. Para os macronutrientes a exigência nutricional segue a seguinte ordem: K>N>P>Ca>Mg; para os micronutrientes Fe>Mn>Zn>Cu (AGAPITO *et al.*, 1997).

Segundo Cavalcante (2008) mesmo já com vários cultivares lançados no mercado, essa cultura é cada vez mais estudada por melhoristas genéticos, principalmente os cultivares de verão. Porém, é indispensável o seu cultivo em

regiões e em épocas do ano diferentes, pois é altamente influenciada pelas condições edafoclimáticas locais. A autora afirma, ainda, que altas temperaturas impedem que a planta expresse todo o seu potencial genético, formando folhas fibrosas e impróprias para o consumo.

É essencial o uso de cultivares adaptadas à região de produção local e técnicas que visam à redução dos efeitos térmicos para melhor desenvolvimento vegetativo. Por essa razão, muitos produtores têm utilizado ambientes protegidos, como casa de vegetação, que proporcionam maior estabilidade, menor tempo de colheitas e melhor qualidade das plantas (FERREIRA *et al.*, 2010).

De acordo com Mederios *et al.* (2006) essa cultura possui vários benefícios para pequenos produtores, pois não requer grandes áreas para sua produção em larga escala, possui ciclo curto, alta produtividade, fácil acesso a sementes adaptadas a região de cultivo, rápido retorno financeiro, larga aceitação no mercado consumidor, fazendo que o seu cultivo seja feito próximo a centros urbanos (cinturões verdes), necessitando assim, de plantas com alta qualidade.

2.1 CULTIVO ORGÂNICO

Um dos grandes desafios dos produtores rurais atualmente, devido à crescente demanda por alimento, é poder atender a demanda sem degradar e afetar negativamente os recursos naturais como, solo, ar, lençóis freáticos, fauna e flora (MARTINS, 2012).

A agricultura orgânica pode ser definida como um sistema de produção que não se utiliza agroquímicos como, agrotóxicos sintéticos, fertilizantes solúveis, aditivos entre outros. Essa forma alternativa de cultivo desenvolve métodos modernos no qual tem por objetivo o uso racional e ecológico para manutenção das características ambientais locais, minimizar a entrada de insumos de fora da propriedade, utilização da produção de forma sistêmica, diversificar a fauna, flora e microbiologia do solo conservando as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo, conservar os lençóis freáticos, controlar os desequilíbrio entre pragas e doenças, produzir alimentos livres de resíduos químicos entre outros, desenvolvendo assim, uma agricultura autossustentável em longo prazo (SOUZA; RESENDE, 2006).

Fontes (2005) afirma que no cultivo orgânico as plantas crescem mantendo o equilíbrio, seja ele biológico, químico ou físico e, desse modo, produzindo alimentos de qualidade superior, não comprometendo a saúde humana e preservando o meio ambiente, ou seja, sendo alternativa viável para a produção de hortaliças.

A partir da revolução verde, estabeleceu-se na agricultura convencional um pacote tecnológico, que inclui o uso de maquinários agrícolas, adubos minerais, defensivos agrícolas que geram degradação do solo e do meio ambiente, já que os produtores que utilizam desse sistema de produção ignoram toda a complexidade do ambiente de cultivo agrícola (GLIESSMAN, 2009).

Ao longo dos anos, essa forma de cultivo se mostra cada vez mais insustentável, já que os contínuos plantios causam redução do teor de matéria orgânica, da fertilidade natural e da atividade microbiana do solo, causam erosão, poluem os lençóis freáticos entre outros, diminuindo a produtividade agrícola (SOUZA, 2005; MEDEIROS *et al.*, 2006). A agricultura orgânica simula condições de equilíbrio na natureza, sem a utilização de produtos químicos (DAROLT, 2014).

O cultivo orgânico, ao contrário dos outros modos de produção, aumenta a fertilidade natural do solo, através de práticas agrícolas como cobertura morta, uso de adubos orgânicos, biofertilizantes entre outros, contribuindo para o aumento na produtividade e reduzindo a perda natural de nutrientes, economizando energia, diminuindo a utilização de fertilizantes solúveis e agroquímicos (YADUVANSHI; SHARMA, 2008).

Nos últimos 20 anos, há uma crescente procura por alimentos mais saudáveis, livres de agrotóxicos. Estima-se que, nos Estados Unidos, o aumento na produção desses alimentos foi de aproximadamente 20%, e no continente Europeu foi de 40%, enquanto e no Brasil o aumento foi de 50% (SCHIEDECK, 2002). Os consumidores que buscam por esse tipo de culturas têm uma preocupação evidente em sua procedência para que sejam livres de produtos nocivos à saúde humana (CAVALCANTE, 2008).

De acordo com Moura *et al.* (2012) os consumidores de hortaliças têm dado preferência aos alimentos livres de resíduos químicos. Em relação a produtividade, Araújo Neto *et al.* (2007) afirmaram que o sistema orgânico é uma boa alternativa de produção quando se aproxima ao convencional devido aos benefícios que o sistema traz ao solo, ao meio-ambiente e a saúde humana, além de ser economicamente viável por reduzir insumos e mão de obra. Principalmente para o pequeno produtor

familiar, a agricultura orgânica de hortaliças se mostra boa alternativa em relação ao mesmo cultivo de forma tradicional, já que esta prática apresenta maior eficiência produtiva e qualidade comercial por ser livre de resíduos químicos (PRIMAVESI; 2002). Além de proporcionar métodos conservacionistas ao meio ambiente a agricultura orgânica produz alimentos com maior valor biológico (ARAÚJO NETO *et al.*, 2009).

2.2 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTA

As raízes, além de fornecerem suporte físico e mecânico, facilitam a absorção de nutrientes e água nas plantas, e ainda secretam alguns compostos químicos chamados de exsudatos, no qual modificam as propriedades físicas e químicas do solo, repelem ou atraem microrganismos e inibem o crescimento de plantas concorrentes (KANG *et al.*, 2010).

Diferentes gêneros de bactérias fazem parte do ecossistema do solo e elas atuam em diversas atividades para a manutenção e renovação de nutrientes através da mineralização do material orgânico, produzindo reguladores de crescimento, controlando e inibindo fitopatógenos (principalmente fungos), melhorando a estrutura do solo e também complexando minerais tóxicos as plantas (AHEMAD *et al.*, 2009; CHANDLER *et al.*, 2008).

A rizosfera é a estreita área do solo em torno do sistema radicular. O tema rizobactérias é denominado às bactérias que se desenvolvem na região da raiz e quando essas possuem algum mecanismo benéfico as plantas são chamadas de rizobactérias promotoras de crescimento (WALKER *et al.*, 2003).

As rizobactérias são mais eficientes na mobilização, transformação e solubilização de nutrientes do que as bactérias de vida livre no solo (HAYAT *et al.*, 2010). Devido a isso, elas são fundamentais na ciclagem de nutrientes para a manutenção do solo (GLICK, 2012).

De acordo com Kloepper e Schroth (1978), 2 a 5% das rizobactérias exercem efeito benéfico no crescimento de plantas quando reintroduzidas pela inoculação no solo contendo microflora competitivas.

As rizobactérias promotoras de crescimento têm o mecanismo de se multiplicar rapidamente em todo sistema radicular, evitando a proliferação de

patógenos através da produção de metabólicos secundários que inibem esses microrganismos (KLOEPPER, 2003).

Rizobactérias promotoras de crescimento são microrganismos que habitam o solo, nas raízes das plantas ou na região próxima às raízes. Essas bactérias podem atuar de forma direta ou indiretamente, promovendo o desenvolvimento de plantas através de secreções de substâncias químicas. Essas bactérias atuam diretamente através da aquisição de nutrientes (N, P, K, entre outros), na produção fitohormônios, ou de forma indireta diminuindo e combatendo agentes patogênicos como forma de biocontrole (AHEMAD, 2012).

Sommers *et al.* (2004) classificam rizobactérias promotoras de crescimento de acordo com suas atividades funcionais, as quais podem ser: biofertilizantes (quando aumentam a disponibilidade de nutrientes as plantas), bioestimuladores (promovendo crescimento vegetal através de fitohormônios), rizomediadores (degradando poluentes orgânicos), biopesticidas (controlando doenças através da produção de antibióticos e antifúngicos).

Figueiredo *et al.* (2011) separam as rizobactérias promotoras de crescimento em dois grandes grupos: as extracelulares, que ocupam a rizosfera, o rizoplane e os espaços entre as células do córtex das raízes; os intracelulares, que geralmente são nódulos dentro das células das raízes. Alguns gêneros de bactérias promotoras de crescimento extracelulares são: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* e *Serratia*. Já para as bactérias intracelulares: *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobiaceae* (BHATTACHARYYA; JHA, 2012).

Entre as diversas pesquisas sobre a atuação das rizobactérias, inclui-se aquelas voltadas ao potencial para desintoxicação de metais pesados, degradação e tolerância a pesticidas, tolerância a salinidade, controle biológico de pragas e doenças, estímulo para aumentar a produção de fitohormônios, absorção de ferro (sideróforo) e na atividade de nitrogenase (MA *et al.*, 2011; AHEMADE; KHAN, 2012; TANK; SARAF, 2010; HYNES *et al.*, 2008; JAHANIAN *et al.*, 2012; GLICK, 2012).

Bactérias simbióticas como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* e não simbióticas como *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Azospirillum* e *Azomonas* estão sendo usadas como bioinoculantes para desenvolver e promover

crescimento em plantas mesmo que seus mecanismos de ação não sejam completamente identificados (KHAN *et al.*, 2009; ZAIDI *et al.*, 2009).

Geralmente as rizobactérias promovem o crescimento das plantas de forma direta, através da facilidade em adquirir nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e produz fitohormônios. De forma indireta, age inibindo os efeitos de diversos agentes patogênicos (GLICK, 2012).

2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

O Nitrogênio é o nutriente que as plantas necessitam em maior quantidade para o seu crescimento e produtividade. Por mais que a atmosfera terrestre seja composta por 78% de N₂, o mesmo não se encontra de forma disponível as plantas. Esse N₂ atmosférico apenas é disponibilizado através da fixação biológica (FBN) onde microrganismos fixadores de N utilizam um complexo sistema de enzima chamado nitrogenase (KIM; REES, 1994).

