

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - DOUTORADO

MÔNICA GABRIELLE HARMS

CONTROLE DA ANTRACNOSE EM FEIJÃO COM PRODUTOS ALTERNATIVOS

PONTA GROSSA

2016

MÔNICA GABRIELLE HARMS

CONTROLE DA ANTRACNOSE EM FEIJÃO COM PRODUTOS ALTERNATIVOS

Tese apresentada à Universidade Estadual de Ponta Grossa para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de concentração: Agricultura.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maristella Dalla Pria

PONTA GROSSA

2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Harms, Mônica Gabrielle

H288 Controle da antracnose em feijão com
 produtos alternativos/ Mônica Gabrielle
 Harms. Ponta Grossa, 2016.
 73f.

 Tese (Doutorado em Agronomia - Área de
 Concentração: Agricultura), Universidade
 Estadual de Ponta Grossa.

 Orientadora: Prof^a Dr^a Maristella Dalla
 Pria.

 1.Indução de resistência. 2.Phaseolus
 vulgaris. 3.Colletotrichum lindemuthianum.
 I.Dalla Pria, Maristella. II.
 Universidade Estadual de Ponta Grossa.
 Doutorado em Agronomia. III. T.

CDD: 635.652



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

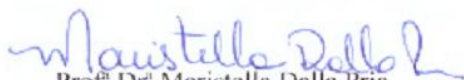
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Tese: “**Controle da antracnose em feijão com produtos alternativos**”.

Nome: Mônica Gabrielle Harms

Orientadora: Maristella Dalla Pria

Aprovado pela Comissão Examinadora:


Prof.ª Dr.ª Maristella Dalla Pria


Prof.ª Dr.ª Cacilda Márcia Duarte Rios Faria


Dr.ª Ana Claudia Klosowski


Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub


Prof. Dr. Marcos Pileggi

Data da Realização: 19 de dezembro 2016.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e força para alcançar meus objetivos.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela formação acadêmica recebida na graduação, mestrado e agora, doutorado. Dez anos de aprendizagem e crescimento pessoal e profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Araucária pela concessão da bolsa de doutorado.

À Prof^a. Dr^a. Maristella Dalla Pria, pela orientação, apoio e conhecimentos compartilhados.

Aos meus pais Ary e Débora, que sempre se esforçaram para que eu atingisse meus objetivos.

Ao meu noivo Juliano Baniski, pelo carinho, apoio e compreensão nos momentos mais difíceis da realização do trabalho e também pelos momentos de alegria compartilhados.

A Gislaíne Gabardo, pela amizade e por toda a ajuda oferecida para a realização deste trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Escola Capão da Onça, que sempre contribuíram com experimentos em campo.

A Zima Richter e a Luciane Henneberg, por estarem sempre disponíveis para auxiliar nas atividades laboratoriais.

A todos os professores da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelos ensinamentos e contribuição para a formação profissional.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos!

“Entrega teu caminho ao Senhor, confia Nele e o mais Ele fará” (Salmos 37:5)

RESUMO

O uso de indutores de resistência que ativam os mecanismos de defesa das plantas contra patógenos pode ser uma estratégia de manejo das doenças das plantas cultivadas. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência dos produtos alternativos no controle da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). O delineamento experimental utilizado para os experimentos em folha destacada e em casa de vegetação foi o inteiramente casualizado com 9 tratamentos e 5 repetições. Foi realizada a avaliação da severidade e calculada a área abaixo da curva do progresso da antracnose. Em laboratório foi realizado o experimento *in vitro*, onde foi calculado o índice de velocidade de crescimento micelial. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 7 (produtos) x 4 (concentrações) com 5 repetições. Os experimentos em condições de campo foram realizados nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, na Fazenda Escola Capão da Onça. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram: 1 - testemunha; 2 - hidróxido de fentina (Mertin 400[®] - 600 mL ha⁻¹); 3 - fosfito de potássio (4,0 L ha⁻¹); 4 - fertilizante foliar (Rocksil[®] 2%); 5 - acibenzolar-S-metílico (Bion 500 WG[®] - 25 g ha⁻¹); 6 - *Ascophyllum nodosum* (Acadian[®] - 2 L ha⁻¹); 7 - *Bacillus subtilis* (Serenade[®] - 3,0 L ha⁻¹) e 8 - *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel WP[®] - 350 g ha⁻¹). Foi realizada a avaliação da severidade da antracnose, calculada a área abaixo da curva do progresso da doença, o índice de antracnose nas vagens e os componentes de rendimento. *Bacillus subtilis* inibiu o crescimento de *C. lindemuthianum* *in vitro*. *Bacillus thuringiensis* e o fungicida inibiram o crescimento do patógeno nas concentrações de 1000 e 100 ppm. Os produtos fosfito de potássio, fertilizante foliar, acibenzolar-S-metílico e fungicida apresentaram controle da antracnose em casa de vegetação. Houve incremento na produtividade da safra 2014/2015 quando os tratamentos fungicida, *Ascophyllum nodosum*, fertilizante foliar e fosfito de potássio foram aplicados. Na safra 2015/2016, fungicida e *Bacillus thuringiensis* foram os tratamentos que ocasionaram aumento na produtividade. O fungicida foi o tratamento que controlou a antracnose nas safras 2014/2015 e 2015/2016. Além disso, na safra 2015/2016 os produtos alternativos fosfito de potássio, *Ascophyllum nodosum*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus thuringiensis* comportaram-se de maneira semelhante ao fungicida no controle da antracnose no terço superior das plantas.

Palavras-chave: indução de resistência, *Phaseolus vulgaris*, *Colletotrichum lindemuthianum*.

ABSTRACT

The use of resistance inducers that activate defense mechanisms of plants against pathogens can be a strategy for the management of diseases of cultivated plants. The objective of this work was to verify the efficiency of the alternative products in the activation of defense mechanisms in bean plants (*Phaseolus vulgaris*) and that result in the development of resistance to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). The experimental design used for the experiments in detached leaf and greenhouse was the completely randomized with 9 treatments and 5 repetitions. The severity was assessed and the area below the anthracnose progress curve was calculated. The experiment was carried out *in vitro* in the laboratory and the rate of mycelial growth rate was calculated. The experimental design was completely randomized in factorial scheme 7 (products) X 4 (concentrations) with 5 replications. Experiments under field conditions were carried out in 2013/2014, 2014/2015 and 2015/2016 harvests at Fazenda Escola Capão da Onça. The experimental design was a randomized block design with 4 replications. The treatments used were: 1 - control; 2 - fentin hydroxide (Mertin 400[®] - 600 mL ha⁻¹); 3 - Potassium phosphate (4.0 L ha⁻¹); 4 - leaf fertilizar (Rocksil[®] 2%); 5 - acibenzolar-S-methyl (Bion 500 WG[®] - 25 g ha⁻¹); 6 - *Ascophyllum nodosum* (Acadian[®] - 2 L ha⁻¹); 7 - *Bacillus subtilis* (Serenade[®] - 3.0 L ha⁻¹) and 8 - *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel WP[®] - 350 g ha⁻¹). The assessment of the severity of anthracnose was conducted and the area under the curve of disease progression, the anthracnose index in the pods and yield components were calculated. *Bacillus subtilis* inhibited the growth of *C. lindemuthianum* *in vitro*. *Bacillus thuringiensis* and fungicide inhibited the growth of the pathogen at concentrations of 1000 and 100 ppm. The products of potassium phosphite, leaf fertilizer, acibenzolar-S-methyl and fungicide presented anthracnose control under greenhouse conditions. There was an increase in yield of the 2014/2015 harvest when fungicide treatments, *Ascophyllum nodosum*, leaf fertilizer and potassium phosphite were applied. In the crop of 2015/2016, fungicide and *Bacillus thuringiensis* were the treatments that caused an increase in productivity. The fungicide was the treatment that controlled the anthracnose in 2014/2015 and 2015/2016 harvests. In addition, in the 2015/2016 harvest, the alternative products potassium phosphite, *Ascophyllum nodosum*, *Bacillus subtilis* and *Bacillus thuringiensis* behaved similarly to the fungicide in the control of anthracnose in the upper third of the plants.

Keywords: Induction of resistance, *Phaseolus vulgaris*, *Colletotrichum lindemuthianum*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Ingrediente ativo, produto comercial e suas respectivas doses para o método da folha destacada e para o experimento em casa de vegetação. Ponta Grossa/PR, 2016.....	30
Tabela 2 -	Ingrediente ativo, nome comercial, dose e data de aplicação dos herbicidas utilizados para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>) nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.....	34
Tabela 3 -	Ingrediente ativo, nome comercial, dose e data de aplicação dos inseticidas utilizados para o controle de pragas na cultura do feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>) nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016	35
Tabela 4 -	Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> submetido ao efeito de produtos alternativos em diferentes concentrações <i>in vitro</i> . Ponta Grossa/PR, 2015	39
Tabela 5 -	Área abaixo da curva do progresso (AACPD) da antracnose (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) para os experimentos realizados em folha destacada e em casa de vegetação. Ponta Grossa/PR, 2016.....	42
Tabela 6 -	Área abaixo da curva do progresso da antracnose (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) na planta inteira e nos terços inferior, médio e superior em função dos tratamentos aplicados na cultura do feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>), cultivar IPR Uirapuru. Ponta Grossa, safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.	50
Tabela 7 -	Número de plantas de feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>) por metro, vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil grãos (g) e produtividade (kg ha ⁻¹). Ponta Grossa/PR, safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.	53

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum lindemuthianum* nas concentrações de 200, 400, 600 e 800 ppm para fertilizante foliar (A); 2, 4, 6 e 8 ppm para fungicida (B) e 20, 40, 60 e 80 ppm para *Bacillus thuringiensis*. Ponta Grossa/PR, 2016..... 40
- Figura 2 - Experimento conduzido em casa de vegetação. Testemunha não inoculada (A), sintomas de antracnose em folhas pulverizadas com *Ascohyllum nodosum* (B), sintomas de antracnose em folhas pulverizadas com *Bacillus subtilis* (C). Ponta Grossa/PR, 2016..... 44
- Figura 3 - Severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na testemunha (A) e no fungicida (B) nas três safras do experimento com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Ponta Grossa/PR, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016. . 46
- Figura 4 - Severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em cada tratamento, nas safras 2013/2014 (A), 2014/2015 (B) e 2015/2016 (C) no experimento com a cultura do feijão (*Phaseolous vulgaris*). Ponta Grossa/PR 48
- Figura 5 - Índice de doença (%) nas vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) obtido para cada tratamento. Ponta Grossa/PR, 2015/2016. *Médias com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. 55
- Figura 6 - Sintomas de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) nos tratamentos testemunha (1), fungicida (2), fosfito de potássio (3), fertilizante foliar (4), acibenzolar-S-metílico (5), *Ascohyllum nodosum* (6), *Bacillus subtilis* (7) e *Bacillus thuringiensis* (8). Ponta Grossa/PR, 2015/2016. 55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	A CULTURA DO FEIJÃO	12
3.2	ANTRACNOSE	13
3.2.1	Medidas de controle	15
3.3	INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA	16
3.4	INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM FEIJÃO	18
3.5	PRODUTOS ALTERNATIVOS	19
3.5.1	Acibenzolar-S-metil	19
3.5.2	Fosfito de potássio	20
3.5.3	Rocksil®	21
3.5.4	<i>Ascophyllum nodosum</i>	23
3.5.5	<i>Bacillus subtilis</i>	24
3.5.6	<i>Bacillus thuringiensis</i>	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO	28
4.1.1	Índice de velocidade de crescimento micelial	28
4.1.2	Método da folha destacada	29
4.2	EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO	31
4.3	EXPERIMENTOS EM CAMPO	32
4.3.1	Instalação e condução dos experimentos	32
4.3.2	Avaliação da severidade da antracnose nas folhas	35
4.3.3	Avaliação da severidade da antracnose nas vagens	36
4.3.4	Avaliação dos componentes de rendimento	36
4.3.5	Avaliação da produtividade	37
4.3.6	Análise estatística	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO	38
5.1.1	Índice de velocidade de crescimento micelial	38
5.1.2	Método da folha destacada	41
5.2	EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO	43
5.3	EXPERIMENTOS EM CAMPO	46
6	CONCLUSÃO	56
6.1	EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO E CASA DE VEGETAÇÃO	56
6.2	EXPERIMENTO EM CAMPO	56
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	ANEXOS	71

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente distribuída no Brasil, considerado o seu maior produtor e consumidor mundial. Apesar disso, a produtividade média é muito inferior ao potencial da cultura. A baixa produtividade está relacionada aos problemas fitossanitários, à adubação inadequada e às condições climáticas nem sempre favoráveis (BRESSAN, 2011).

A antracnose, causada pelo fungo hemibiotrófico *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner, é uma das doenças mais importantes da cultura do feijão, causando severos danos em todo o mundo. O uso de cultivares resistentes e aplicação de fungicida têm sido as principais medidas recomendadas para o controle desta doença. A antracnose é uma doença de difícil controle porque o patógeno apresenta alta variabilidade genética, sobrevive em restos culturais e pode ser transmitido através de sementes. Devido à grande variabilidade genética do patógeno e ao contínuo aparecimento de novas raças, a resistência monogênica não tem sido considerada durável em plantas de feijão (VIDIGAL FILHO et al., 2007; VENEALUT-FOURREY; LAUGÉ; LANGIN, 2005).

O controle de doenças de plantas é o objetivo prático mais importante da fitopatologia, o que justifica o investimento em pesquisa e desenvolvimento de produtos para tal. Na busca de elevadas produtividades com práticas de fácil uso e alta eficiência, os fungicidas passaram a ser largamente utilizados ao custo de grande impacto ambiental e problemas no surgimento de resistência dos patógenos a estes produtos. Porém, as pesquisas se intensificaram no uso de resistência por parte da planta, não apenas a resistência genética a partir de genes introduzidos, mas também a resistência induzida, a partir de agentes indutores, bióticos e abióticos, com baixo impacto ambiental e com a possibilidade de se utilizar a mesma tecnologia de aplicação usada para os fungicidas (KUHN, 2007).

O interesse no meio ambiente e na saúde humana, o aumento dos custos de produção e a quebra de resistência de cultivares comerciais são responsáveis pela intensificação do desenvolvimento de métodos alternativos de controle (FREITAS; STADNIK, 2012).

A preocupação com a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos e a exigência cada vez maior do mercado consumidor de adquirir produtos saudáveis têm levado os pesquisadores a buscar medidas alternativas para o controle de doenças de plantas, como o emprego de indutores de resistência (DI PIERO; GARDA, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a eficiência dos produtos alternativos no manejo da antracnose em feijão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum in vitro* em função de diferentes doses de produtos alternativos.

Avaliar o efeito dos produtos alternativos em experimento com folha destacada e em casa de vegetação.

Avaliar a severidade da antracnose em plantas de feijão tratadas com os produtos alternativos, no campo.

Avaliar os componentes de rendimento da cultura do feijão tratada com produtos alternativos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A CULTURA DO FEIJÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é de grande importância para o Brasil, por ser um dos componentes básicos da alimentação da população, representando a principal fonte de proteína vegetal para o consumo humano. Possui alto teor proteico, além de oferecer vitaminas e minerais (QUINTANA et al., 2002).

Originário das Américas, o feijão é uma planta anual, herbácea, pertencente à classe Dicotyledoneae, família Fabaceae e subfamília Faboideae (SOUZA; LORENZI, 2008), que pode apresentar hábito de crescimento determinado ou indeterminado, com ciclo anual variando de 60 a 120 dias (SANTOS; GAVINALE, 2006).

Cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, a cultura do feijão possui grande importância econômica e social. O cultivo dessa leguminosa é bastante difundido em todo o território nacional. É reconhecida como cultura de subsistência em pequenas propriedades (YOKOYAMA, 2008). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção de feijão concentra-se em países que, além de serem os maiores produtores, são também os maiores consumidores.

Dependendo da região, a semeadura do feijão é feita ao longo do ano, em três épocas (safra das águas - setembro a novembro; safra das secas - janeiro a março e safra de inverno - maio a julho), de tal forma que sempre haverá produção de feijão em algum ponto do país, contribuindo para o abastecimento interno (YOKOYAMA, 2008).

Considerando as três safras, a área total de feijão na safra 2015/16 foi de 2.837,4 mil hectares, havendo uma redução de 6,2% em relação à safra anterior. A produção nacional de feijão foi de 2.515,8 mil toneladas, resultando em uma produtividade de 887 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

A maior parte do volume da produção de feijão da primeira safra é produzida na Região Centro-Sul (77,6% da produção total), destacando-se Paraná, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e São Paulo. O Estado do Paraná destaca-se como um dos maiores produtores nacionais deste grão, tendo obtido uma produção de 707,4 mil toneladas em 395,9 mil hectares de área plantada, resultando em uma produtividade de 1.787 kg ha⁻¹ na safra 2015/16, a qual é superior à produtividade nacional, de 887 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

O consumo interno *per capita* de feijão vem diminuindo, resultado da urbanização que gerou mudanças nos hábitos alimentares, com maior procura por produtos de rápido preparo. Em meados dos anos 90, a média era de 19 kg por habitante ano⁻¹, enquanto que atualmente a média se encontra em torno de 15 kg por habitante ano⁻¹ (CONAB, 2015).

Os sistemas de cultivo da cultura do feijão são bastante diversificados no mundo todo, variando desde monocultura altamente mecanizada e irrigada, a associações com milho, outros cereais, cana-de-açúcar e café. No Brasil, até pouco tempo, a produção de feijão também era caracterizada por cultivos de subsistência, em pequenas áreas e com pouca tecnologia. No entanto, recentemente, a cultura tem passado por grandes transformações, em que a produção do grão tem sido feita em grande escala, utilizando tecnologias avançadas, como sistemas de irrigação, manejo fitossanitário e colheita mecanizada com maior aporte de insumos no processo produtivo (KLUTHCOUSKI; AIDAR; THUNG, 2007).

A baixa produtividade da cultura tem ocorrido na maioria das regiões produtoras devido a problemas fitossanitários, associados a métodos culturais inadequados e o esgotamento progressivo da fertilidade do solo (BORÉM; CARNEIRO, 2006), fazendo com que o rendimento médio da cultura seja muito inferior à sua produtividade potencial (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

3.2. ANTRACNOSE

Entre as principais doenças de origem fúngica, a antracnose, cujo agente causal é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum* é uma das mais importantes, pois ataca cultivares suscetíveis em todo o mundo. É uma doença cosmopolita, porém, apresenta maior importância nas áreas tropicais e subtropicais, especialmente sob condições de alta umidade (SARTORATO, 1988).

Colletotrichum lindemuthianum é um fungo mitospórico e sua fase teleomórfica corresponde a *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli* (THAUNG, 2008). Pertence à classe Coelomycetes, ordem Melanconiales e família Melanconiaceae. O fungo produz micélio septado e ramificado, de coloração hialina, escurecendo à medida que envelhece. Os conídios são hialinos, unicelulares, podendo ser oblongos, cilíndricos e com as pontas arredondadas, germinam entre 6 e 9 horas sob condições favoráveis, formam o tubo germinativo, apressório e penetram pela cutícula e epiderme de hospedeiro (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

Os conídios são formados no interior dos acérvulos e a massa de esporos formada possui coloração rósea a salmão. Os acérvulos contêm setas que podem ser encontrados nos hospedeiros e quase sempre em meio de cultura. Os conidióforos são hialinos, eretos e sem ramificações (RAVA; SARTORO, 1994).

A antracnose estabelece-se preferencialmente em temperaturas entre 13 e 26°C, com ótimo de 21°C e umidade relativa do ar acima de 91%. Temperaturas superiores a 30°C e inferiores a 13°C limitam tanto a infecção quanto o desenvolvimento do fungo (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

Os sintomas da doença podem ser visualizados em todas as partes da planta. O hipocótilo das plântulas é infectado normalmente por esporos levados das lesões cotiledonares. As mesmas começam por uma diminuta mancha que gradualmente cresce no caule, no sentido longitudinal. No final, as lesões tornam-se deprimidas e de coloração marrom escura (PAULA JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2006).