Os FBN são responsáveis por dois terços do nitrogênio fixados no solo, enquanto o restante ocorre de forma industrial ou por fixação atmosférica (RUBIO; LUDDEN, 2008). Sendo assim, os FBN representam interesse econômico e uma boa alternativa ecológica para fertilizantes nitrogenados minerais (LADHA *et al.*, 1997).

Os microrganismos que fixam Nitrogênio geralmente são classificados como simbióticos (como os *Rhizobium* e as leguminosas) e não simbióticos (bactérias de vida-livre, cianobactérias, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*). No entanto essas bactérias que não formam simbiose disponibilizam pouco nitrogênio necessário à planta (JHA; KUMAR, 2007; GLICK, 2012).

Nas plantas leguminosas o estabelecimento da simbiose envolve uma complexa interação entre o hospedeiro e o simbionte (GIORDANO; HIRSCH, 2004), onde há formação de nódulos no qual os *Rhizobium* colonizam o interior celular. Em plantas não leguminosas onde há crescimento de bactérias que fixam N₂ são chamados de diazotróficas não obrigatórias no qual são capazes de interação entre a planta e o hospedeiro (GLICK *et al.*, 1999).

O processo de fixação de N₂ é efetuado por um complexo de enzimas, (complexo de nitrogenase), no qual é um componente de duas metaloenzima (proteínas que contêm uma ou mais ligações metabólicas na sua estrutura), a

dinitrogenase redutase que é a proteína de ferro que fornece elétrons com alta carga e a dinitrogenase que usa elétrons para reduzir N_2 em NH_3 (KIM; REES, 1994).

O *Bacillus subtilis* promove o crescimento em plantas principalmente pelo o aumento da fixação de nitrogênio, pela solubilização de vários nutrientes, pela síntese de fitohormônios e em consequência da melhoria das condições do solo e o combate a microrganismos fitopatogênicos (MANJULA; PODILE, 2005).

As bactérias também têm a capacidade de regulamentar fitohormônios, promovendo o crescimento radicular pela síntese de auxinas, giberelina e citocinina (TSAVKELOVA *et al.*, 2006).

A eficiência desses microrganismos na promoção de crescimento em plantas está relacionada com as suas características biológicas no qual apresenta várias facilidades para a manutenção da sua viabilidade em bioformulados (LANNA FILHO *et al.*, 2010).

2.4 SOLUBILIZAÇÃO DE FÓSFORO

Segundo Bhattacharyya e Jha (2012) o nutriente Fósforo é o segundo mais importante no crescimento de plantas, apesar do grande reservatório de P, a parte disponível é baixa, pois a maioria do fósforo encontrado no solo é insolúvel, enquanto as plantas absorvem apenas duas formas solúveis, o fósforo monobásico ($H_2PO_4^-$) e o dibásico (HPO_4^{2-}).

Contínuas aplicações de adubos fosfatados no solo é um processo no qual pode aumentar o custo de produção do produtor, além de ser indesejável ao meio ambiente por ser um recurso finito. Por isso, as buscas por alternativas ecológicas que melhorem a produtividade em solo com baixos teores de P, levaram ao estudo com microrganismos solubilizadores de fósforo que disponibilizam esse nutriente às plantas, podendo reduzir o uso de fertilizantes minerais fosfatados (KHAN *et al.*, 2006).

Dos vários microrganismos solubilizadores de fósforo que habitam o solo, estes apenas podem ser considerados como biofertilizantes, desde que forneçam P às plantas a partir de fontes não disponíveis no solo. Entre os principais gêneros das bactérias que desenvolvem esta atividade estão: *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Microbacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* e *Serratia* (JHA; KUMAR, 2007; ZAIDI *et al.*, 2009).

Geralmente, a solubilização do fósforo encontrada no solo de forma inorgânica ocorre como consequência da ação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular no qual são sintetizados pelas bactérias do solo. Por sua vez, a mineralização dos compostos orgânicos do fósforo ocorre através da síntese de uma variedade de diferentes enzimas fosfatases, potencializando a hidrólise de ésteres fosfóricos (ZAIDI *et al.*, 2009).

Por mais que os microrganismos solubilizadores de fósforo sejam encontrados na maioria dos tipos de solo, seu desempenho e crescimento são diretamente afetados por condições ambientais principalmente estresse. No entanto, quando ocorre a inoculação das bactérias (de forma única ou conjunta) o resultado tem sido bastante benéfico, além de fornecerem fósforo para as plantas, elas também aumentam o crescimento das plantas por estimularem a eficiência das bactérias fixadores de Nitrogênio, aumentando assim, a disponibilidade de outros nutrientes (VIKRAM; HAMZEHZARGHANI, 2008).

2.5 PRODUÇÃO DE SIDERÓFAGOS

Nutriente vital para quase todas as formas de vida, o ferro é encontrado no solo basicamente na forma de Fe^{3+} (em ambiente aeróbico), geralmente inacessível para as plantas e os microrganismos. As bactérias adquirem ferro pela secreção de baixa massa molecular (quelantes de ferro) conhecidos como sideróforos que apresentam alta associação para ferro complexados (RAJKUMAR *et al.*, 2010). A maioria dos sideróforos são solúveis em água e podem ser divididos em sideróforos extracelulares e sideróforos intracelulares (KHAN *et al.*, 2009).

No complexo de sideróforos a membrana bacteriana reduz o Fe^{3+} para Fe^{2+} no qual é liberado para a célula através de um mecanismo ligando as membranas internas e externas das células (RAJKUMAR *et al.*, 2010). Assim os sideróforos agem como agentes solubilizadores de ferro a partir de minerais orgânicos voláteis em condições limitantes de ferro (INDIRANGANDHI *et al.*, 2008).

As bactérias sideróforas também formam complexos com outros metais pesados que são tóxicos as plantas como: Al, Cd, Cu, Ga, Pb e Zn e também radionuclídeos, U e Np (NEUBAUER *et al.*, 2000).

2.6 PRODUÇÃO DE FITOHORMÔNIO

A síntese microbiana do fitohormônio ácido Indolacético (AIA) já é conhecido há algum tempo, e estima-se que 80% dos microrganismos que habitam a rizosfera possuem a capacidade de sintetizar e liberar auxinas como metabólitos secundários em diversas culturas (GLICK, 2012).

O ácido indolacético atua basicamente em todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento vegetal como a molécula de sinalização recíproca, que qual afeta as expressões gênicas. Além disso, desempenha papel importante nas interações das rizobactérias; sinaliza os mecanismos de defesa contra fitobactérias patogênicas; interfere na divisão, extensão e diferenciação da célula vegetal; estimula a germinação de sementes; aumenta a taxa de transporte no xilema e desenvolvimento radicular; controla os processos de crescimento vegetativo; inicia a formação da raiz principal e laterais; encadeia repostas a luz, gravidade e florescência; afeta a fotossíntese e formação de pigmentos; sintetiza vários metabólitos de resistência as condições de estresse, entre outros (SPAEPEN; VANDERLEYDEN, 2011).

O etileno é um metabólito essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, é produzido endogenamente por diferentes processos bióticos e abióticos, sendo importante na indução de múltiplas alterações fisiológicas, além de regular o crescimento e auxiliar a planta em condições de estresse (SALEEM *et al.*, 2007).

Rizobactérias que possuem a enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) promovem o crescimento em plantas, já que facilitam a diminuição dos níveis de etileno, induzem a tolerância ao sal reduzindo o estresse de seca em plantas (NADEEM *et al.*, 2007; ZAHIR *et al.*, 2008). Os principais gêneros de rizobactérias identificados e que possuem essa enzima são: *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Serratia* e *Rhizobium* (SHAHAROONA *et al.*, 2007; ZAHIR *et al.*, 2009).

Várias formas de estresse são amenizadas pela deaminase de ACC, como o efeito de microrganismos fitopatogênicos, resistência a hidrocarbonetos poliaromáticos, metais pesados, radiação, pragas, alta concentração de sais, extremos de temperatura e intensidade de luz (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009).

2.7 BACILLUS SUBTILIS

Os gêneros de bactérias com maior prevalência no uso agrônômico são as *Pseudomonas* do grupo fluorescentes (*P. putida* e *P. fluorescens*), *Bacillus* spp. e as *Streptomyces* spp. As bactérias do gênero *Bacillus* se destacam pela formação do endósporo e por apresentarem multiplicidade de mecanismos antagônicos, possibilitando, assim, versatilidade nos mecanismos de ação fitopatogênicos (CAMPOS SILVA *et al.*, 2008).

De acordo com Lanna Filho *et al.* (2010) as bactérias da espécie *Bacillus subtilis*, são encontradas naturalmente habitando o solo, podem colonizar todos os órgãos vegetativos da planta e podem ser epifíticas, endofítica e rizobactérias.

O *Bacillus subtilis* têm sido utilizado comercialmente há alguns anos no controle de fitopatógenos em plantas, assim como para incrementar a produtividade. Tal controle pode ser de forma direta, através do mecanismo de antibiose, pelo o antagonismo contra fitopatógenos, pela a síntese de substâncias antimicrobianas, competição por nutrientes e espaço na rizosfera e ainda pela a síntese de compostos voláteis. E forma indireta pelo o fenômeno de resistência sistêmica induzido (ISR), onde promovem sinais bioquímicos nas plantas no qual estimulam o aumento da concentração de fitohormônios (LEELASUPHAKUL, 2008; HAMMAMI *et al.*, 2009).

Bactérias com ações fitopatogênicas como o *B. subtilis* agem significativamente por ações de antibiose, e com ampla variedade inibem fungos através de substâncias, sendo mais efetivo que qualquer outro mecanismo de ação (KUPPER *et al.*, 2003).

Entre as variedades de substâncias antifúngicas produzidas pelo *B. subtilis* os principais são os lipopeptídeos das famílias surfactinas, iturina e fungicina, os quais são compostos cíclicos de sete ou dez α -aminoácidos ligados a um único β -amino (iturinas) ou β -hidroxi (surfactinas e fungicinas) e uma cadeia de ácido graxo que pode variar de 13 a 16 carbonos para surfactinas, de 14 a 17 carbonos para iturinas e de 14 a 18 carbonos para fungicinas (ONGENA *et al.*, 2005).

Embora a estrutura desses compostos seja semelhante, estas diferem entre si nos seus mecanismos de ação, pois as iturinas e fungicinas exibem forte atividade antifúngica, inibindo o desenvolvimento de uma ampla gama de fitopatógenos.

Enquanto as surfactinas exercem efeito sinérgico antifúngico quando acompanhado de iturina (MAGET-DANA *et al.*, 1992; CHEN *et al.*, 2008).

2.8 INOCULANTES COMERCIAIS

Alguns dos microrganismos promotores de crescimento são comercializados em bioprodutos (Tabela 1), sendo que alguns destes estão registrados no *U. S. Environmental Protection Agency* (USEPA), entre eles 14 bactérias e 12 fungos. Eles são indicados para algodão, tomate, soja, amendoim, milho, hortaliças e etc. No Brasil, ainda não há produtos comerciais registrados contendo *B. subtilis*, porém o produto Serenade®, da Agraquest encontra-se em fase de registro.

Tabela 1 - Produtos à base de *Bacillus subtilis* registrados pela *Environmental Protection Agency*.

Microrganismo	Produtos
<i>B. subtilis</i> GB03	Kodiak - Concentrate biological fungicide Companion Dry - Concentrate biological fungicide Kodiak - Flowable biological fungicide Kodiak - HB Biological fungicide Companion
<i>B. subtilis</i> MBI 600	Premier Pro Mix with Biofungicide Subtilex - Biological fungicide Histick N/T Subtilex L – Biological fungicide Premier Pro Mix with Biofungicide
<i>B. subtilis</i> QST 713	Rhapsody AS Serenade (R) Max (TM) Serenade AS Serenade ASO Serenade – Biofungicide wettable powder Serenade Garden
<i>B. subtilis</i> FZB24	Taegro Tae-Technical

Fonte: Próprio autor (2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação “modelo guarda-chuva”, no período compreendido entre os meses de outubro e dezembro de 2018, na Universidade Federal do Acre – Campus Floresta, localizado no município de Cruzeiro do Sul, Acre (latitude 07° 57' 31" S, longitude 72° 43' 1" W).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é considerado como tropical úmido (Af), apresentando temperaturas elevadas, alta umidade e precipitação pluvial média anual de 2300 mm, com insolação praticamente o ano todo. A altitude média é de 170 metros ao nível do mar. A temperatura média anual registrada no estado está em torno de 24° C, com temperaturas máximas em torno de 32° C, sendo que as mínimas ficam em torno de 17,4 e 20,4 °C. A região apresenta um padrão de chuvas com duas estações bem definidas: um período seco, compreendido entre os meses de maio e setembro, e um período em que são registrados altos valores de precipitação pluviométrica, entre os meses de outubro e abril. Popularmente, o período de baixos valores de chuva é conhecido como versão amazônico enquanto o período chuvoso é denominado por inverno amazônico (ACRE, 2006; MOREIRA *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2019).

O solo no qual o trabalho foi realizado é classificado como ARGISSOLO AMARELO Alítico Plíntico (EMPRES BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECÁRIA - EMBRAPA, 2018). O solo apresentava a seguinte composição química na camada superficial (0-20 cm): pH= 6,4; M.O.=30,0 g dm⁻³; P= 15 mg dm⁻³; K= 1,5 mmol_c cm⁻³; Ca= 62,0 mmol_c cm⁻³; Mg= 19 mmol_c cm⁻³; Al= 1,0 mmol_c dm⁻³; H+Al= 20,0 mmol dcm⁻³; SB=82,5 mmol_c dm⁻³; CTC=102,5 mmol_c dm⁻³; V=80,4%.

As características físicas do solo registradas foram: densidade aparente (Da) = 983 kg m⁻³; densidade de partículas (Dp) = 2476,7 kg m⁻³; espaço poroso (EP) = 65,6%; partículas sólidas (PS) = 34,4%; CTC = 80 mmol kg⁻¹; capacidade de retenção de água (CRA) = 62,7%; CE = 0,546 mS cm⁻¹; e MO = 9,86%.

Durante todo o período experimental foram coletados dados de temperatura e umidades (9:00, 12:00 e 15:00 horas), com o auxílio de termômetros manuais instalados na casa de vegetação. Sendo que as temperaturas médias variaram entre 18,1 a 34,8 °C.

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com esquema fatorial 3x6 e quatro repetições, sendo o primeiro fator os cultivares de alface do grupo crespa (Vera, Sakata®; Elba, Top Seed® e SVR 2005, Seminis®) e o segundo fator as doses do inoculante com *Bacillus subtilis* (0, 200, 400, 600, 800, 1000 mL ha⁻¹) contendo 3x10⁸ células por cm cúbicos (Figura 1). As doses do produto a base de *Bacillus subtilis* foram diluídas em 100L de água com 0,8% de Cloreto de Sódio, obtendo-se:

Dose de 0% de *Bacillus subtilis* (testemunha).

Dose de 0,2% de *Bacillus subtilis*.

Dose de 0,4% de *Bacillus subtilis*.

Dose de 0,6% de *Bacillus subtilis*.

Dose de 0,8% de *Bacillus subtilis*.

Dose de 1% de *Bacillus subtilis*.

Figura 1 - a) Cultivar Vera, Sakata®; b) Cultivar Elba, Top Seed®; c) Cultivar SVR 2005, Seminis®; d) Doses de *Bacillus subtilis* (da esquerda pra direita, 0, 200, 400, 600, 800, 1000 mL ha⁻¹). UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Dados do próprio autor.

3.2 AMBIENTE DE CULTIVO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo guarda-chuva com cobertura de polietileno transparente de 100 μm de espessura, com 2,0 m de pé direito e 3,5 m de altura central, medindo 30 m de comprimento e 6 m de largura.

Foram utilizadas sementes de três cultivares de alface, do grupo Crespa (VERA; ELBA; SVR, 2005) por serem as mais cultivadas na região, das quais produtores possuem maior facilidade de acesso. As mudas foram preparadas em bandejas de poliestireno contendo 128 células, onde foram semeadas três sementes por célula no substrato comercial Vivatto Plus (Technes®).

Após a emergência das plântulas (10 dias) foi realizado o desbaste, restando assim apenas uma planta por célula. As bandejas permaneceram na casa de vegetação e foram irrigadas até atingirem o estágio de transplântio (25 DAS) (Figura 2).

Figura 2 - Semeadura de três cultivares de alface de grupo crespa em bandejas de poliestireno. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Dados do próprio autor.

As doses do produto a base de *Bacillus subtilis* (Serenade® da Agraquest) utilizadas no experimento (0; 200; 400; 600; 800 e 1000 mL ha⁻¹) foram diluídas em 100 L de água com 0,8% de Cloreto de Sódio a fim de haver maior “fixação” das bactérias nas mudas. Após a imersão das mudas por cinco minutos as mesmas foram transplantadas para canteiros com espaçamento de 0,30 m entre filas e 0,30

m entre plantas ($111.111 \text{ plantas ha}^{-1}$) constituindo 16 mudas por parcela, totalizando 1.152 plantas.

O preparo do solo ocorreu dez dias antes do transplântio. Com auxílio de tração (microtrator) foi feito gradagem, em seguida realizou-se o enleiramento dos canteiros de forma manual. Para a adubação de plantio foi realizada aplicação de composto orgânico, esterco bovino curtido (20 L/m^2), conforme necessidades e de acordo com a análise química do solo.

A formação dos canteiros ocorreu de forma manual com auxílio de enxadas, sendo construídos quatro canteiros com altura de 0,20 m com 1,2 m de largura por 30 m de comprimento. O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersores espaçados a um metro, com quatro linhas de irrigação (uma em cada canteiro) a uma altura de 0,5 m do solo (Figura 3). A lâmina de irrigação foi estimada através do cálculo de evapotranspiração diária da cultura. Não houve necessidade de controle de pragas e de doenças. As capinas foram realizadas a cada dois dias de forma manual com auxílio de enxadas, de acordo com o aparecimento de plantas daninhas.

Figura 3 - Sistema de irrigação por microaspersores. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Dados do próprio autor.

A colheita foi realizada de forma manual aos 55 Dias Após a Semeadura – DAS, sendo as plantas levadas ao laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Acre – Campus Floresta, para mensuração das variáveis (Figura4).

Figura 4 - Colheita do experimento. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Dados do próprio autor.

3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis analisadas foram: número de folhas (quantidade total de folhas comerciais); diâmetro da roseta (distância máxima entre as folhas nas extremidades da planta (cm); massa fresca da parte aérea (g planta^{-1}), massa seca da parte aérea e massa seca da raiz obtida após as plantas serem secas em estufa com circulação de ar forçada, com temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ até massa constante e produtividade (kg ha^{-1}). Na

Figura 5 são apresentados alguns registros do processo de mensuração das variáveis analisadas.

Figura 5 - Variáveis analisadas (a) contagem de folhas e diâmetro da roseta (b) massa fresca da parte aérea (c) pré-secagem para massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Dados do próprio autor.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a fase de campo do do experimento, os dados foram organizados e submetidos preliminarmente à verificação de dados discrepantes (GRUBBS, 1969). A Normalidade dos erros foi verificada por meio do teste de Shapiro e Wilk (1965), enquanto a homogeneidade das variâncias populacionais foi avaliada por meio do teste de Bartlett (1937).

Posteriormente, aplicou-se a (ANOVA) e quando os resultados foram significativos ($p < 0,05$) pelo o teste F, realizou-se os desdobramentos quantitativos. Às varáveis que apresentaram interação utilizou-se a metodologia da superfície resposta e para as variáveis sem interação, os dados quantitativos foram submetidos a análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir do Teste F permitiram concluir que, para o fator cultivar, apresentou diferença significativa em relação aos valores médios atribuídos aos níveis para todas as variáveis em teste, quais sejam: número de folhas (NF), diâmetro da roseta (DR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD). Resultado semelhante foi encontrado em relação aos valores médios relacionados aos níveis do fator dose, ao nível de significância $\alpha=0,05$. No tocante à interação entre os níveis dos fatores em prova, verificou-se que apenas as variáveis NF e DR não apresentaram diferença significativa. A Tabela 2 exibe um resumo dos valores da estatística do teste F, obtidos para as variáveis em prova neste estudo.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância do número de folhas (NF), diâmetro da roseta (DR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de cultivares de alface submetidas a doses da bactéria *Bacillus subtilis*. Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.