As lesões no caule e no pecíolo são geralmente ovaladas, deprimidas e de coloração escura. Quando as condições são favoráveis ao desenvolvimento do fungo, as lesões da base do caule crescem, enfraquecendo-o e tornando-o incapaz de suportar a copa da planta. As lesões nas folhas ocorrem inicialmente na face abaxial, ao longo das nervuras, como pequenas manchas de cor pardo-avermelhada, posteriormente tornam-se de cor café-escura a negra. A infecção ocorre tanto nas nervuras principais quanto nas secundárias. Em infecções severas há formação de manchas necrosadas nos tecidos adjacentes às nervuras (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

Nas vagens, as lesões são arredondadas, deprimidas, de tamanho variável, com o centro claro, delimitado por um anel negro levemente protuberante. As lesões podem coalescer e cobrir parcialmente as vagens. Com condições de umidade e temperatura favoráveis há formação da massa de esporos de coloração rosada no centro das lesões (PAULA JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2006).

C. lindemuthianum possui uma ampla variabilidade em relação à capacidade de causar doença em vários cultivares. Esta variabilidade é identificada como diferentes raças fisiológicas (SARTORATO, 2002).

A antracnose é responsável por danos que podem chegar a 100%, principalmente quando são utilizadas sementes infectadas e as condições de temperatura e umidade relativa do ar são favoráveis. Além da redução no rendimento da cultura, o fungo, quando infecta a semente, causa a depreciação da qualidade do produto (SARTORATO; RAVA; RIOS, 1996).

O agente causal da antracnose é um fungo hemibiotrófico, apresentando um processo infeccioso dividido em duas fases, uma fase inicial biotrófica, que ocorre de 2 a 4 dias após a infecção, onde o patógeno se estabelece no hospedeiro não havendo presença de sintomas visíveis e, outra fase, necrotrófica, onde ocorrem os sintomas (O'CONNELL et al., 2000).

O patógeno sobrevive em restos de cultura, de uma estação para outra ou de um cultivo para outro, como micélio dormente dentro do tegumento das sementes, nas células dos cotilédones. É transmitido a longas distâncias via sementes contaminadas e a curtas distâncias via respingos de água de chuva, irrigação e ventos. Ainda pode ser disseminado pelo homem ao caminhar pela lavoura, pelos insetos, implementos agrícolas e animais (RAVA; SARTORATO, 1994).

3.2.1 Medidas de controle

A antracnose é uma doença de difícil controle devido a uma série de fatores, como a eficiente transmissão do patógeno pela semente, a capacidade de sobrevivência do patógeno em restos culturais e a alta variabilidade genética (BIGIRIMANA; HÖFTE, 2001).

Os principais métodos de controle utilizados são práticas culturais, controle químico e utilização de cultivares resistentes. A utilização de sementes sadias, a rotação de culturas e a utilização de densidade de semeadura adequada são as práticas culturais recomendadas para o controle da antracnose (SARTORATO; RAVA; FARIA, 2009).

O tratamento de sementes com fungicidas sistêmicos pode inviabilizar os esporos e o micélio do fungo presentes no interior da semente. Os fungicidas protetores podem ser utilizados no controle da antracnose, sendo que se deve iniciar o tratamento quando os primeiros sintomas surgirem (SARTORATO; RAVA; RIOS, 1996).

O uso de cultivares resistentes tem sido o método mais apropriado para controlar a antracnose, particularmente em países onde métodos alternativos são difíceis de serem implementados; porém, a grande variabilidade de *C. lindemuthianum* tem resultado em contínua quebra de resistência em cultivares comerciais (MEDEIROS, 2004).

A preocupação com a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos e a exigência cada vez maior do mercado consumidor de adquirir produtos saudáveis têm levado os pesquisadores a buscar medidas alternativas para o controle de doenças de plantas, como o emprego de indutores de resistência (DI PIERO; GARDA, 2008).

3.3 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

A sustentabilidade da atividade agrícola depende, em parte, do uso de métodos de controle alternativo de doenças e pragas. No caso das doenças, muitos trabalhos de pesquisa enfocam o controle biológico e a indução de resistência (BERTONCELLI et al., 2016; GONTIJO NETO et al., 2016; RIBEIRO; SERRA; ARAÚJO, 2016; GABARDO, 2015).

A ativação de mecanismos de defesa latentes existentes nas plantas em resposta ao tratamento com agentes bióticos ou abióticos é denominada de resistência induzida (HAMMERSCHMIDT; DANN, 1997). As plantas ativam um conjunto de respostas de resistência após o reconhecimento de um patógeno ou pela aplicação exógena de indutores de resistência (GUZZO et al., 1999).

A resistência do hospedeiro a uma doença pode ser definida como a capacidade da planta em atrasar ou evitar a entrada e/ou a subsequente atividade de um patógeno nos tecidos da mesma (AGRIOS, 2005).

As plantas são expostas a um grande número de patógenos, e como consequência, apresentam um complexo mecanismo de defesa para reconhecer e se proteger, através do desenvolvimento de barreiras, como mecanismos de defesa pré e pós-formados que restringem a infecção/colonização. Em ambas as categorias, os fatores envolvidos na resistência podem ser divididos em estruturais ou bioquímicos. Os estruturais atuam como barreiras físicas, enquanto os bioquímicos atuam através da produção de substâncias tóxicas ou repelentes ao patógeno, ou criando condições adversas ao estabelecimento deste na planta (MAZARO, 2007).

Os fatores de resistência pré-formados são aqueles presentes na planta antes do contato com o patógeno, sendo representados por estruturas como ceras, cutícula, parede celular espessa e tricomas, bem como substâncias químicas pré-formadas, como fenóis, alcaloides, inibidores proteicos e enzimas hidrolíticas. Já os pós-formados estão ausentes ou em baixo nível antes da infecção, produzidos ou ativados em resposta à presença do patógeno. Estes mecanismos envolvem a formação de papilas, halos, lignificação, camada de cortiça, formação de tilose, deposição de goma, além de compostos bioquímicos como fitoalexinas, proteínas relacionadas à patogênese e espécies reativas de oxigênio (PASCHOLATI; LEITE, 1995).

O mecanismo de indução de resistência ou amplificação da resposta de defesa em plantas é chamado de eliciação. As moléculas que induzem, ou amplificam, são chamadas de

eliciadoras ou elicitores, podendo ser de origem proteica, lipídica ou polissacarídica (LYON; NEWTON, 1999).

A sequência de eventos relacionados à indução e expressão da resistência ou resposta de defesa inicia-se com o reconhecimento pelo hospedeiro de alguma característica química ou estrutural do patógeno ou agente de estresse ou dano associado com a invasão. Esta percepção resulta na produção ou liberação de um composto sinalizador que é responsável pela indução da resposta de defesa da planta (JOHAL et al., 1995).

A resistência induzida pode ser caracterizada como uma resposta de defesa ao ataque de um determinado patógeno, produzido no local ou longe do ponto de infecção. Na resistência sistêmica, um sinal é translocado para outras partes da planta e induz mecanismos de defesa à distância que limitam a colonização dos tecidos pelo patógeno, limitando a expansão das lesões. A resistência sistêmica adquirida (RSA) é uma das respostas que podem ser observadas após a inoculação das plantas por um patógeno. Ela pode ser iniciada, por exemplo, em resposta a necroses induzidas por patógenos que tornam a planta sistemicamente protegida contra infecções subsequentes causadas pelo mesmo patógeno ou por outros patógenos (MORAES, 1998).

A RSA envolve a expressão de genes como das Proteínas Relacionadas à Patogênese (PRPs), entre elas, β -1,3-glucanases, quitinases e peroxidases, onde a indução é dependente do ácido salicílico (AS). A RSA pode ser ativada quando a planta é exposta aos patógenos virulentos, avirulentos, não-patogênicos ou quando tratadas com ácido 2,6 dicloro-isonicotínico (INA) ou ácido-benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbotiótico (BHT) (STICHER; MAUCH-MANI; MÉTRAUX, 1997). A RSA só será estabelecida após um período de tempo, sendo este necessário para que ocorra a expressão de genes, acúmulo de PRPs e a indução sistêmica do AS (PASCHOLATI et al., 2010). Por outro lado, a Resistência Sistêmica Induzida (RSI) está associada ao ácido jasmônico (AJ) e etileno (ET), não envolvendo a síntese de PRPs. Contudo, a resistência em plantas está associada à eficiência do hospedeiro em reconhecer a presença do patógeno através de mecanismos de percepção e transdução de sinais que podem resultar na resistência das plantas aos patógenos. Quando uma planta é desafiada por um patógeno ou tratada com eliciadores, ocorrem alterações metabólicas nas plantas e também uma sinergia entre o metabolismo primário e secundário (VIECELLI et al., 2010).

Os genes de resistência estão associados com o incremento do ácido salicílico (AS), ácido jasmônico (AJ) e etileno (ET) (JALALI; BHARGAVA; KAMBLE, 2006). A RSA está associada ao AS, o qual é o sinalizador para a expressão de certas proteínas relacionadas à

patogenicidade (GLAZEBOOK, 2005). As diferentes formas de resistência foram descobertas recentemente, pois algumas plantas não respondiam bioquimicamente a indutores como a rizobactéria *Pseudomonas fluorescens*. Essas rizobactérias induzem a RSI, que é independente do ácido salicílico e não está associada com a ativação dos mesmos genes da RSA. Em substituição ao AS, a RSI requer, para a sua ativação, o aumento dos níveis de AJ e ET (BOSTOCK, 2005).

Um dos mais eficientes mecanismos de defesa é a reação de hipersensibilidade, onde há a indução da produção de fitoalexinas e de várias proteínas de defesa codificadas por genes da planta, resultando na morte repentina de um número limitado de células do hospedeiro ao redor dos sítios de infecção (HAMMOND-KOSACK; JONES, 1996).

3.4 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM FEIJÃO

A indução de resistência a doenças na cultura do feijão é um tema que tem mostrado bastante interesse dos pesquisadores. Kuhn (2007) observou que os indutores *Bacillus cereus* e azibenzolar-S-metílico (ASM) induziram resistência em plantas de feijão contra *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap) e *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, sendo que o indutor biótico *B. cereus* alterou o metabolismo do feijão sem interferir na sua produtividade e melhorando a qualidade da produção. Já o indutor abiótico ASM alterou acentuadamente o metabolismo do feijão, gerando um custo metabólico e redirecionando seus fotoassimilados para investir em defesas, ocasionando redução na produtividade.

Bressan (2011) constatou que os indutores ASM e proteína harpina se mostraram eficientes na indução de resistência contra o crestamento bacteriano comum causado por *X. axonopodis* pv. *phaseoli* em plantas de feijão das cultivares IPR-Colibri e IAPAR 31, reduzindo a severidade da doença e induzindo a síntese de compostos fenólicos e da enzima peroxidase.

No trabalho conduzido por Faulin (2010), a autora relatou que houve indução de resistência em plantas pré-tratadas com ASM e desafiadas com *X. axonopodis* pv. *phaseoli*, pois as mesmas obtiveram menor severidade da doença; porém ocorreram redução nos componentes de produção.

Gadaga (2009), com o objetivo de avaliar o efeito do fosfito de potássio, zinco e manganês no controle da antracnose em plantas de feijão do cultivar BRS Majestoso, sob condições de campo, destacou que estes produtos condicionaram menores severidades da doença, semelhantes ao fungicida. A produtividade da cultura também foi incrementada com

a aplicação dos fosfitos. Em casa de vegetação, os fosfitos de potássio e manganês proporcionaram aumento da peroxidase e polifenoloxidase.

Com o objetivo de verificar o efeito local, residual e sistêmico de extratos de macroalgas marinhas no controle da antracnose em feijão, Abreu; Talamini e Stadnik (2007) concluíram que os extratos de *Lemna sp.* e *Ulva fasciata* (Delile) reduziram sistemicamente a severidade da doença em 55 e 44%, respectivamente, em relação à testemunha.

3.5 PRODUTOS ALTERNATIVOS

3.5.1 Acibenzolar-S-metil

O acibenzolar-S-metil (ASM), comercialmente conhecido como Bion[®], é um ativador de plantas e não tem ação direta contra patógenos. A aplicação é realizada na parte aérea das plantas, ativando seus mecanismos naturais de defesa e aumentando sua resistência às doenças. Devido ao seu modo de ação particular, o produto deve ser aplicado antes da entrada dos patógenos, de forma preventiva. O produto é rapidamente absorvido pelos tecidos foliares e se transloca sistemicamente, tanto para as folhas quanto para as raízes (BRASIL, 2016).

O ASM é um produto de baixa toxicidade e sistêmico, rapidamente absorvido e translocado através das plantas, elicia a expressão dos mesmos genes da resistência sistêmica adquirida e de moléculas relacionadas à patogênese (proteínas-RP) ativadas pelo ácido salicílico (AS).

Este produto pode ser enquadrado na definição de um indutor de resistência, pois fornece proteção a um amplo espectro de patógenos, induz a expressão dos mesmos marcadores moleculares e bioquímicos (como as proteínas-RP) tanto quanto os indutores biológicos, e não apresenta atividade antimicrobiana direta (KESSMAN et al., 1994). As consequências deste fenômeno incluem o impedimento da penetração do patógeno, possível hidrólise de componentes da parede celular de fungos e sensibilização das células do hospedeiro para reagir mais rapidamente à infecção (HUANG et al., 2000). Na infecção sistêmica, o AS é necessário para a transmissão de sinais para a indução de resistência. O ASM parece substituir o AS neste processo induzindo resistência sem que a infecção tenha ocorrido (KUHN, 2007).

O ASM é sistêmico e pode ativar mecanismos de defesa contra fungos e Oomycotas (OOSTENDORP et al., 2001), bem como a algumas bactérias (ROMERO; KOUSIK; RITCHIE, 2001) e certas viroses (ANFOKA, 2000).

Devido ao seu modo de ação, o desenvolvimento de patógenos resistentes não é esperado, podendo propiciar novas oportunidades para o manejo efetivo e sustentável de doenças em algumas culturas (GULLINO; LEROUX; SMITH, 2000). Desta forma, o ASM pode ser empregado como um método alternativo ao controle convencional de doenças, possibilitando a redução ou substituição dos fungicidas empregados no controle das mesmas (KUHN, 2007).

Gontijo Neto et al. (2016), com o objetivo de avaliar a influência de compostos alternativos na severidade da antracnose em feijão, verificou que as plantas tratadas com ASM apresentaram redução de 10,3% da AACPD em relação à testemunha. A redução da severidade da antracnose no feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) com a utilização do indutor de resistência ASM também foi verificado por Siqueira (2015).

Trabalhos demonstram que a RSA foi ativada em várias culturas após a aplicação do ASM, como na batata (*Solanum tuberosum* L.) (BOKSHI; MORRIS; DEVERALL, 2003), pepino (*Cucumis sativus* L.) (NARUSAKA; NARUSAKA; HORIO, 1999), feijão (IRITI; FAORO, 2003), cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) (RESENDE et al., 2002) e cafeeiro (*Coffea arabica* L.) (MONTEIRO, 2011).

3.5.2 Fosfito de potássio

Os fosfitos são produtos líquidos originados da neutralização do ácido fosforoso (H_3PO_3) por uma base, que pode ser hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de amônio entre outros, sendo o hidróxido de potássio o mais utilizado, formando o fosfito de potássio, que possui excelentes qualidades sanitárias, com atividade fungicida, atuando diretamente sobre os fungos ou ativando mecanismo de defesa das plantas (REUVENI, 1997).

Os fosfitos de potássio foram introduzidos no mercado como fertilizantes na década de 70. O uso de fertilizantes à base de fosfito como fonte de fósforo tem aumentado significativamente em atividades agrícolas no Brasil, visando ao aumento na produtividade (DIAS et al., 2000).

Entre as principais vantagens da utilização de fosfito na agricultura, destaca-se o baixo custo relativo da matéria-prima, a prevenção e controle das doenças produzidas por fungos e a melhoria do estado nutricional das plantas. Outros efeitos incluem o equilíbrio nutricional das plantas, melhor amadurecimento, o prolongamento do tempo de conservação e qualidade superior dos frutos na pós-colheita (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005).

O fosfito de potássio inibe o crescimento dos esporos dos fungos, agindo como uma toxina direta sobre o patógeno, ou apresentando atividade indireta no controle de patógenos, estimulando a formação de fitoalexinas, uma substância natural de autodefesa da planta (DERCKX; CREASY, 1989). Estes produtos apresentam rápida absorção pelas raízes e folhas, com menor exigência de energia da planta e são ainda bons complexantes, favorecendo a absorção de K, Ca, B, Zn, Mo, Mn, entre outros nutrientes (VITTI et al, 2005).

O caráter sistêmico dos fosfitos (ascendente e descendente) e a sua rápida absorção pelas raízes, caules e folhas, permite vários métodos de aplicação, de acordo com o tipo de planta e características do agente patogênico a ser controlado. O fosfito tem sido relacionado ao aumento da zona bloqueadora da necrose, rápida mudança citológica através da migração nuclear, deposição de papila e aumento da resposta de hipersensibilidade levando à morte celular (GUEST; GRANT, 1991). Tem se apresentado como uma alternativa eficaz no manejo de doenças, em associação com fungicidas (REUVENI; REUVENI, 1995).

Estudando o efeito do fosfito de potássio sobre *C. lindemuthianum in vitro*, Caixeta; Vieira e Canedo (2012) observaram uma diminuição no crescimento micelial do patógeno, submetido a diferentes doses do produto. As inibições mais relevantes ocorreram nas maiores concentrações (0,25 e 0,50 $\mu\text{L mL}^{-1}$) do fosfito de potássio, onde foi observado menor velocidade do crescimento micelial em função do tempo de incubação.

Produtos à base de fosfito de potássio têm sido indicados no controle de fungos do gênero *Phytophthora* e dos fungos de podridões do colo, raiz, tronco e frutos. O uso de formulações à base de fosfito de potássio tem sido alvo de constantes estudos em culturas como uva, nectarina, manga, rosa, pepino, citros, café, hortaliças, algodão, trigo e soja (IRVING; KUC, 1990; REUVENI; REUVENI; AGAPOV, 1996).

Bécot et al. (2000) utilizando Phytogard[®], uma solução líquida contendo 58% de fosfito de potássio (K_2HPO_3), observaram alto nível de proteção contra oídio em crucíferas, de maneira dependente da dose utilizada, sendo que a proteção restringiu-se apenas aos tecidos tratados, não havendo resposta sistêmica.

Smillie; Guest e Grant (1989) sugerem que plantas tratadas com fosfito são capazes de produzir compostos antimicrobianos de forma mais efetiva que as não tratadas.

3.5.3 Rocksil[®]

O produto Rocksil[®], atualmente utilizado na agricultura, não é tóxico e apresenta em sua constituição silicatos, cálcio e traços de elementos minerais de origem vulcânica. Segundo

Albuquerque e Uesugi (2000), este produto é apresentado como indutor de resistência visando principalmente o mercado de produtos orgânicos.

Rocksil[®] é um produto em pó fino, preparado através de moagens, micronização e standardização de argilas especiais procedentes de minas brasileiras autorizadas pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente). Este produto pode ser facilmente diluído em água e possui excelente qualidade de adesão sobre os vegetais. É absorvido em aproximadamente duas horas, não sendo necessária nova aplicação se chover após este período (ECOINSUMOS, 2015).

Embora não seja considerado um elemento essencial às plantas, o silício pode reduzir consideravelmente os danos provocados por doenças e pragas de importância econômica, diminuindo a necessidade de aplicação de pesticidas (ALVAREZ; DATNOFF, 2011). Nas plantas, o silício participa do fortalecimento da camada de células epidérmicas, formando barreira física contra a penetração de hifas de fungos (MARSCHNER, 1995).