FV	GL	NF	DR	MFPA	MSR	MSPA	PROD
CULT.	2	51,665**	12,128**	20,670**	21,545**	7,208**	20,093**
DOSE	5	3,076*	1,826*	45,670**	1,600*	4,208**	45,670**
DOSE* VAR.	10	1,954NS	0,369NS	55,782**	2,045*	12,235**	55,781**
BLOCOS	3	0,709NS	0,995NS	0,205NS	2,293NS	1,217NS	0,205NS
Resíduo	51						
CV (%)		16,23	11,53	7,94	40,32	17,19	7,94

Nota: ns; não significativo, *, **, significativo pelo teste F, a 5% e 1%, respectivamente.
Fonte: Próprio autor (2020).

Os resultados apresentados na Tabela 2 permitiram verificar, adicionalmente, que os diferentes cultivares de alface diferiram entre si, promovendo ganhos nas diferentes variáveis analisadas e demonstrando níveis de uniformidade entre elas, além de adaptação às condições climáticas da região, sendo alternativa viável para os produtores, principalmente por seu ciclo curto.

Em relação a comparação de médias pelo teste de Tukey com 95% de confiança para a variável número de folhas (Tabela 3), não houve diferença significativa entre as doses de *Bacillus subtilis* para a variedade Vera e a SVR 2005.

Já para a variedade Elba houve diferença significativa entre as doses destacando-se a dose de 1000 mL ha⁻¹ no qual obteve-se maior média. Com relação aos cultivares de alface, todas diferiram significativamente entre si, sendo a cultivar Elba a que obteve maior desempenho em relação aos demais.

Tabela 3 - Número de folhas de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria *Bacillus Subtilis*. Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.

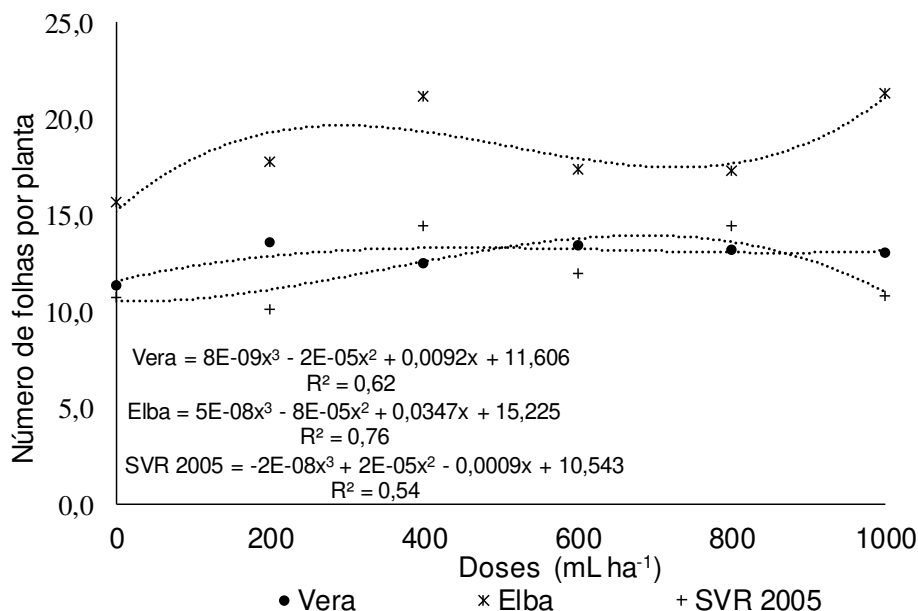
Cultivar	Doses (mL ha ⁻¹)						Média
	0	200	400	600	800	1000	
Vera	11,41 Ba	13,58 Ba	12,5 Ba	13,49 Aba	13,25 Ba	13,08 Ba	12,89
Elba	15,66 Ab	17,75 Aab	21,16 Aa	17,41 Aab	17,33 Aab	21,33 Aa	18,44
SVR 2005	10,75 Ba	10,16 Ba	14,5 Ba	12 Ba	14,49 ABa	10,83 Ba	12,12
Média	12,61	13,83	16,05	14,30	15,02	15,08	
CV (%)							16,23
DMS dose							4,92
DMS var.							4,01

Nota: *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Fonte: Próprio autor (2020).

De acordo com a análise de regressão feita para o número de folhas (Figura 6), o cultivar Vera teve resultados bem próximos para cada dose, obtendo ponto de máximo de 12,8 folhas atribuído à dose de 230 mL ha⁻¹ de *Bacillus subtilis*. Para o cultivar Elba há um acréscimo significativo até o ápice de 19,5 folhas, seguido de decréscimo e, conforme aumento da dose de *B. subtilis* há novamente o acréscimo de número de folhas. Pode-se afirmar que, por mais crescentes que sejam as doses de *Bacillus subtilis* a variação dentro do número de folhas é baixa, ou seja, doses mais baixas de bactérias atendem perfeitamente o resultado desejado. O ponto da curva em que a derivada primeira se anula evidencia que a dose recomendável que gera valor máximo é de 217 mL ha⁻¹. Para o cultivar SVR 2005 o comportamento da linha de tendência indica que o maior número de folhas pode ser obtido com a dose 400 mL ha⁻¹ atingindo ponto de máximo de 12,5 folhas e decrescendo com maiores doses de *Bacillus subtilis*.

Figura 6 - Análise de regressão do número de folhas por planta em função da dose de *Bacillus subtilis*. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Próprio autor (2020).

Bettio *et al.* (2016) observaram resposta positiva ao aplicar ácidos fúlvicos ricos em bactérias promotoras de crescimento no cultivo da alface tipo americana cv. Raider Plus obtendo rendimento de massa fresca da parte aérea de no máximo 655 g planta⁻¹; número de folhas de 32,58; diâmetro da roseta de 53,91 cm e massa seca da parte aérea de 1,10 g plantas⁻¹. Todavia os resultados relatados pelos autores foram superiores aos obtidos nesse trabalho para o NF. Os benefícios do *Bacillus subtilis* também foram observados no tratamento de sementes de milho, com aumento significativo na produtividade de grãos (LUZ, 2001).

O diâmetro da roseta evidencia o quanto as plantas cresceram lateralmente. Uma planta com a roseta maior se mostra comercialmente mais viável. De acordo com a comparação de médias pelo teste de Tukey não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre todas as doses de *Bacillus subtilis*, sendo assim o acréscimo nas doses das bactérias não se mostra eficaz para aumentar este parâmetro (Tabela 4). Já quando a comparação de médias se dar pelo desdobramento das doses dentro de cada cultivar há diferença estatística ($p < 0,05$) para as doses de 0 e 400 mL ha⁻¹, sendo que o cultivar Elba obteve as maiores médias (34,41 e 38 cm planta⁻¹) respectivamente, mostrando-se mais eficientes em relação a essas doses.

Tabela 4 - Diâmetro da roseta de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria *Bacillus Subtilis*. Cruzeiro do Sul, UFAC, 2020.

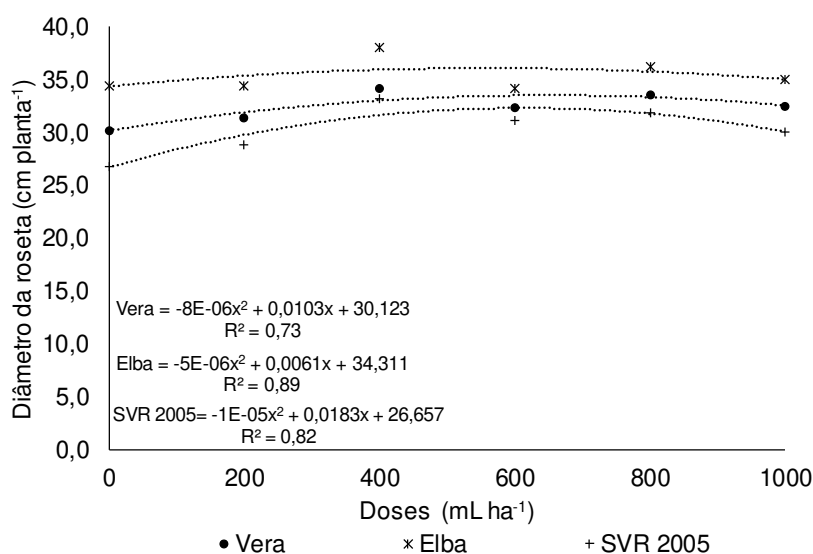
Cultivar	Doses (mL ha ⁻¹)						Média
	0	200	400	600	800	1000	
Vera	29,33 ABa	30,75 Aa	31,33 Ba	31,91 Aa	32,66 Aa	32,5 Aa	31,41
Elba	34,41 Aa	34,41 Aa	38,00 Aa	34,16 Aa	36,25 Aa	34,99 Aa	35,37
SVR 2005	26,83 Ba	28,83 Aa	33,16 ABa	31,16 Aa	31,92 Aa	30,08 Aa	30,33
Média	30,19	31,33	34,16	32,41	33,61	32,52	
CV (%)							11,53
DMS dose							7,81
DMS var.							6,37

Nota: *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Prório autor (2020).

Para a análise de regressão (Figura 7) o cultivar Vera segue tendência polinomial quadrática atingindo valor máximo estimado em 33,44 cm com a dose de 643,8 mL ha⁻¹. Comportamento semelhante aconteceu nos cultivares Elba e SVR 2005, onde atingem ponto de máxima de 36,17 e 35,03 cm respectivamente. Todavia o cultivar SVR 2005 só consegue atingir seu ponto de máxima com a dose de 915 mL ha⁻¹ enquanto o cultivar Elba alcança seu máximo diâmetro com uma dose de 610 mL ha⁻¹. Sendo assim, observa-se que doses mais elevadas de *Bacillus subtilis* não produzem maior diâmetro da roseta para essas cultivares.