Segundo Pozza e Pozza (2003), plantas com excesso ou deficiência de nutrientes normalmente são vulneráveis à ocorrência de doenças. A nutrição mineral equilibrada está relacionada ao menor progresso de doenças, pois favorece o acúmulo de compostos inibidores ao redor do sítio de infecção e/ou barreiras mecânicas que impedem a penetração e a infecção por patógenos.

Pesquisas têm confirmado o silício como um dos elementos com potencial de redução da incidência e severidade de doenças, em diversas culturas. Segundo Korndorfer; Pereira e Camargo (2003), os efeitos que os silicatos de Ca e Mg promovem nas plantas são vários e entre eles está o aumento da resistência às infecções, principalmente as causadas por fungos.

Os fertilizantes de plantas com efeito de indutores abióticos de resistência, principalmente os silicatados, como exemplo do Rocksil[®], tem mostrado grande potencial no controle de doenças de hortaliças. Melo et al. (2012), com o objetivo de avaliar, em casa de vegetação, o controle da meloidoginose em tomateiro orgânico com a utilização de diferentes produtos naturais, verificou que Rocksil[®] foi o que apresentou o melhor efeito sobre *Meloidogyne incognita* (Kofold & White), destacando-se com os menores valores tanto para o número de ovos quanto para fator de reprodução.

Ribeiro; Serra e Araújo (2016) verificaram que Rocksil[®] nas concentrações de 15 e 30 g L⁻¹ inibiu o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Saca., agente causal da antracnose em mamão (*Carica papaya* L.). Avaliando o controle da doença em pós-colheita, os autores concluíram que o Rocksil[®] na concentração de 30 g L⁻¹ foi eficiente na redução dos sintomas da antracnose em frutos de mamão.

Em espécies acumuladoras de silício, tais como o trigo, foi verificada a redução do número de lesões e área abaixo da curva do progresso da doença pelo uso de silicato de cálcio (XAVIER FILHA et al., 2011). Resultados positivos foram obtidos pela pulverização com silicato de sódio e silicato de potássio no controle da antracnose em feijão (MORAES et al., 2006) e ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) (PEREIRA et al., 2009), respectivamente.

Em cafeeiro (*Coffea arabica* L.), trabalhos realizados por Xavier (2005), concluíram que o Rocksil[®], na concentração de 1% foi eficaz ou superior aos demais tratamentos no controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) e ferrugem do café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.).

3.5.4 *Ascophyllum nodosum*

As macroalgas marinhas são encontradas em uma grande diversidade de espécies no litoral brasileiro. Apesar do grande potencial, este recurso natural ainda é pouco utilizado na agricultura. Por outro lado, em países da Europa e nos Estados Unidos, produtos à base de algas vêm sendo comercializados há várias décadas como bioestimulantes de plantas, fertilizantes e condicionadores do solo (LÓPEZ, 2000). Com a finalidade de melhorar o desempenho de culturas agrícolas, a utilização de extratos de algas tem crescido, principalmente por ser alternativa ao uso de fertilizantes (KUMAR; SAHOO, 2011).

Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis destaca-se entre as espécies de algas marinhas e tem sido muito estudada por suas propriedades que incluem desde a promoção de crescimento vegetal ao uso na alimentação humana e animal (DI FAN et al., 2011). É uma alga marrom encontrada nos mares árticos e nas costas rochosas do Oceano Atlântico no Canadá e no Norte da Europa, onde a temperatura da água não excede 27°C (KESER; SWENARTON; FOERTCH, 2005).

A atividade antimicrobiana tem sido relatada em vários estudos, principalmente nas algas vermelhas e marrons (ABOURRICHE et al., 1999; BENNAMARA et al., 1999; LIZZI et al., 1998). Além da atividade direta contra microrganismos, alguns estudos confirmam a indução de resistência das plantas a doenças devido à aplicação de extratos de algas marinhas (KLARZYNSKI et al., 2000). De acordo com Lizzi et al. (1998), o extrato de *A. nodosum* estimulou a atividade de peroxidases e a síntese da fitoalexina capsidiol em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), aumentando a resistência das plantas a *Phytophthora capsici* (Leonian).

Diversos estudos têm revelado vários efeitos benéficos da aplicação de extratos de algas em plantas, tais como a precocidade germinativa de sementes e de seu estabelecimento, melhoria do desempenho e da produtividade vegetal e elevada resistência aos estresses bióticos e abióticos (CRAIGIE, 2011). Os bioestimulantes derivados de *A. nodosum* são constituídos por citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e alginatos (KHAN et al., 2009).

Os extratos de alga podem ser aplicados através de pulverização foliar, irrigação do solo, tratamentos de sementes ou em combinação de uma ou mais formas (MACKINNON et al., 2010). Tanto o método utilizado, quanto as dosagens, frequências e épocas de aplicação influenciam a resposta vegetal e variam de acordo com a espécie, cultivar, estação do ano e localização geográfica (CRAIGIE, 2011).

Abkhoo e Sabbagh (2016) estudando os efeitos do extrato da alga *A. nodosum* no controle de *Phytophthora melonis* Katsura em pepino (*Cucumis sativus* L.), verificaram que a pulverização foliar do extrato reduziu a incidência da doença. As plantas tratadas apresentaram aumento na atividade de enzimas relacionadas à defesa, sugerindo que o extrato de *A. nodosum* aumentou a resistência à doença.

Gomes e Serra (2013) avaliaram o efeito de *A. nodosum* em pimentas pós-colheita no controle de *C. gloeosporioides* e concluíram que o produto foi eficiente no controle do patógeno.

Plantas de pepino tratadas com extrato de *A. nodosum* apresentaram menor incidência das doenças causadas por *Didymella applanata* (Niessl.) Sacc., *Fusarium oxysporum* Schlecht e *Botrytis cinerea* Pers. ex Fries, e exibiram aumento da atividade de enzimas relacionadas à defesa da planta, gerando evidências de que o aumento da tolerância às doenças em pepino possa ocorrer através da ativação de genes ou aumento da atividade de enzimas de defesa da planta induzidas pelo extrato (JAYARAMAN; NORRIE; PUNJA, 2011).

3.5.5 *Bacillus subtilis*

O controle biológico por microrganismos apresenta-se como alternativa para a redução ou eliminação do uso de agroquímicos no controle de fitopatógenos. A diversidade de microrganismos, bem como suas relações antagônicas, são fatores importantes para o controle biológico aplicado. Muitos trabalhos vêm sendo realizados para elucidar as interações entre antagonista-patógeno-hospedeiro, com o objetivo de estreitar o entendimento entre a ecologia e os mecanismos de ação que permeiam essas interações (RYAN et al., 2008).

O gênero *Bacillus* spp., em especial, se destaca por formar endósporo e apresentar uma multiplicidade de mecanismos antagônicos, possibilitando a sua longa manutenção e sobrevivência em nichos ecológicos específicos, com grande versatilidade nos mecanismos de ação para driblar as defesas dos fitopatógenos (CAMPOS SILVA et al., 2008).

As populações de *B. subtilis* têm como habitat natural o solo, o qual é constituído por uma complexa comunidade biológica, onde microrganismos procariotos e eucariotos constituem maioria, tanto em número quanto em diversidade. O procarioto pode ocupar nichos ecológicos distintos em associação com plantas, estabelecendo-se na rizosfera, rizoplane, filoplane e nos tecidos internos, onde se multiplicam, sobrevivem e se protegem da ação antagonística do restante da microflora autóctone (ONGENA et al., 2005).

Bacillus subtilis tem sido usado comercialmente para o biocontrole de doenças de plantas, assim como para aumentar a produtividade das culturas (YAO et al., 2006). O biocontrole pode ser de natureza direta ou indireta (ONGENA et al., 2007). O antagonismo direto exercido contra fitopatógenos envolve os mecanismos de antibiose, como a síntese de substâncias antimicrobianas, a competição por espaço e nutrientes e a síntese de compostos voláteis. O mecanismo indireto é exercido pelo fenômeno da resistência sistêmica induzida (RSI) (LEELASUPHAKUL; HEMMANEE; CHUENCHITT, 2008).

Bactérias antagônicas, como *B. subtilis*, de modo geral, agem por antibiose e, ocasionalmente, por parasitismo e competição. Microrganismos que agem por antibiose geralmente têm amplo espectro de ação, de forma que na inibição dos fungos a produção de substâncias tóxicas é mais efetiva do que qualquer outro mecanismo de ação envolvido (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003).

A inibição da germinação de esporos de fitopatógenos pelo isolado de *B. subtilis* QST 713 é reconhecida na literatura. Wszelaki e Miller (2005), utilizando Serenade® (*B. subtilis*) para o controle da pinta preta (*Alternaria solani* Ellis & G. Martin) e da mancha de septoria (*Septoria lycopersi* Speg.) no tomate; e Serrano et al. (2013), utilizando *B. subtilis* para o controle da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) em banana, verificaram que o produto foi eficiente no controle destas doenças.

Moreira; Nesi e May de Mio (2014) relataram que o principal modo de ação do produto comercial Serenade® (*B. subtilis*) em *Colletotrichum acutatum* foi através da produção de metabólitos termooestáveis capazes de inibir o crescimento micelial em 100%.

Martins (2013) verificou que isolados de *B. subtilis* associados ao fungicida fludioxonil + metalaxil reduziram a incidência de mela (*Rhizoctonia solani*) em plantas de feijão.

Peng et al. (2011) observaram que o biofungicida Serenade[®] reduziu a incidência de hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) em canola sob condições controladas, mas seu desempenho em campo foi insatisfatório.

3.5.6 *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis é uma bactéria anaeróbica facultativa, gram-positiva, em forma de bastonetes, que produz endósporos e é capaz de produzir inclusões cristalinas proteicas durante o processo de esporulação. Estas inclusões cristalinas são responsáveis pela atividade tóxica desta espécie, especialmente para insetos (GLARE; O'CALLAGHAM, 2000). No início da esporulação, *B. thuringiensis*, sintetiza uma grande quantidade de proteínas com atividade inseticida, formando corpos de inclusão cristalina, razão pela qual são denominadas Cry. Assim, *B. thuringiensis* tem sido utilizado em larga escala como inseticida (YAMAMOTO; DEAN, 2000).

Durante o crescimento vegetativo e no processo de esporulação, as linhagens de *B. thuringiensis* produzem uma variedade de antibióticos, enzimas, metabólitos e toxinas que são biologicamente ativas. O efeito fungistático do entomopatógeno *B. thuringiensis* foi demonstrado sobre alguns fungos fitopatogênicos. Foi constatado que dois isolados da bactéria, um deles produtor da toxina bioinseticida Cry1 Ab, apresentaram efeito fungistático sobre os fungos fitopatogênicos *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum* sp. (BATISTA JUNIOR et al., 2002). Os autores sugerem a possibilidade de o efeito inibitório estar relacionado com a produção de quitinases e de outras enzimas, que podem ter ação contra a parede celular fúngica, uma vez que algumas bactérias antagonistas de fungos fitopatogênicos podem produzir quitinases.

O potencial de *B. thuringiensis* como agente de controle biológico para fungos fitopatogênicos foi também verificado por Vega et al. (2006). Os autores observaram que quitinases produzidas por *B. thuringiensis* mostraram atividade lítica contra as paredes celulares de *Fusarium* sp. e de *Sclerotium rolfsii*, inibiram o crescimento micelial e produziram aumento significativo na taxa de germinação de sementes infestadas.

Estudos evidenciam o potencial de formulações comerciais de *B. thuringiensis* como indutores de resistência. Cia (2005) constatou que a aplicação de *B. thuringiensis* (7,5 mg mL⁻¹), 24 horas antes da inoculação com *Colletotrichum gloeosporioides* reduziu de forma significativa a severidade e a incidência de antracnose em mamões, de forma dependente do intervalo de tempo entre o tratamento e a inoculação, mas não atuou diretamente sobre o

crescimento micelial e a germinação de conídios do patógeno, verificando, dessa forma, que a proteção observada nos frutos pode estar relacionada à indução de resistência ativada pela bactéria.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO

4.1.1 Índice de velocidade de crescimento micelial

O experimento foi conduzido no laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Foram testados os seguintes tratamentos: fungicida - hidróxido de fentina (Mertin[®] - 40%), fosfito de potássio (Foskalium[®] 30-20 - P₂O₅ 30% e K₂O 20%), fertilizante foliar (Rocksil[®] Al₂O₃ - 20,56%; SiO₂ - 17,43%; S - 9,82%, CaO - 1,31%, TiO₂ - 0,34%, MgO - 0,18%, Fe₂O₃ - 0,16% e P₂O₅ - 0,10%), acibenzolar-S-metílico (Bion[®] - 50%), *Ascophyllum nodosum* (Acadian[®] - K₂O - 5,3% e carbono orgânico total - 6,0%), *Bacillus subtilis* (Serenade[®] - 1,34% - 1×10^9 UFC g⁻¹) e *Bacillus thuringiensis* (Dipel[®] - 3,2% - 25 bilhões de esporos viáveis).

O isolado de *C. lindemuthianum* utilizado nos testes foi proveniente de plantas de feijão cultivadas na Fazenda Escola Capão da Onça, mantido na coleção da UEPG e foi cultivado em de cultura BDA (batata dextrose ágar).

A incorporação dos produtos no meio de cultura ocorreu após a esterilização do mesmo em autoclave, nas concentrações de 1, 10, 100 e 1000 ppm, através de diluição em série a partir de uma solução contendo 100 mL do meio de cultura na concentração de 1000 ppm de cada produto.

Após a incorporação dos produtos e solidificação do meio de cultura nas placas de Petri, foram transferidos para o centro das placas de Petri discos de micélio do fungo de 0,6 cm de diâmetro proveniente de uma placa com colônia do fungo com 20 dias de idade, cultivada em BOD à 25°C e 12 horas de fotoperíodo. A testemunha correspondeu a placas contendo apenas o meio de cultura BDA, com um disco de micélio no centro, sem a incorporação dos produtos.

As placas com as colônias foram incubadas em câmara tipo BOD à 25°C com 12 horas de fotoperíodo. O crescimento micelial foi avaliado pela medição diária do diâmetro da colônia do fungo, até que o tratamento testemunha atingisse a borda da placa, em dois eixos diametralmente opostos, com auxílio de régua milimétrica, calculando-se a média para cada repetição. Com as médias obtidas foi determinado o Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM), pela fórmula descrita por Oliveira (1991):

$$IVCM = \frac{\sum (D - Da)}{N}$$

Na qual:

D = diâmetro médio atual da colônia;

Da = diâmetro médio da colônia do dia anterior;

N = número de dias de avaliação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial, representado pelos indutores em diferentes concentrações (7 indutores x 4 concentrações), com cinco repetições. Cada placa de Petri contendo as colônias foi considerada uma repetição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.2 Método da folha destacada

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia e na casa de vegetação da Universidade Estadual de Ponta Grossa. A técnica da folha destacada é uma alternativa simples e rápida para testar a reação de plantas a patógenos em laboratório e vem a complementar os resultados obtidos no campo. A vantagem desta técnica é a economia de espaço, de inóculo, menor risco de contaminação e possibilidade de manipulação do ambiente (TWIZEYIMANA et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial de 8 (tratamentos) x 2 (aplicação ou não do produto em metade da mesma folha), com cinco repetições. Os tratamentos e suas respectivas doses estão descritos na Tabela 1.

Neste experimento foram utilizados trifólios de feijão do cultivar IPR Uirapuru, destacados de plantas no estágio fenológico V3 (primeiro trifólio aberto), cultivadas em vasos na casa de vegetação. Depois de destacados com auxílio de tesoura desinfestada, os trifólios foram levados ao laboratório, onde metade da sua superfície inferior foi pulverizada com auxílio de borrifador (a outra metade da folha foi protegida por papel alumínio), até o ponto de escorrimento. Posteriormente, os trifólios foram acondicionados em caixas gerbox (desinfestadas em hipoclorito de sódio a 25%) contendo três folhas de papel filtro esterilizadas previamente e umedecidas com 20 mL de água destilada e autoclavada.

Tabela 1 - Ingrediente ativo, produto comercial e suas respectivas doses para o método da folha destacada e para o experimento em casa de vegetação. Ponta Grossa/PR, 2016.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Dose
1 - Testemunha		-----
2 - Hidróxido de fentina	Mertin 400 [®]	600 mL ha ⁻¹
3 - Fosfito de potássio	Foskalium [®]	4 L ha ⁻¹
4 - Fertilizante foliar	Rocksil [®]	2%
5 - Acibenzolar-S-metílico	Bion [®]	25 g ha ⁻¹
6 - <i>Ascophyllum nodosum</i>	Acadian [®]	2 L ha ⁻¹
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	Serenade [®]	3 L ha ⁻¹
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel [®]	350 g ha ⁻¹

Após 72 horas da aplicação dos produtos foi realizada a inoculação artificial do patógeno no trifólio inteiro. A reaplicação dos produtos ocorreu 72 horas após da inoculação do patógeno na mesma metade do trifólio onde foi aplicado anteriormente. A inoculação de *C. lindemuthianum* foi realizada com suspensão de esporos na concentração de 2×10^6 conídios mL⁻¹. O isolado de *C. lindemuthianum* foi cultivado em ágar-vagem (DALLA PRIA et al., 1997) e mantido em BOD a 20°C, no escuro, para a esporulação do patógeno. Para o preparo do inóculo foram adicionados aproximadamente 20 mL de água destilada estéril aos tubos contendo as colônias esporuladas do fungo, seguida da raspagem superficial do meio de cultura com o auxílio de um pincel para a liberação dos conídios. A suspensão concentrada de conídios foi filtrada através de uma dupla camada de gaze, a fim de separar os conídios de restos do meio de cultura, e ajustada para a concentração utilizada com o auxílio de uma câmara de Neubauer. Para cada litro da suspensão final de conídios foi adicionada uma gota de Tween 80[®]. A severidade da antracnose foi avaliada aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a inoculação (DAI) pela escala diagramática proposta por Godoy et al. (1997) (Anexo 3).

As caixas gerbox com as folhas foram acondicionadas em câmara tipo BOD com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas durante todo o experimento (15 dias). Com os dados obtidos calculou-se a AACPD conforme descrito anteriormente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade com o auxílio do software a ESTAT - Sistemas para análises estatísticas (V. 2.0) (STAT, 2001).

4.2 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Três sementes de feijão do cultivar IPR Uirapuru foram semeadas em vasos de três litros de volume com substrato turfoso. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial de 7 (tratamentos) x 2 (aplicação ou não do produto), com cinco repetições.

A pulverização dos produtos dos respectivos tratamentos (Tabela 1) foi realizada 20 dias após a emergência, quando as plantas de feijão atingiram o estágio fenológico V3 (1ª folha trifoliolada). Após 72 horas da aplicação dos produtos foi feita a pulverização da suspensão de esporos na concentração de $2,0 \times 10^6$ conídios mL^{-1} de *C. lindemuthianum*. Passadas 72 horas da inoculação, foi realizada novamente a aplicação dos produtos. O isolado de *C. lindemuthianum* foi cultivado em ágar-vagem e mantido em BOD a 20°C, no escuro. Para o preparo do inóculo foram adicionados aproximadamente 20 mL de água destilada estéril aos tubos contendo as colônias esporuladas do fungo, seguida da raspagem superficial do meio de cultura com o auxílio de um pincel para a liberação dos conídios. A suspensão concentrada de conídios foi filtrada através de uma dupla camada de gaze, a fim de separar os conídios de restos do meio de cultura, e ajustada para a concentração de $2,0 \times 10^6$ conídios mL^{-1} com o auxílio de uma câmara de Neubauer. Para cada litro da suspensão final de conídios foi adicionada uma gota de Tween 80®.

Após ajustada a concentração, a suspensão foi transferida para pulverizador manual de plástico para pulverização nas plantas de feijão até a cobertura total das folhas. Depois de inoculadas, as plantas foram mantidas em casa de vegetação em câmara úmida por um período de 48 horas, com o objetivo de viabilizar a germinação dos esporos e a infecção. Após esse período, as plantas foram dispostas em uma bancada na casa de vegetação, onde permaneceram por todo o período de avaliação.