Figura 7 - Análise de regressão do diâmetro da roseta em função da dose de *Bacillus subtilis*. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Próprio autor (2020).

Esses valores para diâmetro da roseta foram superiores a outros experimentos de alface do tipo Crespa, como os realizados por Ferreira *et al.* (2013) que constataram 24,33 cm planta⁻¹ para o cv. Grand Rapids. Já ao analisarem o cv. Cinderela de alface observaram valores semelhantes aos dos autores mencionados, de 23,47 e 22,75 cm planta⁻¹, respectivamente (ZARETE *et al.*, 2010; OLIVEIRA; MINOZO, 2010).

Para a variável massa fresca da parte aérea de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade todas as cultivares diferenciaram estatisticamente entre si (Tabela 5), a cultivar Vera obteve maior média com a dose de 600 mL ha⁻¹. No entanto a cultivar Elba atingiu sua média potencial de massa fresca com a dose de 1000 mL ha⁻¹ (130,04 g planta⁻¹) e a cultivar SVR 2005 atingiu maior média com a dose de 400 mL ha⁻¹ (157,93 g planta⁻¹).

Tabela 5 - Massa fresca da parte aérea de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria *Bacillus Subtilis*. Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.

Cultivar	Doses (mL ha ⁻¹)						Média
	0	200	400	600	800	1000	
Vera	96,33 Aa	104,72 Aa	79,43 Cb	108,71 Aa	95,43 Aa	64,05 Bb	91,45
Elba	74,71 Bbc	115,89 Aa	123,93 Ba	72,69 Bc	90,21 Ab	130,04 Aa	101,25
SVR 2005	60,80 Cd	67,09 Bcd	157,93 Aa	80,10 Bbc	86,47 Ab	76,61 Bbc	88,17
Média	77,28	95,90	120,43	87,17	90,70	90,23	
CV (%)							7,94
DMS dose							15,57
DMS var.							12,69

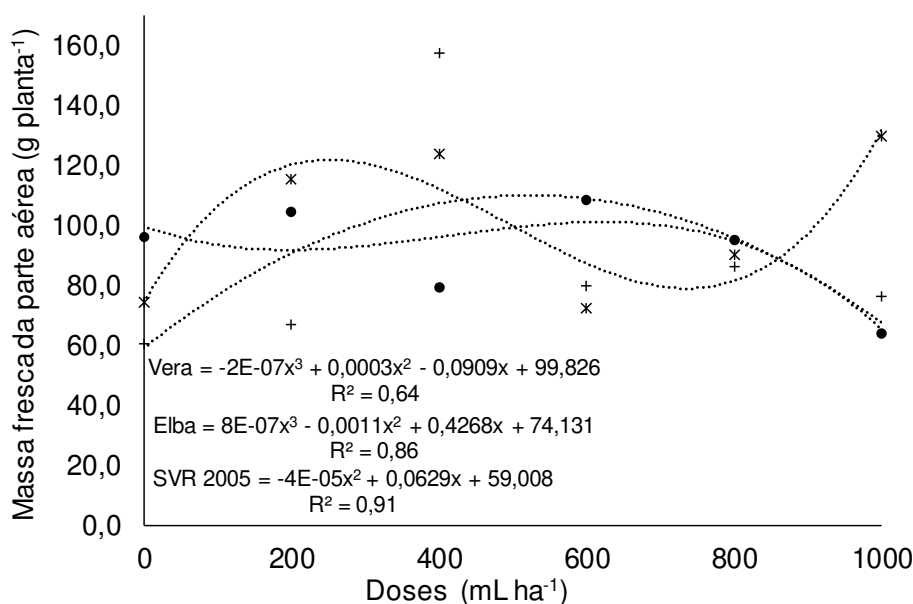
Nota: *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor (2020).

Já quando se compara as doses dentro de cada cultivar, pode-se destacar que apenas na dose 800 mL ha⁻¹ não houve diferença estatística entre as cultivares sendo assim, destaca-se a dose de 400 mL ha⁻¹ na qual obteve a maior média para a cultivar SVR 2005 (157,93 g planta⁻¹) e a dose de 1000 mL ha⁻¹ na qual obteve maior média para a cultivar Elba (130,04 g planta⁻¹).

Pela análise de regressão (Figura 8), é possível destacar que apesar das crescentes doses de *Bacillus subtilis*, o cultivar Vera apresentou maior média (108,71 g planta⁻¹) com a dose de 600 mL ha⁻¹, sem diferenciar da testemunha e das doses de 200 e 800 mL ha⁻¹. No entanto, o cultivar Elba atingiu sua média potencial de massa fresca com a dose de 1000 mL ha⁻¹ (130,04 g planta⁻¹), sem diferir dos resultados obtidos com as doses de 200 e 400 mL ha⁻¹. A cultivar SVR 2005 atingiu maior média com a dose de 400 mL ha⁻¹ (157,93 g planta⁻¹).

Figura 8 - Análise de regressão da massa fresca da parte aérea em função da dose de *Bacillus subtilis*. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Próprio autor (2020).

É possível destacar que apesar do incremento de doses de *Bacillus subtilis*, o comportamento da MFPA para as cultivares Vera e SVR 2005 são decrescentes em relação ao aumento das doses de *Bacillus subtilis*. Deste modo, o incremento entre o resultado obtido e o insumo aplicado não justificaria a aplicação de doses mais altas.

Ao acrescentarem *Bacillus subtilis* na solução nutritiva no cultivo de alface hidropônico do tipo romana cv. Green Towers, houve acréscimo de 6% na massa fresca da parte aérea (CORREA *et al.*, 2010). O mesmo aconteceu ao adicionarem dose de *Bacillus subtilis* nas concentrações de 0,1% e 1% na solução nutritiva da alface promoveu o acréscimo de 17% da massa seca da parte aérea (CORREA; BETTIOL, 2009).

Em estudo realizado com alface cultivar Vera em sistema de produção orgânica no estado do Acre, verificou-se que foi 177,7 g planta⁻¹ superior a este estudo de massa fresca da parte aérea e 18.118,8 kg ha⁻¹ de produtividade (OLIVEIRA JÚNIOR, 2016).

Para a variável massa seca da parte aérea é possível observar de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a cultivar Vera as doses de 0, 200 e 600 mL ha⁻¹ mostram-se superiores as demais (Tabela 6), destacando-se principalmente a dose

de 600 mL ha⁻¹ na qual obteve as maiores médias (5,7 g planta⁻¹). Em relação a cultivar Elba as doses superiores foram 200, 400, 800 e 1000 mL ha⁻¹ sendo destaque a dose de 1000 mL ha⁻¹ que obteve a maior média desse cultivar (6,06 g planta⁻¹). Para a cultivar SVR 2005 apenas a dose de 400 mL ha⁻¹ destacou-se (6,89 g planta⁻¹) sendo a maior média para esta variável entre todas as cultivares estudada.

Tabela 6 - Massa seca da parte aérea de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria *Bacillus Subtilis*. Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.

Cultivar	Doses (mL ha ⁻¹)						Média
	0	200	400	600	800	1000	
Vera	5,56 Aa	6,43 Aa	3,59 Bb	5,7 Aa	3,52 Ab	2,92 Bb	4,62
Elba	4,31 Abb	5,76 Aab	5,78 Aab	4,15 Bb	4,73 Aab	6,06 Aa	5,13
SVR 2005	3,78 Bb	2,91 Bb	6,89 Aa	3,89 Bb	4,2 Ab	3,88 Bb	4,26
Média	4,55	5,03	5,42	4,58	4,15	4,29	
CV (%)							17,19
DMS dose							1,68
DMS var.							1,37

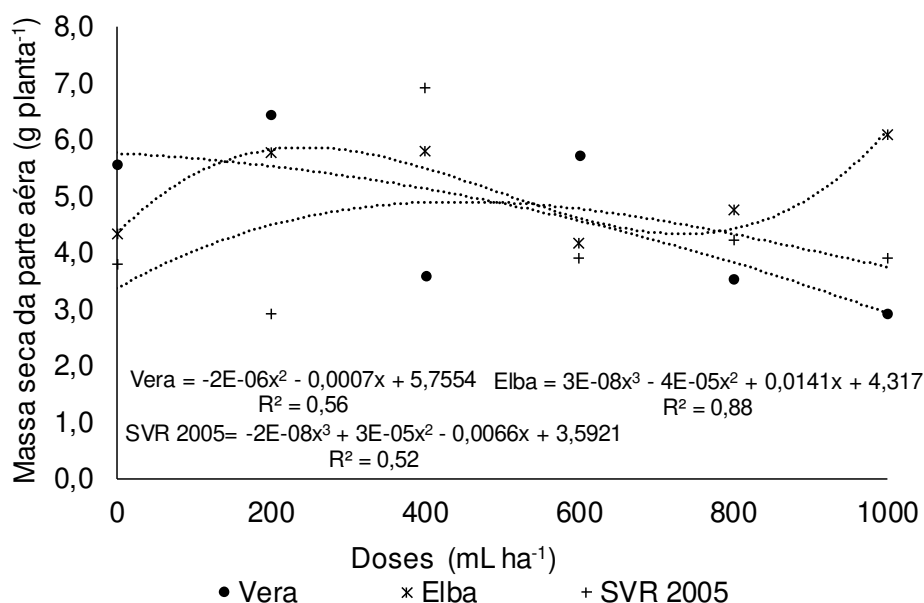
Nota: *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor (2020).

Em relação as doses estudadas dentro de cada cultivar para as doses de 0 e 200 mL ha⁻¹ os cultivares Vera e Elba se mostraram superiores, para a dose de 400 mL ha⁻¹ os cultivares Elba e SVR 2005 obtiveram maiores médias, apenas a cultivar Vera se destacou em relação a dose de 600 mL ha⁻¹, na dose de 800 mL ha⁻¹ não houve diferença estatística e na dose de 1000 mL ha⁻¹ o destaque foi a cultivar Elba com as maiores médias.