A avaliação da severidade da antracnose nas folhas foi determinada a cada três dias após o aparecimento dos primeiros sintomas através da escala diagramática proposta por Godoy et al. (1997). Avaliou-se o primeiro trifólio, o qual recebeu a aplicação dos indutores e o segundo e terceiro trifólios, os quais não receberam a aplicação dos indutores, aos 4, 7 e 10 dias após a inoculação. A partir dos dados de severidade foi calculada a Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD), (CAMPBELL; MADDEN, 1990) pela equação:

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [Y_{i+1} + Y_i/2] * [(T_{i+1} - T_i)]$$

Na qual:

Y_i : severidade da doença na época de avaliação i ($i=1, n$)

Y_{i+1} : severidade da doença na época de avaliação $i + 1$

T_i : época da avaliação i , que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas.

T_{i+1} : época da avaliação $i + 1$

n : número de observações

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias quando significativas comparadas pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade com o auxílio do software ESTAT - Sistemas para análises estatísticas (V. 2.0) (STAT, 2001).

4.3 EXPERIMENTOS EM CAMPO

4.3.1 Instalação e condução dos experimentos

Os experimentos foram realizados nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 na Fazenda Escola Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa (Ponta Grossa-PR). O município localiza-se a 25°13' de latitude e 50°03' de longitude, a uma altitude de 900 m acima do nível do mar. De acordo com a Carta Climática e com a Divisão Climática do Estado do Paraná, o clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfb), sem estação seca definida, com geadas frequentes no inverno e temperaturas médias nos meses mais quentes de 21,4°C e nos meses mais frios de 13°C. A precipitação média anual é de 1.600 a 1.800 mm. O solo no local é classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006). O sistema adotado na área é o plantio direto na palha. As temperaturas médias mensais, precipitação total mensal e a umidade média na fazenda no período, foram coletadas por estação agrometeorológica localizada próxima ao campo experimental, e estão descritos nos Anexos 1 e 2.

Nas três safras utilizou-se o cultivar de feijão Uirapuru (IPR88), desenvolvido pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Este cultivar é pertencente ao grupo comercial preto e apresenta ampla adaptação, alto potencial de rendimento, porte ereto e hábito de crescimento indeterminado. IPR88 é suscetível à antracnose e à mancha angular

(*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc) Ferr.) e resistente à ferrugem (*Uromyces appendiculatus* (Pers) Unger.) e ao oídio (*Erysiphe polygoni* DC).

Na safra 2013/2014, a semeadura foi realizada no dia 28/11/2013 em sistema de plantio direto, sobre a palhada de trigo, utilizando-se o espaçamento entre linhas de 0,45 m com 15 sementes por metro para obter densidade de 12 plantas m^{-1} e população final de 250.000 plantas ha^{-1} .

Para a adubação de base, utilizou-se o fertilizante NPK da fórmula comercial 02-08-12 na dosagem de 300 kg ha^{-1} . A adubação de cobertura foi realizada no dia 02/01/2014 (estádio fenológico V4), utilizando-se a fórmula 14-00-18 da dosagem de 200 kg ha^{-1} .

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da aplicação, através de pulverização foliar dos produtos: 1 - testemunha; 2 - hidróxido de fentina (Mertin 400[®] - 600 ml ha^{-1}); 3 - Fosfito de potássio (4,0 l ha^{-1}); 4 - fertilizante foliar (Rocksil[®] 2%); 5 - acibenzolar-S-metílico (Bion 500 WG[®] - 25 g ha^{-1}); 6 - *Ascophyllum nodosum* (Acadian[®] - 2 L ha^{-1}); 7 - *Bacillus subtilis* (Serenade[®] - 3,0 L ha^{-1}) e 8 - *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Dipel WP[®] - 350 g ha^{-1}). O tamanho da parcela foi 6,0 x 4,0 m (24 m^2), sendo a área útil de 5,0 x 1,35 m (6,75 m^2). O desenvolvimento da cultura do feijão foi acompanhado pela escala fenológica proposta por Gepts e Fernández (1982).

A aplicação dos produtos foi realizada a partir do estágio fenológico V3 (15 DAE). Ao todo, foram realizadas três aplicações (estádios fenológicos V3, V4 e R5). A aplicação foi realizada utilizando-se de pulverizador costal de pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas espaçadas de 0,50 m. O bico utilizado foi o jato plano leque (XR 11002) e a pressão de 3 kg cm^{-2} . Utilizou-se uma vazão aproximada de 250 L ha^{-1} . A aplicação foi realizada sob condições climáticas adequadas, umidade relativa superior a 60% e temperaturas inferiores a 30°C.

O controle das plantas daninhas e pragas foi realizado pela aplicação de herbicidas e inseticidas, respectivamente, recomendados para a cultura do feijão. Os produtos utilizados nas três safras estão descritos nas Tabelas 1 e 2.

A colheita foi realizada aos 102 dias após a emergência (17/03/2014) quando a umidade dos grãos estava em torno de 17% (medidor universal). Para fins de avaliação, foram colhidas as plantas da área central de cada parcela, utilizando trilhadora estacionária. Posteriormente, o material foi levado ao Laboratório de Sementes, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde as sementes de cada parcela foram pesadas e sua umidade aferida pelo medidor universal.

Na safra 2014/2015, a semeadura foi realizada no dia 26/11/2014 em sistema plantio direto, utilizando-se o espaçamento entre linhas de 0,45 m, densidade de 12 plantas m^{-1} e população final de 250.000 plantas ha^{-1} .

Para a adubação de base, utilizou-se o fertilizante NPK da fórmula comercial 14-34-00 na dosagem de 300 kg ha^{-1} . A adubação de cobertura foi realizada no dia 16/12/2014, utilizando-se a fórmula 30-00-20 da dosagem de 150 kg ha^{-1} .

O delineamento experimental adotado, os tratamentos e suas doses, as épocas e o modo de aplicação, as dimensões das parcelas e da área útil foram os mesmos utilizados na safra anterior.

No dia 25/02/2015 foi realizada a dessecação da cultura com diquate (Reglone® - 2,0 L ha^{-1}) e etilenoxi etanol (Agral® - 0,5 L ha^{-1}). A colheita foi realizada aos 92 dias após a emergência (03/03/2015).

Na safra 2015/2016, a semeadura foi realizada no dia 01/12/2015 em sistema de plantio direto, sobre a palhada de trigo, utilizando-se o espaçamento entre linhas de 0,45 cm com 16 sementes por metro para obter densidade de 12 plantas m^{-1} e população final de 250.000 plantas ha^{-1} . Para a adubação de base, utilizou-se o fertilizante NPK da fórmula comercial 14-34-00 na dosagem de 300 kg ha^{-1} . A adubação de cobertura foi realizada no dia 16/12/2014, utilizando-se a fórmula 30-00-20 da dosagem de 150 kg ha^{-1} .

O delineamento experimental adotado, os tratamentos e suas doses, as épocas e o modo de aplicação, as dimensões das parcelas e da área útil foram os mesmos utilizados na safra anterior.

Tabela 2 - Ingrediente ativo, nome comercial, dose e data de aplicação dos herbicidas utilizados para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Ingrediente ativo	Nome comercial	Dose	Data de aplicação
Safra 2013/2014			
bentazona + imaxamoxi	Amplo®	1,0 L ha^{-1}	27/12/2013
fomesaflen/bentazona	Flex®/Basagran®	0,6 L ha^{-1} /0,1 kg ha^{-1}	07/01/2014
setoxidim/tepraloxidim	Poast®/Aramo 200®	0,8 L ha^{-1} /0,5 L ha^{-1}	09/01/2014
Safra 2014/2015			
setoxidim/tepraloxidim	Poast®/Aramo 200®	1,1 L ha^{-1} /0,7 L ha^{-1}	05/12/2014
fomesaflen/bentazona	Flex®/Basagran®	0,6 L ha^{-1} /0,8 kg ha^{-1}	15/12/2014
tepraloxidim	Aramo 200®	0,5 L ha^{-1}	26/12/2014
fomesaflen/bentazona	Flex®/Basagran®	0,6 L ha^{-1} /0,8 kg ha^{-1}	15/01/2015
Safra 2015/2016			
fomesaflen/bentazona	Flex®/Basagran®	1 L ha^{-1} /1,2 kg ha^{-1}	29/12/2015
setoxidim/tepraloxidim	Poast®/Aramo 200	1,25 L ha^{-1} /0,5 L ha^{-1}	12/01/2016

Tabela 3 - Ingrediente ativo, nome comercial, dose e data de aplicação dos inseticidas utilizados para o controle de pragas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Ingrediente ativo	Nome comercial	Dose	Data de aplicação
Safra 2013/2014			
tiametoxam + lambda-cialotrina	Engeo Pleno [®]	0,1 L ha ⁻¹	27/12/13
lambda-cialotrina + chlotantianilipole	Ampligo [®]	1,0 L ha ⁻¹	7/1/2014
profanós + lufenuron	Curyom 550 EC [®]	100 mL ha ⁻¹	9/1/2014
Safra 2014/2015			
óleo mineral	Assist [®]	0,3%	5/12/2014
metilcarbamato de oxima/tiametoxam + lambda cialotrina	Lannate [®] /Engeo Pleno [®]	0,8 L ha ⁻¹ /0,5 L ha ⁻¹	11/12/2014
óleo mineral/tiametoxam + lambda cialotrina	Assist [®] /Engeo Pleno [®]	0,5%/0,2 L ha ⁻¹	26/12/2014
flubendiamida + tiodicarbe	Belt [®] + Larvin 800 WG [®]	0,1 L ha ⁻¹ /0,2 kg ha ⁻¹	14/01/2015 02/02/2015
Safra 2015/2016			
tiametoxam + lambda-cialotrina	Engeo Pleno [®]	0,15 L ha ⁻¹	29/12/2015
profanós + lufenuron	Curyom 550 EC [®]	0,15 L ha ⁻¹	12/1/2016

A colheita foi realizada aos 97 dias após a emergência (07/03/2015). Em seguida, o material foi levado ao Laboratório de Sementes, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde cada parcela foi pesada e sua umidade aferida pelo medidor universal.

4.3.2 Avaliação da severidade de antracnose nas folhas

Na safra 2013/2014, a avaliação da severidade de antracnose foi realizada semanalmente durante o ciclo da cultura aos 42 DAE (estádio fenológico V4 - 3ª folha trifoliolada), 50 DAE (R5 - pré floração), 56 DAE (R5), 63 DAE (R6 - floração), 71 DAE (R6) e 78 DAE (R7 - formação de vagens), estimando-se a porcentagem de tecido foliar atacado nas folhas de 10 plantas escolhidas ao acaso, nas duas linhas centrais de cada parcela, estimando a severidade nos três terços da planta (terço inferior, médio e superior), sendo a severidade média dos terços utilizada para a severidade da planta inteira. A severidade da doença foi estimada com auxílio de escala diagramática de Godoy et al. (1997) (Anexo 3).

Na safra 2014/2015, a avaliação da severidade de antracnose foi realizada semanalmente aos 40 DAE (V4 - 3ª folha trifoliolada), 48 DAE (R5), 56 DAE (R5), 63 DAE (R6), 70 DAE (R6) e 77 DAE (R7).

Na safra 2015/2016, a avaliação da severidade da antracnose foi realizada aos 24 DAE (V3 - 1ª folha trifoliolada), 32 DAE (V3), 44 DAE (R5), 51 DAE (R5), 58 DAE (R6) e 65 DAE (R6), utilizando-se o mesmo critério de avaliação utilizado nas safras anteriores.

As avaliações de severidade da doença possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) (CAMPBELL; MADDEN, 1990) pela equação descrita no tópico 4.2.

4.3.3 Avaliação da severidade da antracnose nas vagens

A severidade da doença nas vagens foi estimada por escala de notas (DALLA PRIA; AMORIM; CANTERI, 1999), descrita no Anexo 4, em todas as vagens de 10 plantas por parcela. Esta avaliação foi realizada aos 75 DAE, apenas na safra 2015/2016. Os valores obtidos foram transformados em Índice de Doença (MCKINNEY, 1923), pela equação:

$$ID (\%) = \sum \frac{(f \times v)}{(n \times x)} \times 100$$

Na qual:

ID = índice de doença

f = número de vagens com determinada nota

v = grau de infecção

n = número de vagens avaliadas

x = valor numérico máximo da escala empregada (nota)

4.3.4 Avaliação dos componentes de rendimento

A avaliação dos componentes de rendimento foi realizada através da colheita das plantas presentes em um metro de linha de cada parcela. Os seguintes parâmetros foram avaliados: número de plantas por metro, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de mil grãos.

4.3.5 Avaliação da produtividade

No final do ciclo da cultura, colheu-se a área útil de cada parcela (6,75 m²), sendo posteriormente pesada e aferida sua umidade. O peso foi convertido 13% de umidade, e a produtividade estimada pela fórmula abaixo:

$$\text{kg/ha} = (100 - \text{US}) \text{ PP} / (100 - 13) \text{ AP}/10$$

Na qual:

US = umidade da semente colhida

PP = peso da colheita de cada parcela

AP = área útil da parcela

4.3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico STAT - Sistemas para Análises Estatísticas (V. 2.0) (STAT, 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO

5.1.1 Índice de velocidade de crescimento micelial

Para o experimento *in vitro*, foi calculado o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) para sete tratamentos e quatro concentrações (Tabela 4). A mensuração diária do crescimento micelial foi interrompida quando o micélio do tratamento testemunha ocupou toda a placa de Petri, fato observado aos 20 dias após a repicagem. Analisando primeiramente cada tratamento dentro das concentrações (Tabela 4), observa-se que na concentração de 1000 ppm houve diferença significativa entre os produtos. O fungicida, fertilizante foliar, *B. subtilis* e *B. thuringiensis* inibiram o crescimento do patógeno.

Vale a pena destacar os resultados obtidos para o *B. subtilis*. Este produto foi altamente eficiente na inibição do fungo, pois não houve crescimento até mesmo na concentração de 1 ppm, mostrando que este produto biológico possui ação direta sobre *C. lindemuthianum*. Resultados semelhantes foram descritos por Jacques (2015) com o fungo *C. graminicola*, na qual o tratamento com *B. subtilis* inibiu em 100% o crescimento do patógeno nas concentrações de 1, 10, 10 e 1000 ppm. Já o outro produto biológico, *B. thuringiensis*, inibiu o crescimento do fungo nas concentrações de 1000 e 100 ppm, porém houve crescimento em 10 e 1 ppm. Petatán-Sagahón et al. (2011), ao avaliarem a atividade antifúngica de *B. subtilis* sobre o desenvolvimento de *Stenocarpela maydis* e *Stenocarpela macrospora in vitro* observaram porcentagem de inibição de crescimento micelial de 96,5 e 84,3% para os fungos, respectivamente.

Isolados de *B. subtilis* inibiram o crescimento de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos, tanto sob condições de laboratório quanto nas condições de campo (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003). *B. subtilis* apresenta atividade *in vitro* contra diferentes tipos de patógenos, entre eles *Rhizoctonia solani* Kuhn, por meio da produção de antibióticos como a iturina A e a surfactina, capazes de inibir o crescimento micelial de fungos (ASAKA; SHODA, 1996).

O ASM não provocou a inibição de *C. lindemuthianum*, porém mostrou-se mais eficiente que o fosfito de potássio e *A. nodosum*, sendo que estes últimos apresentaram o maior IVCM (Tabela 4).

Para a concentração de 100 ppm (Tabela 4), verifica-se que novamente o fungicida, *B. subtilis* e *B. thuringiensis* inibiram o crescimento do patógeno. O maior IVCm foi obtido para o fosfito de potássio e para o fertilizante foliar. O ASM e o extrato de alga não inibiram o crescimento micelial do fungo.

Tabela 4 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum lindemuthianum* submetido ao efeito de produtos alternativos em diferentes concentrações *in vitro*. Ponta Grossa/PR, 2015.

Tratamento	Concentração (ppm)			
	1	10	100	1000
1 - Fungicida (hidróxido de fentina)	3,90 aD*	0,00 bD	0,00 bD	0,00 bC
2 - Fosfito de potássio	16,64 aA	15,68 aB	16,17 aA	10,22 bA
3 - Fertilizante foliar	15,77 bAB	17,17 aA	15,26 bA	0,00 cC
4 - acibenzolar-S-metílico (ASM)	16,72 aA	14,63 bB	13,47 bB	8,01 cB
5 - <i>Ascophyllum nodosum</i>	14,73 aBC	10,75 bcB	11,23 bC	9,90 cA
6 - <i>Bacillus subtilis</i>	0,00 aE	0,00 aD	0,00 aD	0,00 aC
7 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	13,77 aC	12,04 bC	0,00 cD	0,00 cC

C.V.: 8,91

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Nota-se na concentração de 10 ppm que o fungicida e *B. subtilis* foram os únicos produtos que apresentaram eficiência na inibição do patógeno (Tabela 4). Ao contrário do que foi verificado em 1000 e 100 ppm, *B. thuringiensis* não inibiu o crescimento de *C. lindemuthianum*, porém apresentou melhor resultado quando comparado ao fosfito de potássio, ASM, *A. nodosum* e fertilizante foliar, sendo que este último apresentou o maior IVCm.

A menor concentração testada foi de 1 ppm (Tabela 4). Neste caso, *B. subtilis* foi o único produto que inibiu o crescimento do patógeno. Os demais produtos, inclusive o fungicida, não obtiveram sucesso na inibição de *C. lindemuthianum*. Fosfito de potássio, fertilizante foliar, ASM, *A. nodosum* e *B. thuringiensis* apresentaram os valores mais elevados de IVCm.

Quando se compara os produtos separadamente dentro das concentrações, verifica-se que há diferença significativa (Tabela 4). O fungicida inibiu o crescimento micelial nas concentrações de 1000, 100 e 10 ppm. O fosfito de potássio não foi eficiente na inibição do crescimento do patógeno. O menor IVCm foi verificado em 1000 ppm, o qual diferiu significativamente das demais concentrações. O valor mais elevado de IVCm para o fertilizante foliar foi obtido na concentração de 10 ppm, já na concentração de 1000 ppm não houve crescimento do patógeno.

Para os tratamentos em que não houve crescimento micelial do patógeno, fez-se um novo experimento a partir de concentrações intermediárias (Figura 1). Foram testadas as concentrações de 2, 4, 6 e 8 ppm para o fungicida; 200, 400, 600 e 800 ppm para o fertilizante foliar; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 ppm para *B. subtilis* e 20, 40, 60 e 80 ppm para *B. thuringiensis*. Destaca-se o *Bacillus subtilis*, que novamente inibiu o crescimento micelial, mesmo em concentrações muito baixas (0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 ppm).

Foi realizada a análise de regressão (Figura 1). Para os resultados obtidos, pode-se observar que o fungicida, fertilizante foliar e *B. thuringiensis* comportaram-se de forma linear, na qual o aumento na dose resultou na diminuição do IVC. Para o fungicida, o menor IVC (2,5) foi encontrado na concentração de 8 ppm. O menor valor de IVC para o fertilizante foliar foi obtido na concentração de 800 ppm (8,89). Em relação ao *B. thuringiensis*, o IVC de 6,4 foi obtido na concentração de 80 ppm.