Para análise de regressão da massa seca da parte aérea é possível observar que para o cultivar Vera, as doses de 0, 200 e 600 mL ha⁻¹ foram superiores as demais (Figura 9), destacando-se principalmente a dose de 200 mL ha⁻¹ a qual proporcionou maior média (6,5 g planta⁻¹). Em relação ao cultivar Elba, as doses superiores foram 200 e 400 mL ha⁻¹, com ponto de máxima de 5,75 g. planta⁻¹ obtida com a dose de 176,3 mL ha⁻¹, e para a cultivar SVR 2005 a massa seca de 3,5 g planta⁻¹ pode ser obtida com uma dose de 305 mL ha⁻¹.

Figura 9 - Análise de regressão da massa seca da parte aérea em função da dose de *Bacillus subtilis*. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Próprio autor (2020).

O uso de *Bacillus subtilis* na inoculação de sementes de *Pinus eliotti* contribui para maior massa seca da parte aérea e massa seca da raiz além de inibir o crescimento micelial de fungos (MACIEL *et al.*, 2014).

Ao testar a adaptabilidade de diferentes cultivares de alface do tipo crespa para a região de Cruzeiro do Sul – Acre, em sistema de produção convencional (SILVA, 2017) obteve massa seca da parte aérea de 77,00 g planta⁻¹ para a cultivar Rafaela e para a cultivar Babá de Verão obteve 77,00 g planta⁻¹.

A utilização de *Bacillus subtilis* promove maior índice de aérea foliar, massa seca da parte aérea e contribuem para a massa seca da raiz devido a produção de fitohormônios como auxinas e giberilinas (ZUCARELLI *et al.*, 2018).

Para a variável massa seca da raiz de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a cultivar Vera e SVR 2005 não houve diferença estatística entre as diferentes doses estudadas destacando-se a dose de 600 mL ha⁻¹ (Tabela 7) para a cultivar Vera e as doses de 400 e 800 mL ha⁻¹ para a cultivar SVR 2005 na qual obteve maiores médias. Já para a cultivar Elba houve diferença estatística onde as doses de 1000 e 400 mL ha⁻¹ foram superiores as demais (0,72 e 0,53 g planta⁻¹).

Tabela 7 - Massa seca da raiz de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria *Bacillus Subtilis*. Cruzeiro do Sul, ACRE, 2020.

Cultivar	Doses (mL ha ⁻¹)						Total
	0	200	400	600	800	1000	
Vera	0,25 Aa	0,31 Aba	0,21 Ba	0,32 ABa	0,24 Aa	0,22 Ba	0,26
Elba	0,3 Ab	0,44 Ab	0,53 Aa	0,43 Ab	0,4 Ab	0,72 Aa	0,47
SVR 2005	0,23 Aa	0,2 Ba	0,3 Ba	0,2 Ba	0,3 Aa	0,27 Ba	0,25
Média	0,26	0,32	0,35	0,32	0,31	0,40	
CV (%)							40,32
DMS dose							0,22
DMS var.							0,27

Nota: *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

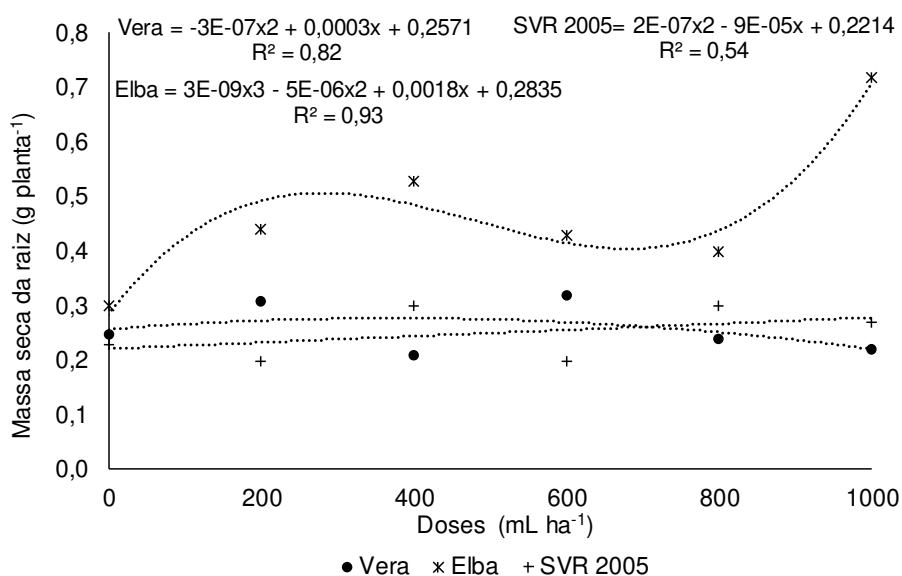
Fonte: Próprio autor (2020).

No entanto quando se trata as diferentes doses estudadas dentro de cada cultivar as doses de 0 e 800 mL ha⁻¹ não tiveram diferenças estatísticas, já para as demais doses (200, 400, 600, e 1000 mL ha⁻¹) destaca-se sempre a cultivar Elba com as maiores médias para massa seca da raiz sendo que a dose de 1000 mL ha⁻¹ teve a maior média para esta variável (0,72 g planta⁻¹).

De acordo com a análise de regressão (Figura 10), para o cultivar Vera todos os pontos observados ficaram próximos, independente da dose analisada, contudo, a derivada primeira da equação da curva da regressão polinomial mostra que é possível obter a máxima de 0,33 g planta⁻¹ com uma dose de 500 mL ha⁻¹. O cultivar Elba, obteve desempenho para massa seca da raiz superior aos demais cultivares estudados, o ponto de máxima foi de 0,7 g planta⁻¹ na dose de 1000 mL ha⁻¹. Quanto ao cultivar SVR 2005 verificou-se máxima de 0,28 g planta⁻¹, valores bem próximos aos demais resultados para este cultivar.

Conforme a planta desenvolve as suas raízes e a parte aérea, maior quantidade de produtos vindo das bactérias *Bacillus subtilis* são liberadas para rizosfera (BERNARDINO *et al.*, 2018).

Figura 10 - Análise de regressão da massa seca da raiz em função da dose de *Bacillus subtilis*. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.



Fonte: Próprio autor (2020).

Com relação a produtividade de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a cultivar Vera, as doses de 0, 200, 600 e 800 mL ha⁻¹ foram superiores aos demais (Tabela 8). Destacando-se a dose de 600 mL ha⁻¹ na qual foi numericamente superior aos demais (12079,72 kg ha⁻¹). Para cultivar Elba destacam-se as doses de 200, 400 e 1000 mL ha⁻¹ na qual foram superiores as demais doses, resultando nas médias de 12877,22; 13770,46 e 14449,53 kg ha⁻¹ respectivamente. Já a cultivar SVR 2005 apenas a dose de 400 mL ha⁻¹ obteve desempenho superior, com médias de 17547,96 kg ha⁻¹.

Com relação ao desdobramento das doses dentro de cada cultivar para o teste de Tukey a 5% de probabilidade apenas a dose de 800 mL ha⁻¹ que não houve diferença estatística. Para as doses 0 e 600 mL ha⁻¹ a cultivar Vera obteve as maiores médias, para a dose de 200 mL ha⁻¹ as cultivares que se destacaram foram a Vera e a Elba, já para a dose de 400 mL ha⁻¹ foi a cultivar SVR 2005 e para a dose de 1000 mL ha⁻¹ a cultivar Elba se mostrou superior as demais.

Tabela 8 - Produtividade de diferentes cultivares de alface submetidas a tratamentos com diferentes doses da bactéria *Bacillus Subtilis*. Cruzeiro do Sul, Acre, 2020.

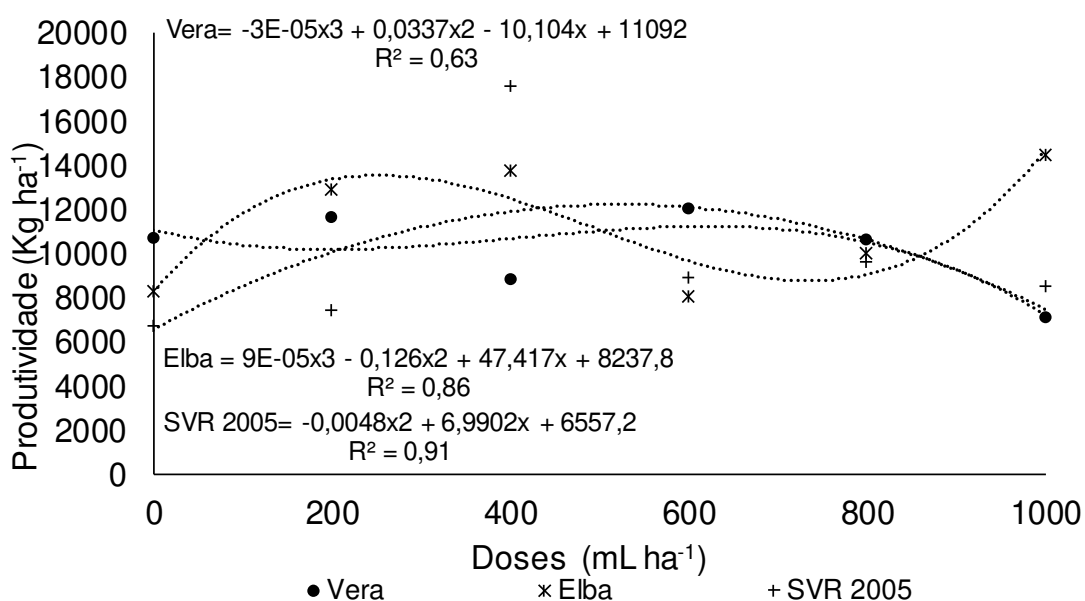
Cult.	Doses (ml.ha ⁻¹)						Média
	0	200	400	600	800	1000	
Vera	10703,88 Aa	11636,48 Aa	8825,83 Cb	12079,72 Aa	10603,79 Aa	7117,03 Bb	10161,12
Elba	8302,12 Bbc	12877,22 Aa	13770,46 Ba	8077,13 Bc	10023,42 Ab	14449,53 Aa	10924,53
SVR							
2005	6756,29 Cd	7454,9 Bcd	17547,96 Aa	8900,83 Bbc	9608,14 Ab	8513,14 Bbc	9796,88
Média	8587,43	9545,69	13381,42	9685,89	10078,45	10026,57	
CV (%)							7,94
DMS							
dose							1730,29
DMS							
var.							1410,87

Nota: *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Proprio autor (2020).