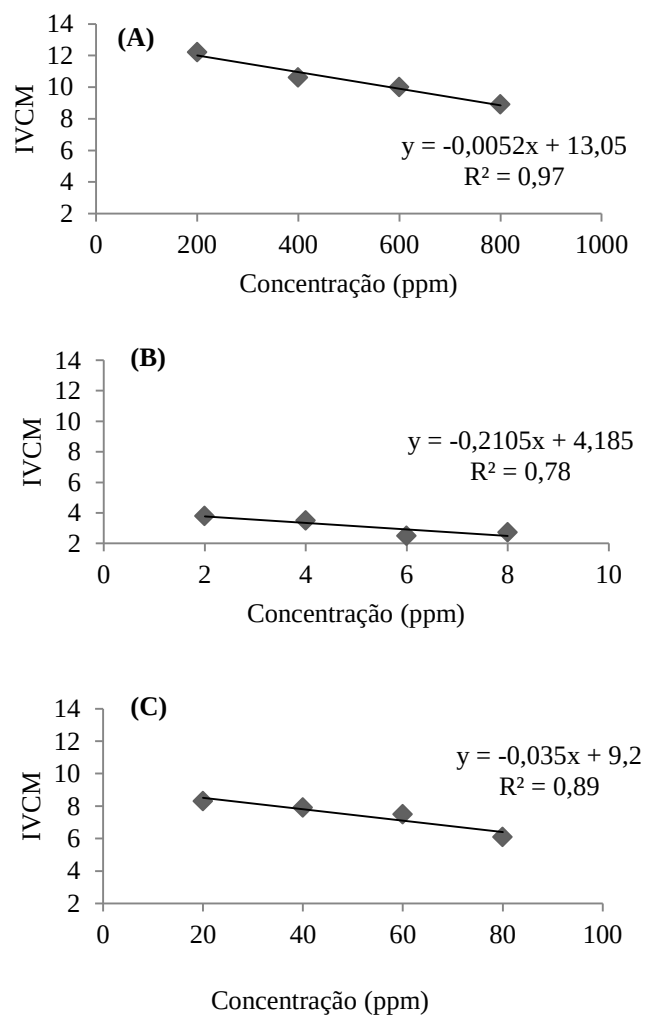


Figura 1 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum lindemuthianum* nas concentrações de 200, 400, 600 e 800 ppm para fertilizante foliar (A); 2, 4, 6 e 8 ppm para fungicida (B) e 20, 40, 60 e 80 ppm para *Bacillus thuringiensis*. Ponta Grossa/PR, 2016.

Caixeta; Vieira e Canedo (2012) observaram em seu trabalho uma diminuição no crescimento micelial de *C. lindemuthianum* submetido a diferentes doses de fosfito de potássio, sendo que as inibições mais relevantes ocorreram em concentrações maiores do produto. Os autores constataram que o fosfito de potássio pode ter ação fungistática para *C. lindemuthianum*. Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que o fosfito de potássio não foi eficiente na inibição do patógeno, pois houve crescimento micelial em todas as concentrações testadas.

Ribeiro; Serra e Araújo (2016), com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes produtos naturais, dentre eles o fertilizante foliar Rocksil® e *A. nodosum*, no controle da antracnose em frutos de mamão, verificaram que os mesmos inibiram o crescimento fúngico de *C. gloeosporioides*, ao contrário do observado no presente trabalho, em que o extrato de *A. nodosum* não inibiu o crescimento de *C. lindemuthianum*. Houve a completa inibição do patógeno quando testou-se Rocksil® na concentração de 1000 ppm. Esta inibição pode ter ocorrido devido ao acúmulo de compostos antifúngicos, pois Rodrigues et al. (2005) citam que o silício, um dos elementos presentes no fertilizante foliar, aumenta a resistência das plantas ao ataque de patógenos e, além do efeito mecânico sobre a penetração dos esporos do patógeno no hospedeiro, o Si está envolvido com o acúmulo de compostos antifúngicos, ativação de enzimas relacionadas com a defesa e fitoalexinas.

O ASM, que é registrado como indutor de resistência, ativando os mecanismos de defesa da planta, não inibiu o crescimento de *C. lindemuthianum*, mostrando que o produto não age diretamente sobre o patógeno e sim, aumentando a defesa da planta. O menor IVCM foi observado na maior concentração testada (1000 ppm). O inverso também foi verificado, pois na concentração de 1 ppm constatou-se o maior IVCM (16,72).

Assim como o fosfito de potássio, *A. nodosum* não inibiu o crescimento do patógeno em todas as concentrações testadas. O IVCM foi aumentando à medida que as concentrações diminuíram, mostrando que quanto maior a concentração, maior é a eficiência do produto em retardar o crescimento do fungo.

5.1.2 Método da folha destacada

No experimento em folha destacada, a aplicação do produto foi realizada em apenas uma metade da folha, permanecendo a outra metade sem receber o produto, com o intuito de verificar uma possível diferença na AACPD entre os dois lados do trifólio. Avaliou-se separadamente cada metade do trifólio e inicialmente fez-se a análise estatística no esquema

fatorial, onde a aplicação ou não do produto constituiu um dos fatores. Porém, devido ao fato de não haver diferença significativa entre os fatores, decidiu-se por fazer a análise estatística no delineamento inteiramente casualizado utilizando a média dos dois lados do trifólio.

No experimento realizado em folha destacada calculou-se a AACPD e observou-se diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5). Neste caso, foram testadas duas testemunhas, uma que recebeu a inoculação do patógeno e a outra que não foi inoculada. Ambas as testemunhas não diferiram entre si e apresentaram valores superiores aos demais tratamentos. O fato da testemunha que não foi inoculada ter apresentado valores semelhantes ao da testemunha que recebeu a inoculação pode ter ocorrido devido às plantas de feijão de onde foi retirado os trifólios estarem previamente infectados pelo patógeno.

Todos os produtos testados não diferiram entre si quanto a AACPD na folha destacada, mas apresentaram menor desenvolvimento da doença em relação à testemunha. Os produtos alternativos comportaram-se de modo semelhante ao fungicida, demonstrando neste caso, que tais produtos possuem efeito positivo no controle da antracnose. É importante observar que não houve diferença na AAPCD entre o lado do trifólio que recebeu a inoculação do patógeno e o lado que não foi inoculado, podendo-se inferir, neste caso, que a resistência ao patógeno foi induzida sistemicamente.

Tabela 5 - Área abaixo da curva do progresso (AACPD) da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) para os experimentos realizados em folha destacada e em casa de vegetação. Ponta Grossa/PR, 2016.

Tratamento	AACPD folha destacada	AACPD casa de vegetação
1 - Testemunha com inoculação	24,55 b	67,79 a
2 - Testemunha sem inoculação	20,94 b	4,18 c
3 - Fungicida (hidróxido de fentina)	17,03 a	2,98 c
4 - Fosfito de potássio	12,29 a	5,79 c
5 - Fertilizante foliar	15,53 a	15,92 c
6 - acibenzolar-S-metílico	12,42 a	6,99 c
7 - <i>Ascochyllum nodosum</i>	13,46 a	48,32 b
8 - <i>Bacillus subtilis</i>	9,1 a	48,49 b
9 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	11,94 a	46,82 b
Média	15,25	27,48
C.V. (%)	42,37	49,62

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Os resultados obtidos no experimento em folha destacada indicam que os produtos alternativos possuem potencial para reduzir a severidade da doença, podendo esta redução ser ocasionada pela ativação dos mecanismos de defesa da planta de feijão; ou através da ação

direta do produto sobre o patógeno, o que foi verificado no experimento *in vitro* com o fungicida, fertilizante foliar, *B. subtilis* e *B. thuringiensis*.

5.2 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Outro experimento foi conduzido em casa de vegetação, onde foi realizada a aplicação dos produtos e a posterior inoculação do patógeno. Os primeiros sintomas da antracnose surgiram quatro dias após a inoculação (DAI) e a doença evoluiu rapidamente. Assim como no experimento em folha destacada, foram usadas duas testemunhas. A primeira recebeu a inoculação do patógeno, e a segunda não. A aplicação dos produtos foi realizada apenas no primeiro trifólio, consequentemente, as folhas novas não entraram em contato com os mesmos, pois um dos objetivos do experimento era verificar se a indução de resistência era sistêmica. Diante disso, avaliou-se separadamente a severidade de antracnose na parte da planta em que o produto foi aplicado (1º trifólio) e nas folhas novas, que não receberam a aplicação dos produtos. Obtidos os dados da severidade da doença em três avaliações, calculou-se a AACPD e inicialmente fez-se a análise estatística no esquema fatorial, onde a aplicação ou não do produto constituiu um dos fatores. Porém, devido ao fato de não haver diferença significativa entre os níveis dos fatores, decidiu-se por fazer a análise estatística no delineamento inteiramente casualizado utilizando a média das duas partes da planta.

Os resultados obtidos mostram que houve diferença entre os tratamentos (Tabela 5). A testemunha que foi inoculada apresentou o maior valor de AACPD. Os tratamentos *A. nodosum*, *B. subtilis* e *B. thuringiensis* não diferiram entre si para esta variável analisada (Figura 2B e 2C). Estes produtos apresentaram menores valores de AACPD quando comparados à testemunha com inoculação, porém, foram estatisticamente superiores ao fungicida, fosfito de potássio, fertilizante foliar, acibenzolar-S-metílico e à testemunha sem inoculação. É importante observar que a doença apresentou um baixo desenvolvimento na testemunha que não foi inoculada (Figura 2A), mostrando que a inoculação obteve sucesso e que o fungicida, o fosfito de potássio, o fertilizante foliar e o acibenzolar-S-metílico conseguiram retardar o desenvolvimento do patógeno. O experimento em casa de vegetação permitiu uma melhor visualização dos resultados e comparação dos produtos, devido ao fato das condições no interior da mesma serem controladas e da interferência do meio externo ser menor. Ao contrário, no campo, pode haver a interação dos mais diversos fatores, como as condições climáticas, nutrição, presença de pragas e plantas daninhas, que podem interferir no resultado.

Dentre os componentes minerais do fertilizante foliar encontra-se o silício. Moraes et al. (2006), aplicando silicato de sódio em plantas de feijão, constataram diminuição em 62,4% na AACPD da antracnose. Resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho, em que a aplicação do fertilizante foliar reduziu em 76,5% a AACPD da antracnose em comparação à testemunha. O controle da doença neste caso pode ter ocorrido devido à nutrição de plantas com silício estar relacionada à formação de uma barreira física abaixo da cutícula e aumento da produção de compostos fenólicos e fitoalexinas, além de uma maior atividade de enzimas relacionadas à defesa da planta (RODRIGUES et al., 2005). A aplicação de silício ainda gera células epidérmicas com parede celular mais espessa e favorece melhor arquitetura das plantas, aumentando a capacidade fotossintética e a resistência às doenças (BÉLANGER; MENZIES, 2003).

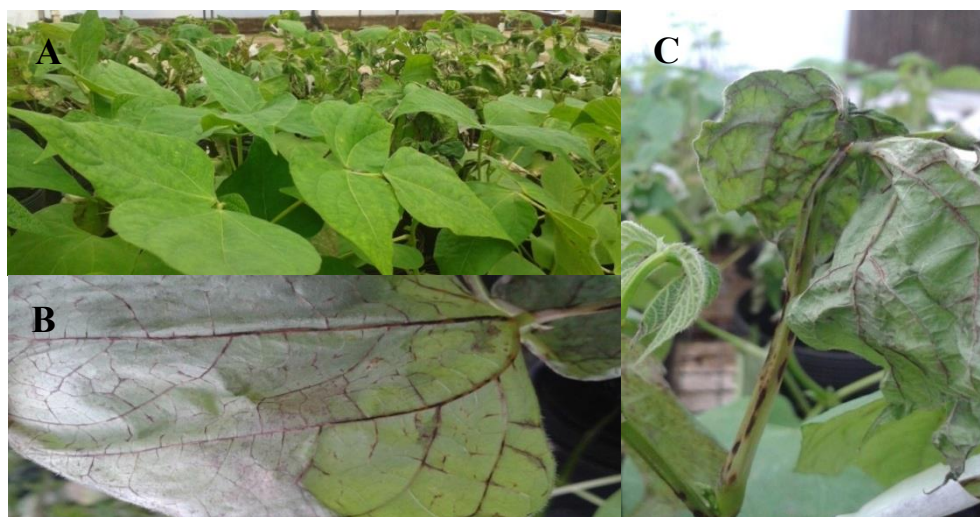


Figura 2 - Experimento conduzido em casa de vegetação. Testemunha não inoculada (A), sintomas de antracnose em folhas pulverizadas com *Ascophyllum nodosum* (B), sintomas de antracnose em folhas pulverizadas com *Bacillus subtilis* (C). Ponta Grossa/PR, 2016.

Outros elementos presentes no fertilizante foliar, dentre eles alumínio, cálcio, manganês e zinco, também podem ter interferido na proteção das plantas de feijão ao *C. lindemuthianum*. Muitas respostas de defesa da planta, como reação de hipersensibilidade e indução de proteínas RP podem ser associadas à toxicidade do alumínio. Um efeito causado pela toxicidade deste elemento é a indução da produção de beta-glucanase, enzima capaz de degradar a parede celular de fungos patogênicos (BOWLES, 1990).

O cálcio tem papel importante na integridade estrutural da parede celular, da integridade da membrana plasmática e sua função de transporte (STEPONKUS, 1984). Olsson (1988) verificou que plantas tratadas com cálcio ficaram menos suscetíveis a *Fusarium solani*.

A nutrição de plantas com manganês pode afetar o desenvolvimento de fungos, pois este nutriente controla a síntese de lignina e suberina, que são barreiras bioquímicas importantes contra a penetração de fungos fitopatogênicos (HAMMERSCHMIDT; NICHOLSON, 2000). Altas concentrações de Mn podem aumentar a quantidade de proteínas RP e de compostos fenólicos (KANG; HUANG; BUCHENAUER, 2003).

O zinco tem papel fundamental na proteção contra oxidação da membrana plasmática e das proteínas. Ao manter a estrutura e a integridade da membrana plasmática, controla a permeabilidade e protege a planta contra vários patógenos. A aplicação de zinco pode ainda reduzir a severidade da doença pelo seu efeito tóxico no patógeno e não pelo metabolismo da planta (GRAHAM; WEBB, 1991).

O fosfito de potássio contém fósforo e potássio em sua composição. O potássio possui funções importantes no metabolismo das plantas, auxiliando na síntese de proteínas, amido e celulose, além de promover o desenvolvimento de parede celular mais espessa nas células epidérmicas. O fosfito de potássio, quando aplicado em casa de vegetação, reduziu em 91,5% a AACPD da antracnose. Em seu trabalho, Gadaga (2009) também observou em casa de vegetação que o fosfito de potássio reduziu em 81% a severidade da antracnose quando as plantas de feijão foram pulverizadas com fosfito de potássio. Nascimento et al. (2008), verificaram que a maioria dos fosfitos testados apresentaram redução da severidade e incidência de *Xanthomonas campestris* em plantas de tomate.

Alto índice de controle da antracnose foi observado também com a aplicação do indutor de resistência acibenzolar-S-metílico, o qual reduziu em 89,7% a AACPD da antracnose em relação à testemunha. Acredita-se que este produto apresentou efeito indireto, ou seja, não agiu diretamente sobre o patógeno, mas sim, ativou os mecanismos de defesa da planta, pois a eficiência do ASM no controle de doenças de plantas pela indução de resistência via ativação de genes latentes e/ou produção de fitoalexinas já está bastante consolidada. Dantas et al. (2004), trabalhando com antracnose em mamão na pós-colheita observaram que a aplicação de ASM foi eficiente na redução da incidência e da AACPD em relação à testemunha. Gadaga (2009) verificou redução de 90% na severidade da antracnose em comparação à testemunha quando as plantas receberam aplicação em ASM.

Os produtos biológicos *A. nodosum*, *B. subtilis* e *B. thuringiensis* comportaram-se de maneira semelhante e foram menos eficientes no controle da antracnose, pois apresentaram os maiores valores de AACPD, proporcionando redução de 28,7%, 28,5% e 30,9% em comparação à testemunha, respectivamente.

5.1 EXPERIMENTOS EM CAMPO

Os experimentos a campo foram conduzidos em três safras consecutivas para verificar o efeito dos produtos alternativos no controle da antracnose em feijão. Observa-se que a evolução da antracnose (Figura 3) é semelhante para a testemunha e o fungicida, porém os valores de severidade da doença na safra 2015/2016 são mais elevados na testemunha.

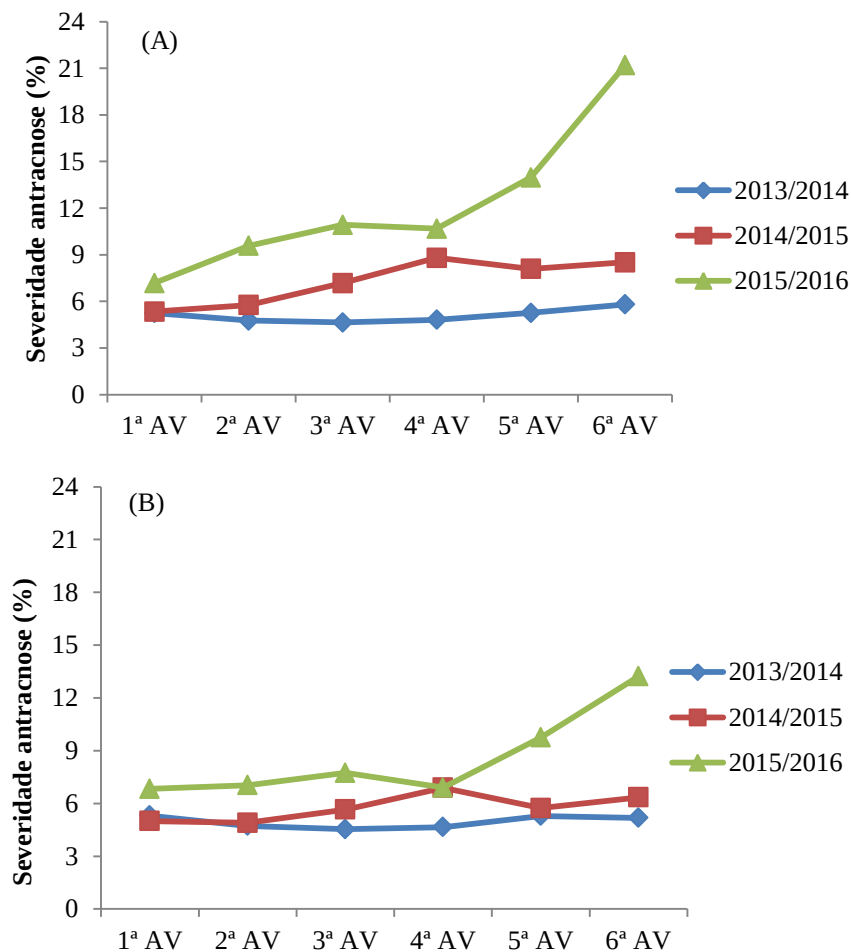


Figura 3 - Severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na testemunha (A) e no fungicida (B) nas três safras do experimento com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Ponta Grossa/PR, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Observou-se que o comportamento da antracnose variou durante as três safras (Figura 4). Na safra 2013/2014 os produtos alternativos comportaram-se de modo semelhante à testemunha, e a severidade da antracnose permaceu constante durante o ciclo da cultura do feijão. Foram observados os sintomas da antracnose nas folhas, porém, os mesmos não evoluíram devido às condições climáticas desfavoráveis para o desenvolvimento da doença. O

que se pode observar nas safras seguintes é um aumento na severidade da antracnose no decorrer das avaliações, sendo que o fungicida foi o tratamento que proporcionou menores severidades da doença.

O fungicida hidróxido de fentina é um organoestânico. Este composto é um inibidor multi-sítio, previne a germinação de esporos e inibe o metabolismo de fungos, particularmente a respiração, inibe a fosforilação oxidativa na mitocôndria e induz a peroxidação de lipídios. Baixas concentrações de compostos organoestânicos inibem a translocação de H^+ ligados a membrana, de H^+ ATPase e de íons como Na^+ e K^+ (PAPA et al., 1982; POWERS; BEAVIS, 1991). Hidróxido de fentina é não-sistêmico com ação protetora apresentando alguma ação curativa. Este fungicida é recomendado para a cultura do feijão e já era esperado o seu bom desempenho no controle da antracnose, pois sua aplicação de forma preventiva foi responsável pela redução da severidade da doença.