Para a produtividade (Figura 11), observou-se que o cultivar Vera nas doses de 200, 600 e 800 ml ha⁻¹ obteve valores bem próximos entre si, contudo destacando-se a dose de 600 ml ha⁻¹ na qual foi numericamente superior aos demais (12079,72 kg ha⁻¹).

Figura 11 - Análise de regressão da produtividade em função da dose de *Bacillus subtilis*. UFAC – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, 2019.



Fonte: Próprio autor (2020).

O comportamento polinomial crescente para a dose de 200 mL ha⁻¹ seguido de um pequeno declínio e aumento posterior até a dose máxima, demonstra pouco incremento para doses do *Bacillus subtilis*. Resultados semelhantes foram observados por Silva *et al.* (2015) em experimento com alface cultivar Vera, onde reportou-se em cultivo orgânico resultados para massa fresca da parte aérea (135,4 g planta⁻¹) e produtividade (10497 kg ha⁻¹).

Para cultivar Elba destacam-se as doses de 200, 400 e 1000 ml ha⁻¹, resultando nas médias de 12877,22; 13770,46 e 14449,53 kg ha⁻¹, respectivamente. Já para a cultivar SVR 2005, o destaque foi para a dose de 400 ml ha⁻¹ que resultou em produtividade superior, com média de 17547,96 kg ha⁻¹.

Em diferentes sistemas de produção para alface cultivar Vera no estado do Acre, foram constatadas produtividades para o cultivo convencional de 7089 kg ha⁻¹, para o plantio direto 9223 kg ha⁻¹ e para o cultivo mínimo de 6742 kg ha⁻¹ (SILVA, 2017), valores estes inferiores aos obtidos neste experimento.

5 CONCLUSÕES

A inoculação com *Bacillus subtilis* dependendo da dose do inoculante proporciona efeitos benéficos no número de folhas, diâmetro da roseta, massa fresca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e produtividade da alface crespa.

A dose de 400 mL ha⁻¹ de *Bacillus subtilis* mostrou-se mais eficiente para aumento de número de folhas; diâmetro da roseta; massa seca da parte aérea; massa fresca da parte aérea e produtividade da alface, sendo recomendada para o cultivo.

A cultivar SVR 2005, teve melhor desempenho em relação aos cultivares Vera e Elba, podendo ser indicada para a região de Cruzeiro do Sul, Acre.

REFERÊNCIAS

- ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico- econômico do Acre fase II: documento síntese** – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA. 2006. 356 p.
- AGAPITO, P. J. A.; CONTRERAS, N. U.; PINZON, H.; LAVERDE, P. H. Nutrient absorption in four lettuce, *Lactuca sativa* L., source materials. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 14, n. 1, p. 28-36, 1997.
- AHEMAD, M. Implications of bacterial resistance against heavy metals in bioremediation: a review. **IIOABJ** 3, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 39-46, 2012.
- AHEMAD, M.; KHAN, M. S. Effect of fungicides on plant growth promoting activities of phosphate solubilizing *Pseudomonas putida* isolated from mustard (*Brassica campestris*) rhizosphere. **Chemosphere**, Oxford, v. 86, n. 9, p. 945-950, 2012.
- AHEMAD, M.; KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Remediation of herbicides contaminated soil using microbes. In: KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; MUSARRAT, J. (Ed.), **Microbes in sustainable agriculture**. New York: Nova Science Publishers, 2009.
- ARAÚJO NETO, S. E. de; FERREIRA, R. L. F.; PONTES, F. S. T. Rentabilidade da produção orgânica de cultivares de alface com diferentes preparos do solo e ambiente de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1362-1368, 2009.
- ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F.; PONTES, F. T. S. Rentabilidade da produção orgânica de alface com diferentes tipos de cobertura e preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapará. **Resumos** [...] Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Agroecologia, 2007. p. 191-194.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical test. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937.
- BERNARDINO, D. L. M. P.; DAVID, A. M. S. de S.; FIGUEIREDO, J. C.; CANGUSSU, L. V. de S.; da SILVA, C. D.; RIBEIRO, R. C. F. Efeitos de rizobactérias e substratos na qualidade fisiológica de sementes de alface. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 316-326, 2018.
- BETTIO, D. P.; CACEFO, V.; ARAUJO, F. F. Controle biológico de nematóides em alface com *Bacillus subtilis*. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 12, p. 23-29, 2016. Numero Especial.
- BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 1327-1350, 2012.
- CAMPOS SILVA, J. R.; SOUZA, R. M.; ZACARONE, A. B.; SILVA, L. H. C. P.; CASTRO, A. M. S. Bacterias endofíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae* pv. tomato, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1062-1072, 2008.

CAVALCANTE, A. S. da S. **Produção orgânica de alface em diferentes épocas de plantio, preparo e coberturas de solo no estado do Acre**. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2008.

CHANDLER, D.; DAVIDSON, G.; GRANT, W. P.; GREAVES, J.; TATCHELL, G. M. Microbial biopesticides for integrated crop management: an assessment of environmental and regulatory sustainability. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 19, n. 5, p. 275-283, 2008.

CHEN, H.; XIAO, X.; WANG, J.; WU, L.; ZHENG, Z.; YU, Z. Antagonistic effects of volatiles generated by *Bacillus subtilis* on spore germination and hyphal growth of the plant pathogen. *Botrytis cinerea*. **Biotechnology Letters**, Dordrecht, v. 30, n. 5, p. 919-923, 2008.

CORRÊA, E. B.; BETTIOL, W.; SUTTON, J. C. Controle biológico da podridão radicular (*Pythium aphanidermatum*) e promoção de crescimento por *Pseudomonas chlororaphis* 63-28 e *Bacillus subtilis* GB03 em alface hidropônica. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n.4, p. 275-181, 2010.

COSTA, C. P.; SALA, F. C. A evolução da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-15, 2005.

CORRÊA, E. B.; BETTIOL, W. **Controle biológico da podridão de raízes causada por *Pythium* spp. em cultivos hidropônicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 26 p. (Documentos, 77).

DAROLT, M. R. **Agricultura orgânica**: conheça os principais procedimentos para uma produção sustentável. Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 214. 1p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Guia de campo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS, 9., 2013, Brasília. **Reunião** [...] Brasília: Embrapa, 2013. p. 1-20.

FERREIRA, L. L.; ANICETO, R. R.; MONTENEGRO, I. N. A.; RIBEIRO, T. S.; ALMEIDA, D. G.; PORTO, V. C. N. Comportamento de variedades de alface na semeadura de março no município de Areia-PB. **Scientia Plena**, Itabaiana, v. 9, n. 4, p. 01-07, 2013.

FERREIRA, R. L. F.; SOUZA, R. J. DE; CARVALHO, J. G. DE; ARAÚJO NETO, S. E. DE; MENDONÇA, V.; WADT, P. G. S. Avaliação de cultivares de alface adubadas com silicato de cálcio em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1093-1101, 2010.

FIGUEIREDO, M. V. B.; SELDIN, L.; ARAUJO, F. F.; MARIANO, R. L. R. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In: MAHESHWARI, D. K. **Plant growth and health promoting bacteria**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. p. 21-42.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças. In: FILGUEIRA, F. A. (Org.). 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

FONTES, P. C. R. **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa, MG: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2005. 486 p.

GIORDANO, W.; HIRSCH, A. M. The expression of MaEXP1, a *Melilotus alba* expansin gene, is upregulated during the sweet clover-*Sinorhizobium meliloti* interaction. **MPMI** **17**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 613-622, 2004.

GLICK, B. R. **Plant growth-promoting bacteria**: mechanisms and applications. Hindawi Publishing Corporation, Scientifica, 2012. 15 p.

GLICK, B. R.; PATTEN, C. L.; HOLGUIN, G.; PENROSE, G. M. **Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria**. London: Imperial College Press, 1999. 276 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 658 p.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **American Society for Quality**, Alexandria, v. 11, n. 1, p. 1-21, 1969.

HAMMAMI, I.; RHOUMA, A.; JAOUADI, B.; REBAI, A.; NESME, X. Optimization and biochemical characterization of a bacteriocin from a newly isolated *Bacillus subtilis* strain 14B for biocontrol of *Agrobacterium* spp. strains. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 48, n. 2, p. 253-260, 2009.

HAYAT, R.; ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, Heidelberg, v. 60, n. 1, p. 579-598, 2010.

HYNES, R. K.; LEUNG, G. C.; HIRKALA, D. L.; NELSON, L. M. Isolation, selection, and characterization of beneficial rhizobacteria from pea, lentil and chickpea grown in Western Canada. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 54, n. 4, p. 248-258, 2008.

INDIRAGANDHI, P.; ANANDHAM, R.; MADHAIYAN, M.; SA, T. M. Characterization of plant growth-promoting traits of bacteria isolated from larval guts of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Current Microbiology**, New York, v. 56, n. 1, p. 327-333, 2008.

JAHANIAN, A.; CHAICHI, M. R.; REZAEI, K.; REZAYAZDI, K.; KHAVAZI, K. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) on germination and primary growth of artichoke (*Cynara scolymus*). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, Bangladesh, v. 4, n. 1, p. 923-929, 2012.

JHA, P. N.; KUMAR, A. Endophytic colonization of *Typha australis* by a plant growth-promoting bacterium *Klebsiella oxytoca* strain GR-3. **Journal of Applied Microbiology**, Chichester, v. 103, n. 4, p. 1311-1320, 2007.