Os valores da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na safra 2013/2014 não apresentaram diferença entre os tratamentos utilizados nas avaliações realizadas na planta inteira e nos terços inferior, médio e superior (Tabela 6). Nesta safra, observou-se menores valores de severidade da doença e AACPD em comparação às safras seguintes. O fato de não ter ocorrido o desenvolvimento da doença ao longo do ciclo da cultura explica os resultados obtidos nesta safra.

A antracnose é uma das doenças mais importantes da cultura do feijão, podendo causar grandes prejuízos ao produtor. É uma doença cosmopolita e favorecida pelas seguintes condições climáticas: alta umidade relativa do ar, temperaturas moderadas e chuvas prolongadas. Sob estas condições favoráveis, os conídios que atingem a superfície da planta podem germinar num período de seis a nove horas, formando tubo germinativo e apressório, o qual irá aderir à superfície do hospedeiro (NETO; FANCELLI, 2000). Na safra 2013/2014, houve uma sequência prolongada de dias sem precipitação pluviométrica durante o mês de dezembro (Anexos 1 e 2). Esse período sem chuvas prolongadas influenciou negativamente o aparecimento e desenvolvimento da antracnose, contribuindo para os baixos valores de AACPD, pois estas condições climáticas não são favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.

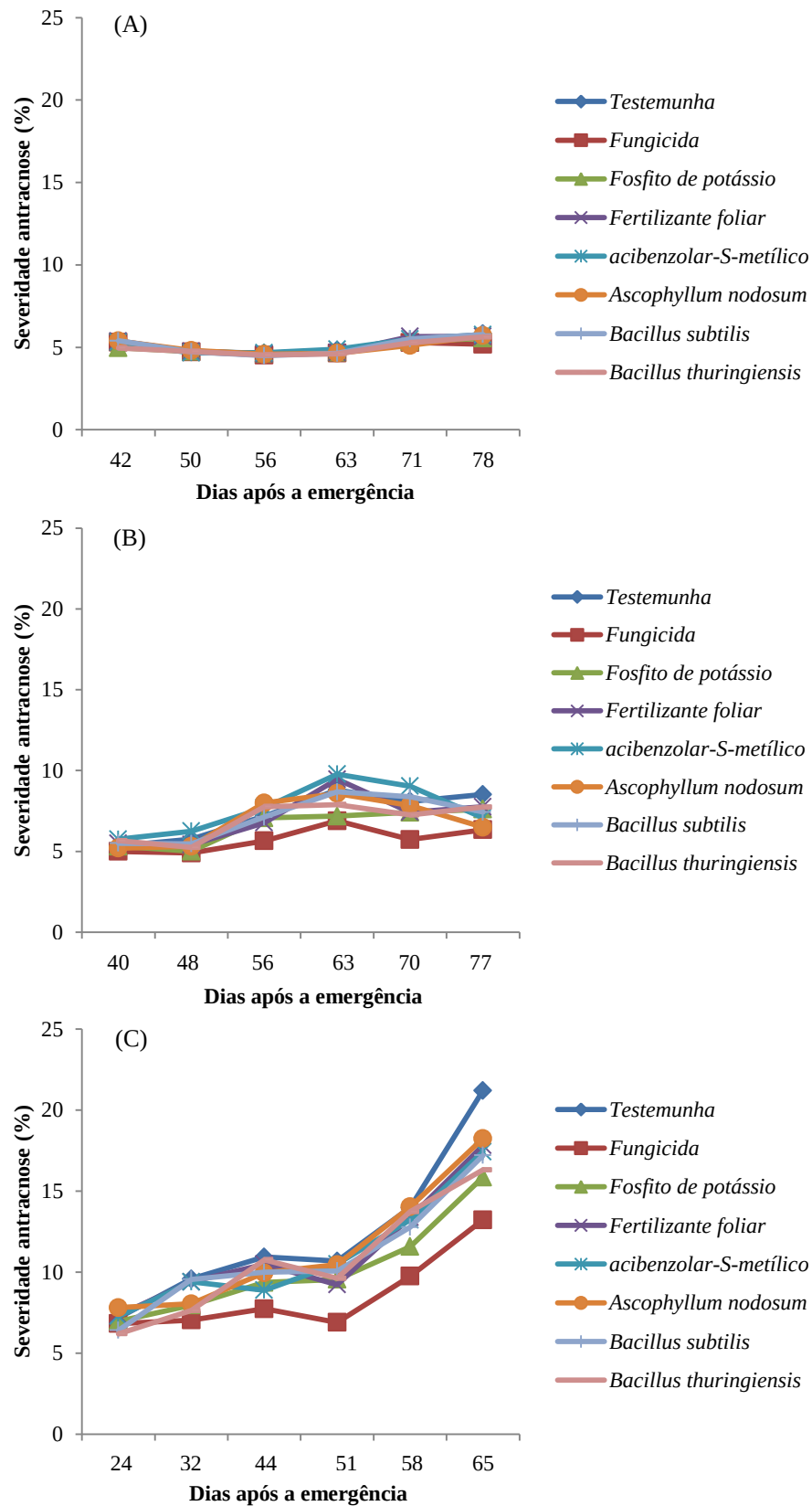


Figura 4 - Severidade da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em cada tratamento, nas safras 2013/2014 (A), 2014/2015 (B) e 2015/2016 (C) no experimento com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Ponta Grossa/PR.

Na safra 2014/2015, verificou-se para a planta inteira e para os terços inferior e médio, que apenas o fungicida obteve controle satisfatório da doença, ou seja, o progresso da doença ao longo do ciclo da cultura foi menor em comparação aos demais tratamentos (Tabela 6). Os produtos alternativos e o indutor de resistência (acibenzolar-S-metílico) comportaram-se de modo semelhante à testemunha, apresentando valores mais elevados de AACPD. Nesta mesma safra, não houve diferença significativa entre os tratamentos para o terço superior das plantas.

Em relação à safra 2015/2016 (Tabela 6), observou-se para a planta inteira e para o terço inferior, que apenas o fungicida obteve menores valores de AACPD, diferindo significativamente dos demais tratamentos. No terço médio da planta, além do fungicida, o fosfito de potássio também apresentou menores valores de AACPD em comparação aos demais tratamentos.

Os resultados obtidos no experimento em casa de vegetação foram diferentes dos resultados observados a campo, onde os produtos alternativos e o indutor de resistência não diferiram da testemunha quanto à AACPD da planta inteira. Também é importante analisar os resultados obtidos no campo e os resultados obtidos em laboratório através do experimento em folha destacada. No campo, com exceção à primeira safra, concluiu-se que os produtos alternativos e o indutor de resistência comportaram-se de modo semelhante à testemunha. O único tratamento que obteve melhor controle da doença foi o fungicida. Já no experimento em folha destaca, observou-se que os produtos alternativos e o indutor de resistência apresentaram valores de AACPD estatisticamente iguais ao fungicida, apresentando maior controle da antracnose quando comparado às testemunhas.

Os dados obtidos para o terço superior da planta mostraram menores valores de AACPD para o tratamento fungicida, fosfito de potássio, *A. nodosum*, *B. subtilis* e *B. thuringiensis*. Os tratamentos fertilizante foliar e acibenzolar-S-metílico comportaram-se de modo semelhante à testemunha. Truylio (2015) também não observou efeito positivo do fertilizante foliar no controle da antracnose em feijão sob condições de campo. Já Santos et al. (2012) relatam que o oídio e a ferrugem do trigo são controláveis por ASM isoladamente ou em associação com fungicidas. Silva et al. (2013) verificaram que o ASM reduziu significativamente a severidade do míldio (*Peronospora manshurica* (Naumov) Syd. ex Gaum) na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

Tabela 6 - Área abaixo da curva do progresso da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) na planta inteira e nos terços inferior, médio e superior em função dos tratamentos aplicados na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar IPR Uirapuru. Ponta Grossa, safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Tratamento	Safr 2013/2014			
	Planta inteira	Terço inferior	Terço médio	Terço superior
1 - Testemunha	11,18 ^{*ns}	13,66 ^{ns}	8,65 ^{ns}	10,52 ^{ns}
2 - Fungicida (hidróxido de fentina)	9,37	11,60	8,43	8,75
3 - Fosfito de potássio	10,17	11,62	9,22	9,68
4 - Fertilizante foliar	11,70	12,94	10,77	11,47
5 - acibenzolar-S-metílico	11,74	13,10	10,77	11,43
6 - <i>Ascohyllum nodosum</i>	9,90	12,05	8,13	9,66
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	11,02	11,16	9,05	12,72
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	9,57	10,85	7,95	9,96
Média	10,58	12,12	9,12	10,52
C.V. (%)	18,78	16,30	27,02	30,93

Tratamento	Safr 2014/2015			
	Planta inteira	Terço inferior	Terço médio	Terço superior
1 - Testemunha	46,59 a	75,16 a	43,77 a	20,84 ^{*ns}
2 - Fungicida (hidróxido de fentina)	20,41 b	40,07 b	19,47 b	8,06
3 - Fosfito de potássio	34,49 a	60,17 a	31,11 a	15,21
4 - Fertilizante foliar	42,82 a	68,65 a	39,79 a	21,95
5 - acibenzolar-S-metílico	55,34 a	82,82 a	53,56 a	25,12
6 - <i>Ascohyllum nodosum</i>	42,64 a	70,36 a	37,66 a	19,05
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	44,20 a	72,88 a	42,58 a	17,21
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	40,30 a	67,00 a	36,08 a	15,72
Média	40,85	67,14	38,00	17,89
C.V. (%)	28,06	21,12	31,90	45,98

Tratamento	Safr 2015/2016			
	Planta inteira	Terço inferior	Terço médio	Terço superior
1 - Testemunha	159,66 a	245,92 a	144,64 a	76,00 a
2 - Fungicida (hidróxido de fentina)	66,41 b	101,69 b	83,48 b	37,67 b
3 - Fosfito de potássio	106,07 a	166,20 a	93,49 b	49,90 b
4 - Fertilizante foliar	133,62 a	211,75 a	129,27 a	62,97 a
5 - acibenzolar-S-metílico	128,06 a	202,53 a	127,20 a	65,31 a
6 - <i>Ascohyllum nodosum</i>	132,92 a	207,12 a	130,27 a	57,20 b
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	128,76 a	202,18 a	132,29 a	48,75 b
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	121,15 a	195,09 a	111,87 a	54,20 b
Média	122,08	191,56	119,06	56,50
C.V. (%)	17,94	18,31	20,71	20,28

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns = não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

De acordo com Guest e Grant (1991), o fosfito de potássio inibe o crescimento dos esporos dos fungos, agindo diretamente sobre o patógeno; ou ainda podem demonstrar ação indireta no controle de patógenos, estimulando a produção de fitoalexinas, uma substância natural de autodefesa da planta. Os resultados obtidos no presente trabalho discordam destes autores, pois o fosfito de potássio não inibiu o crescimento do patógeno em laboratório. No trabalho realizado por Gadaga (2009), com o objetivo de avaliar o uso de fosfitos no controle da antracnose em feijão, o autor observou que o fosfito de potássio proporcionou uma AACPD menor quando comparado à testemunha. Santos (2008) concluiu que fosfitos isolados associados à fungicida não controlaram a ferrugem da folha do trigo em condições de campo.

É comum haver maior desenvolvimento da doença no terço inferior da planta, devido à formação de microclima mais favorável ao desenvolvimento do patógeno, ou seja, menor passagem do ar e luminosidade, e consequentemente maior umidade e temperaturas amenas. Porém, foi observado que alguns produtos apresentaram efeito positivo quando avaliou-se o terço superior da planta. Pode-se inferir neste caso, que as plantas receberam maiores quantidades dos produtos em seu terço superior em virtude do alcance dos mesmos durante a aplicação, ao contrário dos terços médio e inferior, onde a quantidade do produto que atinge o limbo foliar é menor.

O uso de antagonistas como agentes de controle biológico é um componente do manejo integrado de doenças. As bactérias da rizosfera denominadas PGPRs (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) têm sido usadas para aumentar o rendimento de grãos e biomassa (BENIZERI; BAUDOIN; GUCKERT, 2001). O seu potencial de uso na agricultura é decorrente do incremento no crescimento da planta, especialmente sob condições limitantes de estresse biótico ou abiótico (NABTI et al., 2010). Mitzubuti et al. (1995) verificou redução significativa na germinação de uresdospóros de *Uromyces appendiculatus* por cinco isolados de *Bacillus subtilis*. Os autores verificaram ainda redução do número de pústulas por folha quando os isolados foram aplicados até 48 horas antes da inoculação com o patógeno, em casa de vegetação. Melo e Valarini (1995) constataram que *B. subtilis* foi um potente antagonista contra patógenos de raízes de pepino, como *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*.

Diversas espécies de *Bacillus* são citadas como produtoras de antibióticos, podendo secretar metabólitos comercialmente importantes, como enzimas aminolíticas e enzimas proteolíticas (BETTIOL; GHINI, 2011). O processo para que ocorra o antagonismo exige a degradação da parede celular fúngica por hidrolases secretada por microrganismos. Como a quitina e a beta-1,3-glucana são os principais componentes estruturais da parede celular

fúngica, quitinases e glucanases podem ser importantes no controle biológico destes microrganismos (KULMINSKAYA et al, 2002). Kupper; Gimenes-Fernandes e Goes (2003) testaram em laboratório 64 isolados de *B. subtilis* e um isolado de *B. thuringiensis* quanto à capacidade de inibir o desenvolvimento de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da podridão floral dos citros, e quanto à produção de metabólitos com atividade antimicrobiana. Os autores concluíram que todos os isolados inibiram o crescimento micelial do patógeno. Ainda neste trabalho, sete dos isolados de *B. subtilis* foram testados para o controle da doença em condições de campo, sendo que um isolado demonstrou maior eficácia de controle, equiparado estatisticamente a um fungicida químico, proporcionando menor porcentagem de flores com sintomas e maior número médio de frutos efetivos.

É importante ressaltar que, devido às condições climáticas, na safra 2015/2016 o surgimento da doença foi mais precoce em relação às safras anteriores, sendo que nesta safra, a primeira avaliação da antracnose foi realizada aos 24 DAE; enquanto que em 2013/2014 e 2015/2016 a primeira avaliação foi realizada aos 42 e 40 DAE, respectivamente (Figura 1).

Os dados obtidos para os componentes de rendimento na safra 2013/2014 mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 7). O número de plantas por metro e o número de vagens por planta são componentes de manejo, enquanto que o número de grãos por vagem e o peso de mil grãos são componentes genéticos. O número de plantas por metro é influenciado por alguns fatores, como o uso de sementes saudáveis e tratadas, a densidade de semeadura, a adubação e as condições climáticas. Temperatura e precipitação, além do controle de plantas daninhas, insetos e doenças, adubação, cultivar e número de plantas por metro influenciam o número de vagens por planta.

Na safra 2014/2015 verificou-se em relação ao peso de mil grãos, que os tratamentos fosfito de potássio, fertilizante foliar e *A. nodosum* foram superiores quando comparados ao fungicida, acibenzolar-S-metílico e aos *Bacillus*. Nesta mesma safra, analisando os dados de produtividade, estes mesmos produtos apresentaram os maiores valores, sendo incluído também o fungicida. Destacam-se o extrato da alga *A. nodosum* e o fungicida, que obtiveram um aumento de 51,64% e 36,12% na produtividade em comparação à testemunha, respectivamente (Tabela 7).

Os extratos de algas são comumente comercializados como fertilizantes líquidos e bioestimulantes (KHAN et al., 2009). Têm sido verificados efeitos positivos destes fertilizantes sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas, e consequentemente o aumento na produtividade das mesmas. Dall'Agna e Marchioro (2010) testaram o efeito do extrato da alga *A. nodosum* sobre o número de espigas e rendimento de grãos na cultura do

trigo. A aplicação *in vivo* do extrato sobre as sementes e folhas apresentou resultados significativamente superiores ao tratamento testemunha.

Tabela 7 - Número de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) por metro, vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹). Ponta Grossa/PR, safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Tratamento	Componentes de rendimento safra 2013/2014				
	nº plantas m ⁻¹	nº vagens planta ⁻¹	nº grãos vagem ⁻¹	Peso mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 - Testemunha	13,25 ^{ns*}	5,63 ^{*ns}	5,42 ^{*ns}	233,04 ^{*ns}	1821,31 ^{*ns}
2 - Fungicida	12,75	7,99	5,51	210,33	2158,22
3 - Fosfito de potássio	13,50	7,20	5,11	219,79	1827,59
4 - Fertilizante foliar	12,50	7,96	5,64	213,71	2069,21
5 - acibenzolar-S-metílico	12,25	6,59	5,38	219,97	1421,25
6 - <i>Ascophyllum nodosum</i>	13,25	7,37	5,36	237,74	1738,01
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	13,25	7,62	5,43	235,67	2072,26
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	12,50	7,45	5,36	232,87	1888,39
C.V. (%)	8,40	16,92	6,69	6,95	19,97
Tratamento	Componentes de rendimento safra 2014/2015				
	nº plantas m ⁻¹	nº vagens planta ⁻¹	nº grãos vagem ⁻¹	Peso mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 - Testemunha	9,75 ^{*ns}	10,36 ^{*ns}	4,70 ^{*ns}	232,83 a	997,36 b
2 - Fungicida	13,50	6,37	4,13	205,53 b	1561,28 a
3 - Fosfito de potássio	9,75	9,86	5,04	223,26 a	1544,81 a
4 - Fertilizante foliar	10,00	9,12	4,74	236,05 a	1513,24 a
5 - acibenzolar-S-metílico	11,25	6,76	4,38	202,19 b	1212,50 b
6 - <i>Ascophyllum nodosum</i>	11,00	9,62	4,87	225,46 a	2048,48 a
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	9,00	9,87	4,53	191,89 b	1033,43 b
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	9,50	9,07	4,72	214,24 b	1287,32 b
C.V.(%)	24,72	35,21	10,19	8,60	25,25
Tratamento	Componentes de rendimento safra 2015/2016				
	nº plantas m ⁻¹	nº vagens planta ⁻¹	nº grãos vagem ⁻¹	Peso mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 - Testemunha	8,75 ^{*ns}	6,79 ^{*ns}	5,60 ^{*ns}	210,07 ^{*ns}	1267,48 b
2 - Fungicida	10,25	8,53	5,83	222,80	1601,68 a
3 - Fosfito de potássio	11,50	7,78	5,91	201,40	1321,79 b
4 - Fertilizante foliar	12,50	6,10	5,98	199,62	1143,57 b
5 - acibenzolar-S-metílico	10,50	8,22	5,96	214,75	1207,98 b
6 - <i>Ascophyllum nodosum</i>	11,00	6,79	5,74	200,79	1161,67 b
7 - <i>Bacillus subtilis</i>	10,75	7,74	6,10	208,18	1119,59 b
8 - <i>Bacillus thuringiensis</i>	10,00	7,09	5,76	210,86	1475,57 a
C.V. (%)	13,26	26,83	6,53	5,41	17,08

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns = não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

Os extratos de algas marinhas contêm diversos reguladores de crescimento, como citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas (DURAND; BRIAND; MEYER, 2003), macronutrientes como Ca, K, P e micronutrientes, como Fe, Cu, Zn, Mb, B, necessários para o desenvolvimento e crescimento das plantas (KHAN et al., 2009). Estes extratos também melhoram a capacidade de retenção da umidade do solo e promovem o crescimento de microrganismos benéficos (KUMAR; SAHOO, 2011). Ao contrário dos fertilizantes químicos, extratos derivados de algas são biodegradáveis, não tóxicos, não poluentes e não perigosos para os seres humanos e animais (RATHORE et al., 2009).

Extratos de algas quando absorvidos pelas sementes, adicionados ao solo ou pulverizados nas culturas em estádios vegetativos e floração, podem estimular a germinação das sementes, o crescimento e o rendimento de várias culturas. Plantas tratadas com extratos de algas marinhas apresentaram um aumento na captação de nutrientes e um profundo desenvolvimento do sistema radicular, melhorando a formação de raízes laterais e aumento do volume total do sistema radicular (MANCUSO et al., 2006).

Observou-se diferença significativa apenas para a produtividade na safra 2015/2016, onde o fungicida e *B. thuringiensis* foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 7). Em comparação à testemunha, os mesmos obtiveram um aumento de 20,87% e 14,10% na produtividade, respectivamente. As bactérias endofíticas, dentre elas, *B. thuringiensis*, têm sido associadas à promoção de crescimento de diversas espécies (SANTANA, 2014). A produção de fitormônios é um dos principais mecanismos de promoção do crescimento das plantas, mediada pelos microrganismos endofíticos. Entre os fitormônios produzidos por *Bacillus* sp., destacam-se ácido indol acético, ácido indol butírico, giberelinas, citocininas e compostos que imitam a ação dos jasmonatos (PING; BOLAND, 2004). Araújo e Hungria (1999) avaliaram o uso de *B. subtilis* na cultura da soja e observaram que houve um aumento no crescimento das plantas, além de um incremento significativo no rendimento da cultura no campo. Vaz (2014) verificou um rápido crescimento inicial de plantas de soja cujas sementes foram tratadas com *B. thuringiensis* em comparação à testemunha.

É importante ressaltar a diferença entre as médias de produtividade das três safras. A menor média de produtividade foi observada na última safra, sendo que os maiores valores de severidade da antracnose e AACPD também foram obtidos nesta safra. Assim, as baixas produtividades obtidas podem ser devidas aos danos causados pela doença.

Calculou-se o índice de doença nas vagens somente na safra 2015/2016, pois esta safra apresentou maior severidade de antracnose. Apenas o fungicida apresentou menor índice de doença nas vagens (Figura 4). Os outros tratamentos não diferiram da testemunha. A fase

mais característica da doença apresenta-se nas vagens, as quais podem ser infectadas pouco depois de iniciada sua formação. Nas vagens, a infecção ocorre em manchas deprimidas, delimitadas por um anel mais escuro. Elevada severidade de antracnose na vagem pode afetar negativamente a produtividade da cultura do feijão e provocar a depreciação do grão, tornando-o impróprio para o consumo. Observou-se os sintomas da doença em cada tratamento (Figura 5), sendo visível a diferença do fungicida para os demais tratamentos. Assim, constata-se que o fungicida foi eficiente no controle da antracnose, pois tanto a AACPD quando o índice de doença nas vagens foram inferiores aos demais tratamentos.

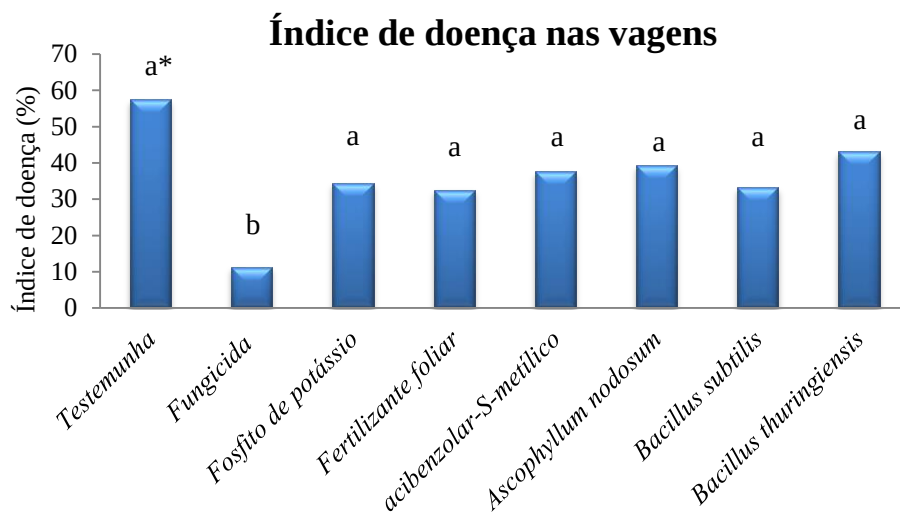


Figura 5 - Índice de doença (%) nas vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) obtido para cada tratamento. Ponta Grossa/PR, 2015/2016. *Médias com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.



Figura 6 - Sintomas de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) nos tratamentos testemunha (1), fungicida (2), fosfito de potássio (3), fertilizante foliar (4), acibenzolar-S-metílico (5), *Ascophyllum nodosum* (6), *Bacillus subtilis* (7) e *Bacillus thuringiensis* (8). Ponta Grossa/PR, 2015/2016.

6 CONCLUSÃO

6.1 EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO E CASA DE VEGETAÇÃO

Os produtos alternativos apresentam potencial de indução de resistência a *Colletotrichum lindemuthianum* em folhas destacadas de feijão.

Bacillus subtilis inibiu o crescimento micelial de *C. lindemuthianum* *in vitro*. *Bacillus thuringiensis* e o fungicida também inibiram o crescimento do patógeno nas concentrações de 1000 e 100 ppm.

Os produtos fosfito de potássio, fertilizante foliar, acibenzolar-S-metílico e o fungicida hidróxido de fentina reduziram a severidade da antracnose em casa de vegetação.

6.2 EXPERIMENTO EM CAMPO

Os produtos alternativos e o fungicida não apresentaram efeito sobre a antracnose na safra 2013/2014.

O fungicida hidróxido de fentina controlou a antracnose nas safras 2014/2015 e 2015/2016. Além disso, na safra 2015/2016 os produtos alternativos fosfito de potássio, *Ascophyllum nodosum*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus thuringiensis* comportaram-se de maneira semelhante ao fungicida no controle da antracnose no terço superior das plantas.

Os componentes de rendimento: número de plantas por metro, número de vagens por planta e número de grãos por vagem não foram afetados pelos tratamentos nas três safras. Houve incremento na produtividade da safra 2014/2015 quando os tratamentos hidróxido de fentina, *Ascophyllum nodosum*, fertilizante foliar e fosfito de potássio foram aplicados. Na safra 2015/2016, houve incremento da produtividade quando os tratamentos hidróxido de fentina e *Bacillus thuringiensis* foram aplicados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABKHOO, J.; SABBAGH, S. K. Control of *Phytophthora melonis* damping-off, induction of defense responses and gene expression of cucumber treated with commercial extract from *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 2, p. 1333-1342, abr. 2016.
- ABOURRICHE, A.; CHARROUF, M.; BERRADA, M.; BENNAMARA, A.; CHAIB, N.; FRANCISCO, C. Antimicrobial activities and cytotoxicity of the brown alga *Cystoseira tamariscifolia*. **Fitoterapia**, Milão, v.70, n.6, p.611-614, dez. 1999.
- ABREU, G. F.; TALAMINI, V.; STADNIK, M. J. Bioprospecção de algas marinhas e plantas aquáticas para o controle da antracnose do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 78-82, jan./fev. 2008.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5 ed. San Diego: Academic Press, 2005.
- ALBUQUERQUE, R. C.; UESUGI, C. H. Inibição *in vitro* de *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* por Rocksil um protetor de planta não tóxico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 318, 2000 (suplemento).
- ALVAREZ, J.; DATNOFF, L. E. The economic potential of silicon for integrate management and sustainable rice production. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 43-48, fev. 2011.
- ANFOKA, G. H. Benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester induces systemic resistance in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill vc. Vollendung) to Cucumber Mosaic Virus. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, n. 6, p. 401-405, jul. 2000.
- ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum*/B. *elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1633-1643, set. 1999.
- ASAKA, O.; SHODA, M. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off of tomato with *Bacillus subtilis* RB14. **Applied and Environmental Microbiology**, Bel Air, v. 62, n. 11, p. 4081-4085, nov. 1996.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão. 247 p., 2012.
- BATISTA JÚNIOR, C. B.; ALBINO, U. B.; MARTINES, A. M.; SARIDAKIS, D. P.; MATSUMOTO, L. S.; AVANZI, M. A.; ANDRADE, G. Efeito fungistático de *Bacillus thuringiensis* e de outras bactérias sobre fungos fitopatogênicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1189-1194, ago. 2002.
- BÉCOT, S.; PAJOT, E.; LE CORRE, D.; MONOT, C.; SILUÉ, D. Phytogard® (K₂HPO₃) induces localized resistance in cauliflower to downy mildew of crucifers. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 19, n. 6, 417-425, jun. 2000.

BÉLANGER, R. R. MENZIES, J. G. **Use of silicon to control diseases in vegetable crops.** Anais, 36º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Uberlândia, p. 42-45, 2003.

BENIZERI, E.; BAUDOUIN, E.; GUCKEERT, A. Root colonization by inoculated plant growth promoting rhizobacteria. **Biocontrol Science and Technology**, v. 11, n. 5, p. 357-374, jul./ago. 2001.

BENNAMARA, A.; ABOURRICHE, A.; BERRADA, M.; CHARROUF, M.; CHAIB, N.; BOUDOUMA, M.; GARNEAU, F. X. Methoxybifurcarerone: an an-tifungal and antibacterial meroditerpenoid from the brown alga *Cystoseira tamariscifolia*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 52, n. 1, p.37-40, set. 1999.

BERTONCELLI, D. J.; MAZARO, S. M.; ROCHA, R. C. D. S.; DALACOSTA, A. L.; LEWANDOWSKI, A.; WAGNER JÚNIOR, A. Ácido salicílico na indução de resistência ao tombamento de plântulas de beterraba e atividade antifúngica contra *Fusarium* sp., *in vitro*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 67-76, jan./fev. 2016.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle biológico. In: BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J. A. M.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p.333-349, 2005.

BIGIRIMANA, J.; HOFTE, M. Bean Anthracnose: Inoculation Methods and Influence of Plant Stage on Resistance of *Phaseolus vulgaris* Cultivars. **Journal of Phytopathology**, v. 149, n.7-8, p.403-408, ago. 2001.

BOKSHI, A. I.; MORRIS, S. C.; DEVERALL, B. J. Effects of benzothiadiazole and acetylsalicylic acid on β -1,3-glucanase activity and disease resistance in potato. **Plant Pathology**, Blackwell, v. 52, n. 1, p. 22-27, fev. 2003.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. L.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 13-18, 2006.

BOSTOCK, R. M. Signal crosstalk and induced resistance: Straddling the between cost and benefit. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 43, p. 545-580, jul. 2005.

BOWLES, D. J. Defense-related proteins in higher plants. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 59, p. 837-907, jul. 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **BION 500 WG**. Disponível: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/BION_500_WG.pdf. Acesso em 16 de março de 2016.

BRESSAN, D. F. **Uso dos eliciadores acibenzolar-S-metílico e hapina na indução de resistência em plantas de feijoeiro comum ao crestamento bacteriano.** 2011, 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

CAIXETA, A. O.; VIEIRA, B. S.; CANEDO, E. J. Efeito do fosfito de potássio sobre fungos fitopatogênicos do feijoeiro. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**, Patos de Minas, v. 3, p. 35-43, nov. 2012.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology.** (Ed.). New York: Wiley, 1990.

CAMPOS SILVA, J. R.; SOUZA, R. M.; ZACARONE, A. B.; SILVA, L. H. C. P.; CASTRO, A. M. S. Bactérias 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, jul./ago. 2008.

CIA, P. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*).** 2005, 197 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Levantamento de safra 2015/2016.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_10_14_42_08_boletim_graos_maios_2016_-_final.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_24_11_44_50_perspectivas_agropecuaria_2015-16_-_produtos_verao.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2016.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, n. 3, p. 371-393, jan. 2011.

DALL IGNA, R.; MARCHIORO, V. S. Manejo de *Ascochylla nodosum* na cultura do trigo. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 64-71, jan./mar. 2010.

DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; CANTERI, M. G. Métodos de avaliação das doenças fúngica. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro.** Ponta Grossa: Editora UEPG, 1999, p. 53-64.

DALLA PRIA, M.; CANTERI, M. G.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Avaliação de diferentes meios de cultura na esporulação de *Colletotrichum lindemuthianum*, *Phaeoisariopsis griseola* e *Alternaria* sp. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 23, n.2, p. 181-183, 1997.

DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A.; BEZERRA NETO, E.; COELHO, R. S. B.; SILVA, R. L. X. da. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.30, v. 3, p.314-319, jul./set. 2004.

DERCKX, W.; CREASY, L. L. Influence of foseyl: al on phytoalexin accumulation in the *Plasmopara viticola*-grapevine interaction. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Orlando, v. 34, n. 3, p. 203-213, abr. 1989.

DI FAN, D.; HODGES, M.; ZHANG, J.; KIRBY, C. W.; XIUHONG, J. C.; STEVEN, J.; LOCKE, S. J.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacea oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 124, n. 1, p. 195-202, jan. 2011.

DI PIERO, R. M.; GARDA, M. V. Quitosana reduz a severidade da antracnose e aumenta a atividade de glucanase em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.9, p.1121-1128, set. 2008.

DIAS, L. E.; FERNANDEZ, J. Q. P.; BARROS, N. F. DE; NOVAIS, R. F. DE; MORAES, E. J. DE; DANIELS, W. L. Availability of phosphorous in a Brazilian Oxisol cultivated with eucalyptus after nine years as influenced by phosphorous-fertilizer source, rate and placement. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 31, n.7-8, p. 837-847, abr. 2000.

DURAND, N.; BRIAND, X.; MEYER, C. The effect of marine bioactive substances (NPRO) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia plantarum**, Lund, v. 119, n. 4, p. 489-493, dez. 2003.

ECOINSUMOS - SOLUÇÕES AGROECOLÓGICAS. **Rocksil: Insumo orgânico para todas as culturas - Reforçador natural para vegetais**. Disponível em: <http://ecoinsumos.com.br/index.php/rocksil-541.html>. Acesso: 02 ago. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006.

FAULIN, M. S. A. R. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil contra *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*: parâmetros bioquímicos e da produção**. 2010, 147 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

FREITAS, M. B.; STADNIK, M. J. Race-specific and ulvan induced defense responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) against *Colletotrichum lindemuthianum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.78, p.8-13, 2012.

GABARDO, G. **Controle de doenças na cultura da soja com produtos alternativos**. 2015, 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

GADAGA, S. J. C. **Fosfitos na proteção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) contra a antracnose**. 2009, 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GEPTZ; P.; FERNÁNDEZ, F. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol comum** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali: CIAT, 1982.

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAM, M. ***Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety.*** (Ed.) Chichester: John Wiley, 2000.

GLAZEBROOK, J. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 43, p. 205-227, jul. 2005.

GODOY, C. V.; IMAUTI, M.; CARNEIRO, S. M. T. G.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGER, R. D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 104, n. 4, p.336-345, 1997.

GOMES, E. C.; SERRA, I. M. R. S. Eficiência de produtos naturais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta na pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, n. 4, 2013.

GONTIJO NETO, G. F.; ANDRADE, M. J. B.; POZZA, E. A.; MARTINS, F. A. D.; SOARES, B. L.; BELAN, L. L.; CARDILHO, B. E. S. Controle da antracnose e da mancha angular do feijoeiro comum com indutores de resistência. **Nucleus**, v. 13, n. 2, p. 57A-66A, out. 2016.

GRAHAM, D. R.; WEBB, M. J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. **Micronutrients in Agriculture**. 2 ed. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1991.

GUEST, D.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates as antifungal agentes. **Biological Reviews**, New York, v. 66, n. 6, p. 159-187, nov. 1991.

GULLINO, L. M.; LEROUX, P.; SMITH, C. M. Uses and challenges of novels compounds for plant disease control. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, n. 1, p. 1-11, jan. 2000.

GUZZO, S. D.; HARAKAVA, R.; KIDA, K.; MARTINS, E. M. F. ROVERATTI, D. S. Proteção de cafeeiros contra *Hemileia vastatrix* por cloreto de benzalcônio (composto de amônio quaternário). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 339-345, out./dez. 1999.

HAMMERSCHMIDT, D.; DANN, E. K. Induced resistance to disease. In: RECHICGL, N. A.; RECHICGL, J. E. **Environmentally Safe Approaches to Crop Disease Control**. 1 ed. Boca Raton: CRC - Lewis Publishers, p. 177-199, 1997.

HAMMERSCHMIDT, R.; NICHOLSON, R. L. A survey of plant defense responses to pathogens. In: AGRAWAL, A. A.; TUZUN, S.; BENT, E. **Induced plant defenses against pathogens and herbivores**. 1 ed. Minneapolis: APS Press, 2000.

HAMMOND-KOSACK, K. E.; JONES, J. D. G. Resistance gene-dependent plant defense responses. **Plant Cell**, Baltimore, v. 8, n. 4, p. 1773-1791, out. 1996.

HUANG, T. T.; CARLSON, E. J.; GILLESPIE, A. M.; SHI, Y.; EPSEIN, C. J. Ubiquitous overexpression of CuZn superoxide dismutase does not extend life span in mice. **Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, v. 55, n. 1, p. B5-B9, jan. 2000.

IRITI, M.; FAORO, F. Benzothiadiazole (BHT) induces cell-death independent resistance in *Phaseolus vulgaris* against *Uromyces appendiculatus*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 151, n. 3, p. 171-180, mar. 2003.

IRVING, H. R.; KUC, J. Local and systemic induction of peroxidase, chitinase and resistance in cucumber plants by K₂HPO₄. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 37, n. 4, p. 355-366, mai. 1990.

JACQUES, F. L. **Efeito de produtos alternativos *in vitro* e em casa de vegetação no controle de *Colletotrichum graminicola***. 2015, 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

JALALI, B. L.; BHARGAVA, S.; KAMBLE, A. Signal transduction and transcriptional regulation of plant defense responses. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 154, n. 1, jan. 2006.

JAYARAMAN, J.; NORRIE, J.; PUNJA, Z. K. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, n. 3, p. 353-361, jan. 2011.

JOHAL, C. S.; GRAY, J.; GRUIS, D.; BRIGGS, S. P. Convergent insights into mechanisms determining disease and resistance response in plant-fungal interactions. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 73, suplemento 1, p. 468-474, dez. 1995.

KANG, Z.; HUANG, L.; BUCHENAUER, H. Subcellular localization of chitinase and β -1,3-glucanase in compatible and incompatible interactions between wheat and *Puccinia striiformis* fs. *tritici*. **Journal of Plant Diseases and Protection**. Stuttgart, v. 110, n. 2, p. 170-183, jan. 2003.

KESER, M.; SWENARTON, J. T.; FOERTCH, J. F. Effects of thermal input and climate change on growth of *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyta) in eastern Long Island Sound (USA). **Journal of Sea Research**, Amsterdam, v. 54, p. n. 3, 211-220, out. 2005.

KESSMANN, H.; STAUB, T.; HOFMANN, C.; MAETZKE, T.; HERZOG, J.; WARD, E.; UKNES, S.; RYALS, J. Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 32, p. 439-459, 1994.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, M. N. J.; RAYORATH, P.; HODGES, M. D.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386-399, dez. 2009.

KLARZYNNSKI, O.; PLESSE, B.; JOUBERT, J. M.; YVIN, J. C.; KOPP, M.; KLOAREG, B.; FRITIG, B. Linear beta-1,3 glucans are elicitors of defense responses in tobacco. **Plant Physiology**, Rockville, v.124, n.3, p.1027-1037, nov. 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M. Principais problemas da cultura do feijoeiro no Brasil. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Ed. ESALQ LPV, p. 53-102, 2007.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Boletim Técnico 1. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2003.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**. 2007, 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

KULMINSKAYA, A. A.; THOMSEN, K. K.; SHABALIN, K. A.; SIDORENKO, I. A.; ENEYSKAYA, E. V.; SAVEL'EV, A. N.; NEUSTROEV, K. N. Isolation, enzymatic properties, and mode of action of an exo-1,3- β -glucanase from *Trichoderma viride*. **European Journal of Biochemistry**, Oxford, v. 268, n. 23, p. 6123-6131, jan. 2002.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 2, p. 251-255, abr. 2011.