KANG, B. G.; KIM, W. T.; YUN, H. S.; CHANG, S. C. Use of plant growth-promoting rhizobacteria to control stress responses of plant roots. **Plant Biotechnology Journal**, Chichester, v. 4, n. 1, p. 179-183, 2010.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; BÔAS, R. L. V. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 70-77, 2011.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphatesolubilizing microorganisms in sustainable agriculture - a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 27, n. 1, p. 29-43, 2006.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A.; OVES, M. Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. **Environmental Chemistry Letters**, Heidelberg, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2009.

KILIAN, M.; STEINER, U.; KREBS, B.; JUNGE, H.; SCHMIEDEKNECHT, G.; HAIN, R. FZB24® *Bacillus subtilis* – mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, Monheim am Rhein, v. 1, n. 1, p. 72-93, 2000.

KIM, J.; REES, D. C. Nitrogenase and biological nitrogen fixation. **Biochemistry**, Washington, v. 33, n. 2, p. 389-397, 1994.

KLOEPPER, J. W. A review of mechanisms for plant growth promotion by PGPR. In: INTERNATIONAL PGPR ABSTRACTS AND SHORT PAPERS- GPR, 6., 2003, Calicut. **Workshop** [...] Calicut: Indian Institute of Spices Research, 2003. p. 81-92.

KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT PATHOGENIC BACTERIA, 4., Angers. **Proceedings** [...] Angers: Station de athologie Ve´ge´ tale et de Phytobacte´ riologie - INRA, Angers, France, 1978. v. 2, p. 879-882.

KUPPER, K. C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. de. Controle biologico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos citricos. **Fitopatologia Brasileira**, Heidelberg, v. 28, n. 3, p. 251-257, 2003.

LADHA, J. K.; BRUIJN, F. J. de; MALIK, K. A. Introduction: assessing opportunities for nitrogen fixation in rice-a frontier project. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 124, n. 1, p. 1-10, 1997.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*, **Revista Tropica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2010.

LEÃO, E. U.; SILVA, J. C.; MEDEIROS, F. R.; MACÊDO, G. S. S. R.; ADORIAN, G. C.; MARINGONI, A. C. Potencial in vitro de *Bacillus* spp. no controle de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *Flaccumfaciens* em feijoeiro-comum. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 4, p. 360-362, 2016.

LEELASUPHAKUL, W. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. **Postharvest. Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p.113-121, 2008.

LOPES, S. J. **Modelos referentes à produção de sementes de alface sob hidroponia**. 2002. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 63, n. 1, p. 541-556, 2009.

LUZ, W. C. Efeito de bioprotetores em patógenos de sementes e na emergência e rendimento de grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 16-20, 2001.

MA, Y.; RAJKUMAR, M.; LUO, Y.; FREITAS, H. Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plant growth and Ni uptake. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 195, n. 1, p. 230-237, 2011.

MACIEL, C. G; WALKER, C; MUNIZ, M. F. B; ARAÚJO, M. M. Antagonismo de *Trichoderma* SPP. e *Bacillus subtilis* (UFV3918) a *Fusarium sambucinum* em *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 505-512, 2014.

MAGET-DANA, R.; THIMON, L.; PEYPOUX, F.; PTAK, M. Surfactin/Iturin A interactions may explain the synergistic effect of surfactin on the biological properties of iturin A. **Biochimie**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 74, n. 12, p.1047-1051, 1992.

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

MARTINS, W. M. de O. **Compatibilidade e desempenho agronômico de pimentão enxertado em sistema orgânico nas condições climáticas de Rio Branco - Acre**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.

MEDEIROS, M. A. de; VILELA, N. J.; FRANÇA, F. H. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 180-184, 2006.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 705-713, 2019.

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

NADEEM, S. M.; ZAHIR, Z. A.; NAVEED, M.; ARSHAD, M. 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through inoculation with rhizobacteria containing ACC deaminase activity. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 53, n. 10, p. 1141-1149, 2007.

NEUBAUER, U.; FURRER, G.; KAYSER, A.; SCHULIN, R. Siderophores, NTA, and citrate: potential soil amendments to enhance heavy metal mobility in phytoremediation. **International Journal of Phytoremediation**, New York, v. 2, n. 4, p. 353-368, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, P. P. de. **Qualidade da muda no rendimento da alface em diferentes substratos, recipientes e ambientes**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2016.

OLIVEIRA, R. C.; MINOZZO, M.C. Composto orgânico com diferentes idades de maturação para adubação de alface. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 100-107, 2010.

ONGENA, M.; DUBY, F.; JOURDAN, E.; BEAUDRY, T.; JADIN, V.; DOMMES, J.; THONART, P. *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing host resistance associated with differential gene expression. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Heidelberg, v. 67, n. 5, p. 692-698, 2005.

PASCALE B.; BEAUREGARD, Y.; CHAI, H.; VLAMAKIS, R. L. R. K. *Bacillus subtilis* biofilm induction by plant polysaccharides. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 110, n. 17, p. 1621-1630, 2013.

PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B.; CARVALHO, A. D. F. **Diagnose controle de doenças em alface, alho, cebola e brássicas**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 12-16. (Circular Técnica, 120).

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 541 p.

RAJKUMAR, M.; AE, N.; PRASAD, M. N. V.; FREITAS, H. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. **Trends in Biotechnology**, Oxford, v. 28, n. 3, p. 142-149, 2010.

RODRIGUES, I. N.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; GAMA, A. da S.; MILAGRES, C. P. Desempenho de cultivares de alface na região de Manaus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 524-527, 2008.

RUBIO, L. M.; LUDDEN, P. W. Biosynthesis of the iron-molybdenum cofactor of nitrogenase. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 62, n. 1, p. 93-111, 2008.

SALEEM, M.; ARSHAD, M.; HUSSAIN, S.; BHATTI, A. S. Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 34, n. 10, p. 635-648, 2007.

SCHIEDECK, G. **Ambiência e resposta agronômica de meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido**. 2002. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

SHAHAROONA, B.; ARSHAD, M.; KHALID, A. Differential response of etiolated pea seedlings to inoculation with rhizobacteria capable of utilizing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate or L-methionine. **Journal of Microbiology**, Hauppauge, v. 45, n. 1, p. 15-20, 2007.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SIDDIQUI, I. A.; SHAUKAT, S. S.; HUSSAIN, S. I.; KHAN, A. Role of cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in the suppression of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in tomato. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Dordrecht, v. 22, n. 1, p. 641-650, 2006.

SILVA, B. O. **Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo orgânico sobre ambiente protegido no município de Cruzeiro do Sul**. 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Acre, 2017.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; RIBEIRO, A. M. A. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F. Desempenho agronômico de alface orgânica influenciado pelo sombreamento, época de plantio e preparo do solo no Acre. **Pesquisa agropecuária brasileira**, São Paulo, v. 50, n. 6, p. 468-474, 2015.

SOMERS, E.; VANDERLEYDEN, J.; SRINIVASAN, M. Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet. **Critical Reviews in Microbiology**, Abingdon, v. 30, n. 4, p. 205-240, 2004.

SOUZA, J. L. de. **Agricultura orgânica**: tecnologia para produção de alimentos saudáveis. Vitória: INCAPER, 2005. v. 2, p. 257.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Auxin and plant-microbe interactions. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, Woodbury, v. 3, n. 4, p. 1-13, 2011.

STAJKOVIĆ, O., DELIĆ, D., JOŠIĆ, D., KUZMANOVIĆ, D., RASULIĆ, N., KNEŽEVIĆ-VUKČEVIĆ, J. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growthpromoting bacteria. **Romanian Biotechnological Letters**, Bucharest, v. 16, n. 1, p. 5919–5926, 2011.

TANK, N.; SARAF, M. Salinity-resistant plant growth promoting rhizobacteria ameliorates sodium chloride stress on tomato plants. **Journal of Plant Interactions**, Abingdon, v. 5, n. 1, p. 51–58, 2010.

TSAVKELOVA, E. A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial Producers of Plant Growth Stimulators and Their Practical Use: A Review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, Moscow, v. 42, n. 1, p.117–126, 2006.

UCY, M.; REED, E.; GLICK, B. R. Applications of free living plant growt-promoting rhizobacteria. **Antonie van Leeuwenhoek**, Dordrecht, v. 86, n. 1, p. 1-25, 2004.

VAZ, M. V.; CANEDO, E. J.; MACHADO, J. C.; VIEIRA, B. S.; LOPES, E. A.; Controle biológico de *Meloidogyne javanicae* *Meloidogyne* incógnita com *Bacillus subtilis*. **Revista do núcleo interdisciplinar de pesquisa e extensão**, Patos de Minas, n. 8, v. 1, p. 203-212, 2011.

VIKRAM, A.; HAMZEHZARGHANI, H. Effect of phosphate solubilizing bacteria on nodulation and growth parameters of greengram (*Vigna radiate* L. Wilczec). **Research Journal of Microbiology**, Near Bassam Center, v. 3, n. 2, p. 62–72, 2008.

WALKER, T. S.; BAIS, H. P.; GROTEWOLD, E.; VIVANCO, J. M. Root exudation and rhizosphere biology. **Plant Physiology**, Rockville, v. 132, n. 1, p. 44–51, 2003.

YADUVANSHI, N. P. S.; SHARMA, D. R. Tillage and residual organic manures/chemical amendment effects on soil organic matter and yield of wheat under sodic water irrigation. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p.11–16, 2008.

YUN CHEN; FANG YAN; YUNRONG CHAI; HONGXIA LIU; KOLTER, R.; LOSICK, R.; JIAN-HUA, G. Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation. **Environmental Microbiology**, Chichester, v. 15, n. 3, p. 848–864, 2013.

ZAHIR, Z. A.; MUNIR, A.; ASGHAR, H. N.; SHAHAROONA, B.; ARSHAD, M. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of pea (*Pisum sativum*) under drought conditions. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, Seoul, v. 18, n. 5, p. 958–963, 2008.

ZAIDI, A.; KHAN, M. S.; AHMAD, M.; OVES, M. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. **Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica**, Budapest, v. 56, n. 3, p. 263-284, 2009.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; HELMICH, M.; HEID, D.M.; MENEGATI, C.T. Produção agroeconômica de três variedades de alface: cultivo com e sem amontoa. **Ciência Agrônômica**, Botucatu, v. 41, n. 4, p. 646-653, 2010.

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