KUPPER, K. C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 251-257, mai./jun. 2003.

LEELASUPHAKUL, W.; HEMMANEE, P.; CHUENCHITT, S. 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, abr. 2008.

LIZZI, Y.; COULOMB, C.; POLIAN, C.; COULOMB, P. J.; COULOMB, P. O. L'algue face au Mildiou quel avenir? *Phytoma*, Paris, v. 508, p. 29-30, 1998.

LÓPEZ, B. C. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. **Terra**, Chapingo, v. 17, n. 3, p. 271-276, 2000.

LYON, G. D.; NEWTON, A. C. Implementation of elicitor mediated induced resistance in agriculture. In: AGRAWAL, A. A.; TUZUN, S.; BENTE, E. **Induced plant defenses against pathogens and herbivores - biochemistry, ecology and agricultores**. 1 ed. Saint Paul: APS Press, p. 299-318, 1999.

MACKINNON, S. A.; CRAFT, C. A.; HILTZ, D.; UGARTE, R. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 22, n. 4, p. 489-494, jan. 2010.

MANCUSO, S.; BARLOW, P. W.; VOLKMANN, D.; BALUSKA, F. Actin turnover-mediated gravity response in maize root apices: Gravitropism of decapped roots implicates gravisensing outside of the root cap. **Plant Signaling & Behavior**, London, v. 1, v. 2, p. 52-58, mar./abr. 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: CA Academic Press, 1995.

MARTINS, S. A. **Desenvolvimento do feijão-comum tratado com *Bacillus subtilis***. 2013, 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MAZARO, S. M. **Indução de resistência à doenças em morangueiro pelo uso de elicitores**. 2007. 105 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 26, n. 5, p. 195-219, nov. 1923.

MEDEIROS, L. A. M. **Resistência genética do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ao *Colletotrichum lindemuthianum***. 2004, 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MELO, T. A.; SERRA, I. M. R. S.; SILVA, G. S.; SOUSA, R. M. S. Produtos naturais aplicados para manejo de *Meloidogyne incognita* em tomateiros. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.3, p.223-227, ju./set. 2012.

MELO, I. S.; VALARINI, P. J. Potencial of rhizobacteria in the control of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. in cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 326-330, mai./ago. 1995.

MITZUBUTI, E. S. G.; MAFFIA, J.; MUCHOVEJ, R.; ROMEIRO, U.; BATISTA. Selections of isolates of *Bacillus subtilis* with potencial for the control of dry bean rust. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 540-544, jul./ago. 1995.

MONTEIRO, A. C. A. **Associação de indutores de resistência para o manejo da ferrugem do cafeeiro e análise bioquímica da resposta de defesa induzida**. 2011, 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MORAES, M. G.; Mecanismo de Resistência Sistêmica Adquirida em Plantas. In: Revisão Anual Patologia de Plantas, v. 6, 1998, Passo Fundo. **Anais...Passo Fundo**, 1998. p. 261-284.

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 69-75, jan./fev. 2006.

MOREIRA, R. R.; NESI, C. N.; MIO, L. L. M. *Bacillus* spp. And *Pseudomonas putida* as inhibitors of the *Colletotrichum acutatum* group and potencial to control Glomerella leaf spot. **Biological Control**, Amsterdam, v. 72, p. 30-37, mai. 2014.

NABTI, E.; SAHNOUNE, M.; GHOUL, M.; FISCHER, D.; HOFMAN, A.; ROTHBALLER, M.; SCHIMID, M.; HARTMANN, A. Restoration of growth of durum wheat (*Triticum durum* var. waha) under saline conditions due to inoculation with the rizosphere bacterium

Azospirillum brasiliense NH and extracts of the marine alga *Ulva lactuca*. **Journal of Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 29, n. 1, p. 6-22, mar. 2010.

NARUSAKA, Y.; NARUSAKA, M.; HORIO, T.; ISHII, H. Comparison of local and systemic induction of acquired disease resistance in cucumber plants treated with benzothiadiazoles or salicylic acid. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 388-395, abr. 1999.

NASCIMENTO, A. dos R.; FERNANDES, P. M.; ROCHA, M. R.; SILVA, E. A. Fontes de fosfito de acibenzolar-S-metílico no controle de doenças e na produtividade do tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2008.

NETO, D. D.; FANCELLI, A. L. Principais doenças fúngicas da parte aérea. In: NETO, D. D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. São Paulo: Livraria e Editora Agropecuária, 2000.

NOJOSA, G. B. de A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. da S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 263 p., 2005.

O'CONNELL, R.; PERFECT, S.; HUGHES, B.; CARZANIGA, R.; BAILEY, J.; GREEN, J. Dissecting the cell biology of *Colletotrichum* infection processes. In: PRUSKY, D.; FREEMAN, W.; DICKMAN, M. B. **Colletotrichum: Host Specificity, Pathology and Host-Pathogen interaction**. St. Paul: APS Press, p.57-77, 2000.

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 1991, 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

OLSSON, K. Resistance to gangrene (*Phoma exigua* var. *foveata*) and dry rot (*Fusarium solani* var. *coeruleum*) in potato tubers: the influence of pectin-bound magnesium and calcium. **Potato Research**, v. 31, n. 3, p. 413-422, set. 1998.

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**, Dordrecht, v. 67, n. 5, p. 692-698, jun. 2005.

ONGENA, M.; JOURDAN, E.; ADAM, A.; PAQUOT, M.; BRANS, A.; JORIS, B.; ARPIGNY, J. L.; THONART, P. Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants. **Environmental Microbiology**, New Jersey, v. 9, n. 4, p. 1084-1090, abr. 2007.

OOSTENDORP, M.; KUNZ, W.; DIETRICH, B.; STAUB, T. Induced disease resistance in plants by chemicals. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, n. 1, p. 19-28, jan. 2001.

PAPA, S.; GUERRIERI, F.; GOMEZ-PUYOU, M. T.; BARRANCO, J.; GOMEZ-PUYOU, A. Studies of the mechanism of action of triphenyltin on próton conduction by the H⁺ ATPase of mitochondria. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v. 128, n. 1, p. 1-7, nov. 1982.

PASCHOLATI, S. F.; BLUMER, S.; REZENDE, D. C.; BRAND, S. C. Resistência sistêmica adquirida (SAR) x Resistência sistêmica induzida (ISR). In: Indução de resistência novos conceitos e aplicações. Reunião Brasileira sobre indução de resistência a patógenos, 5, 2010, Lavras. **Anais...Lavras**, 2010, p. 29-40.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia - Princípios e Conceitos**. 1 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 417-454, 1995.

PAULA JÚNIOR, T. J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, p.360-414, 2006.

PENG, G.; MCGREGOR, L.; LAHLALI, R.; GOSSEN, B. D.; HWANG, S. F.; ADHIKARI, K. K.; STRELKOV, S. E.; McDONALD, M. R. Potential biological control of clubroot on canola and crucifer vegetable crops. **Plant Pathology**, Blackwell, v.60, n. 3, p.566-574, jun. 2011.

PEREIRA, S. C.; RODRIGUES, F. A.; CARRÉ-MISSIO, V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 164-170, mai./jun. 2009.

PETATÁN-SAGAHÓN, I.; ANDUCHO-REYES, M. A.; SILVA-ROJAS, H. V.; ARANA-CUENCA, A.; TELLEZ-JURADO, A.; CÁRDENAS-ÁLVAREZ, I. O.; MERCADO-FLORES, Y. Isolation of bacteria with antifungal activity against the phytopathogenic fungi *Stenocarpella maydis* and *Stenocarpella macrospora*. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 12, n.9, p. 5522-5537, set. 2011.

PING, L.; BOLAND, W. Signals from the underground: bacterial volatiles promote growth in Arabidopsis. **Trends in Plant Science**, Londres, v. 9, n. 6, p. 263-266, jun. 2004.

POWERS, M. F.; BEAVIS, A. D. Triorganotins inhibit the mitochondrial inner membrane anion channel. **Journal of Biological Chemistry**, Rockville, v. 266, n. 26, p. 17250-17256, set. 1991.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Manejo de doenças de plantas com macro e micronutrientes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 52-54, jan./abr. 2003.

QUINTANA, H. C.; BRAVO, C. G.; NOVOA, J. D.; MAYTA, F. C. Evaluación de la calidad de la proteína de 4 variedades mejoradas de frijol. **Revista Cubana de Hematología, Inmunología e Hemoterapia**, Havana, v.14, n.1, p.22-27, jan./mar. 2002.

RATHORE, S. S.; CHAUDHARY, D. R.; BORICHA, G. N.; GHOSH, A.; BHATT, B. P.; ZODAPE, S. T.; PATOLIA, J. S. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South African Journal of Botany**, Joanesburgo, v. 75, n. 2, p. 351-355, abr. 2009.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Antracnose. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA - SPI, p.17-40, 1994.

RESENDE, M. L. V.; NOJOSA, G. B. A.; CAVALCANTI, L. S.; AGUILAR, M. A. G.; SILVA, L. H. C. P.; PEREZ, J. O.; ANDRADE, G. C. G.; CARVALHO, G. A.; CASTRO, R. M. Induction of resistance in cocoa against *Crinipellis pernicioso* and *Verticillium dahliae* by acibenzolar-S-methyl (ASM). **Plant Pathology**, Blackwell, v. 51, n. 5, p. 621-628, out. 2002.

REUVENI, M. Post-infection applications of K_3PO_3 phosphorous acid and dimethomorph inhibit development of downy mildew caused by *Plasmopara viticola* in grapes. **Journal of Small Fruit & Viticulture**, Binghamton, v. 5, n. 2, p. 27-38, abr. 1997.

REUVENI, M.; REUVENI, R. Efficacy of foliar sprays of phosphates in controlling powdery mildews in field-grown nectarine, mango trees and grapevines. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 311-314, jun. 1995.

REUVENI, R.; REUVENI, M.; AGAPOV, V. Foliar sprays of NPK fertilizer induce systemic protection against *Puccinia sorghi* and *Exserohilum turcicum* and growth response in maize. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 102, n. 2, p. 339-348, abr. 1996.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 160-164, 2016.

RODRIGUES, F. A.; JURICK, W. M.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; ROLLINS, J. A. Silicon influences cytological and molecular events in compatible and incompatible rice - *Magnaporthe grisea* interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 66, n. 4, p. 144-159, abr. 2005.

ROMERO, A. M.; KOUSIK, C. S.; RITCHIE, D. F. Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by acibenzolar-S-methyl. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 85, n. 1, p. 189-194, jan. 2001.

RYAN, R. P.; GERMAINE, K.; FRANKS, A.; RYAN, D. J.; DOWLING, D. N. Bacterial endophytes: recent development and applications. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 278, n.1, p. 1-9, jan. 2008.

SANTANA, F. S. C. **Bacillus thuringiensis como endofíticos em algodão: avaliação na promoção de crescimento e controle de *Spodoptera frugiperda***. 2014, 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SANTOS, H. A. A. **Efeito de fosfito no controle de doenças foliares de trigo *in vitro* e *in sito***. 2008, 143 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

SANTOS, H. A. A.; DALLA PRIA, M.; MAY DE MIO, L. L.; M.; SILVA, O. C. Controle de doenças do trigo com fosfitos e acibenzolar-S-metil isoladamente ou associados a piraclostrobina + epoxiconazole. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 433-442, abr./jun. 2012.

SANTOS, J. B.; GAVINALE, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. L.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 41-65, 2006.

SARTORATO, A. Antracnose. In: ZIMMERMANN, M. J.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: Fatores que Afetam a Produtividade**. Piracicaba: Potafos, p. 457-477, 1988.

SARTORATO, A. Determinação da variabilidade patogênica do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (sac.) Scrib. In: Congresso nacional de pesquisa de feijão, 2, 2002, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, p. 114-116, 2002.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; FARIA, J. C. **Doenças de métodos de controle**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivadoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 05 mai 2016.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; RIOS, G. P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, p. 669-770, 1996.

SERRANO, L.; MANKER, D.; BRANDI, F.; CALI, T. The use of *Bacillus subtilis* QST 713 and *Bacillus pumilus* QST 2808 as protectant fungicides in conventional application programs for black leaf streak control. **Acta Horticulturae**, v. 986, p. 149-155, 2013.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A. A.; DESCHAMPS, C.; DALLA PRIA, M.; MAY DE MIO, L. L. Fontes de fosfito de potássio e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 72-77, jan./fev. 2013.

SIQUEIRA, I. T. D. **Indução de resistência em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) utilizando acibenzolar-S-metil no controle da antracnose**. 2015, 42 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2015.

SMILLIE, R.; GRANT, B. R.; GUEST, D. The mode of action of phosphate: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 79, n. 9, p. 921-926, jan. 1989.

SOUZA, C. V.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Platarum, 2008.

STAT - **Sistema de análises estatísticas**. Jaboticabal: DCE/FCAV/UNESP, 2001. CD-Rom.
STEPONKUS, P. L. Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, n. 1, p. 543-584, jun. 1984.

STICHER, J. R.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J. P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 35, p. 235-270, set. 1997.

THAUNG, M. M. Coelomycete systematics with special reference to *Colletotrichum*. **Mycoscience**, Tokyo, v. 14, n. 2, p. 345-350, nov./dez. 2008.

TRUYLIO, C. E. C. **Efeito de produtos alternativos para o controle da antracnose em feijão**. 2015, 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

TWIZEYIMANA, M.; OJIAMBO, P. S.; IKOTUN, T.; PAUL, C.; HARTMAN, G. L. BANDYOPADHYAY, R. Comparison of field, greenhouse and detached-leaf evaluations of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant Disease**, Saint Paul, n. 91, n. 9, p. 1161-1169, set. 2007.

VAZ, L. A. **Estirpes de *Bacillus thuringiensis* como promotoras de crescimento vegetal e no controle de pragas em diferentes culturas**. 2014, 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

VEGA, L. M.; BARBOZA-CORONA, J.; AGUILAR-USCANGA, M. G.; LEPE, M. R. Purification and characterization of an exochitinase from *Bacillus thuringiensis* subsp(R) aizawai and its action against phytopathogenic fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 52, n. 7, p. 651-657, jul. 2006.

VERNEAU-FOURREY, C.; LAUGÉ, R.; LANGIN, T. Nonpathogenic strains of *Colletotrichum lindemuthianum* trigger progressive bean defense responses during appressorium-mediated penetration. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, p.4761-4770, 2005.

VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES VIDIGAL, M. C.; KELLY, J. D.; KIRK, W. W. Sources of resistance to anthracnose in traditional common bean cultivars from Paraná, Brazil. **Journal of Phytopathology**, v.155, p. 108-113, 2007.

VIECELLI, C. A.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Indução de resistência em feijoeiro a mancha angular por extratos de micélio de *Pycnoporus sanguineus*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n.1, p. 73-80, jan./mar. 2010.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; OTTO, R.; QUEIROS, F. E. C.; PACKER, L. A.; Utilização de fosfito em cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Resumos...**Piracicaba: Intercuf, 2005.

WSZELAKI, A. L.; MILLER, S. A. Determining the efficacy of disease management products in organically-produced tomatoes. **Plant Health Progress**, Saint Paul, 2005. Disponível em: < <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2005/tomato/>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

XAVIER, K. V. Controle da ferrugem do cafeeiro com produtos alternativos. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 31, 2005. Guarapari. **Anais...**Guarapari: MAPA/PROCAFÉ, p. 388-390, 2005.

XAVIER FILHA, M. S.; ROGRIGUES, F. A.; DOMICIANO, G. P.; OLIVEIRA, H. V.; SILVEIRA, P. R.; MOREIRA, W. R. Wheat resistance to leaf blast mediated by silicon. **Australasian Plant Pathology**, Amsterdam, v. 40, n. 1, p. 28-38, jan. 2011.

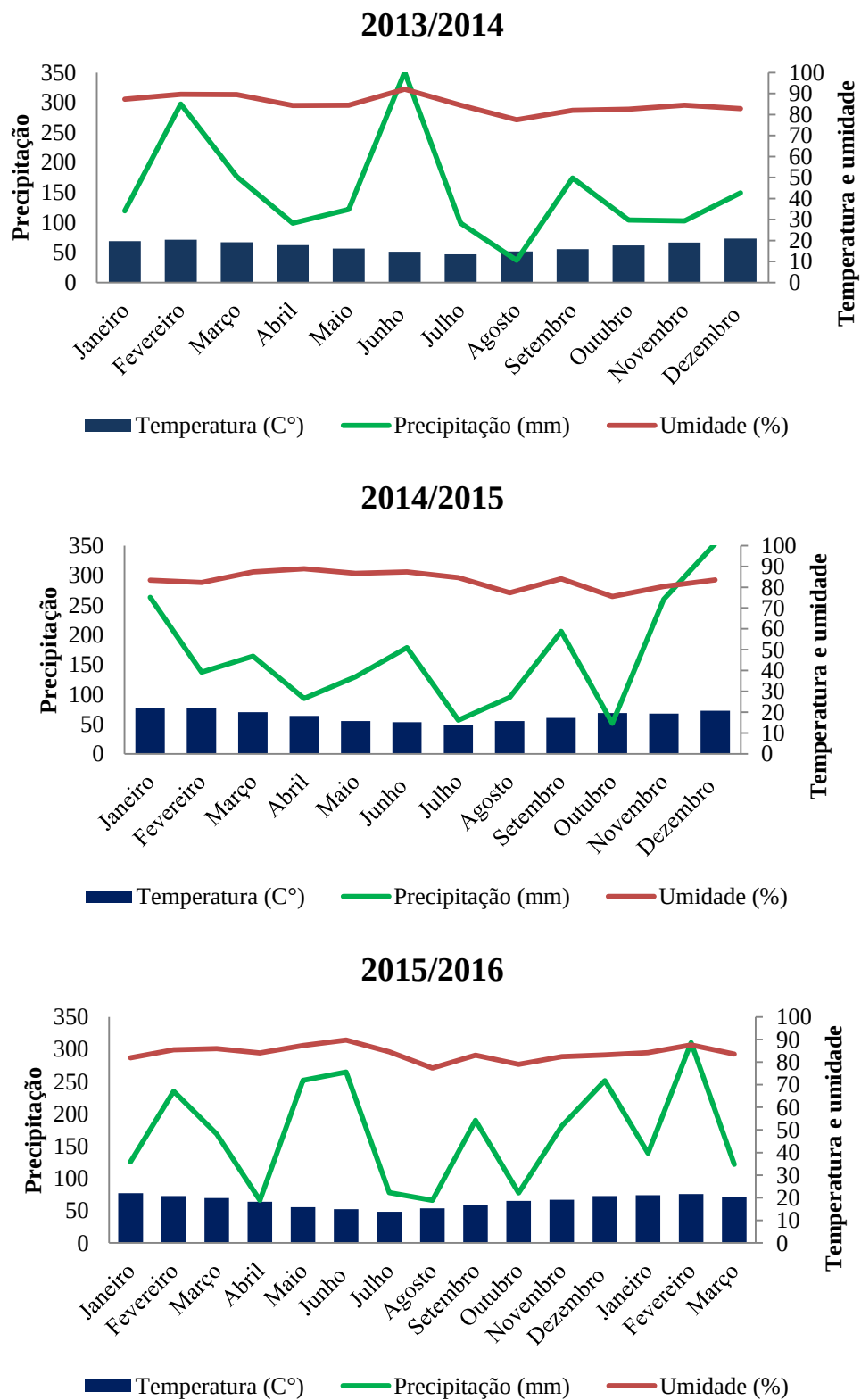
YAMAMOTO, T.; DEAN, D. H. Insecticidal proteins produced by bacteria pathogenic to agricultural pests. In: CHARLES, J. S.; DELÉCLUSE, A.; NIELSEN-LE ROUX, C.

Entomopathogenic bacteria: from laboratory to field application. (Ed.) Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.

YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. Effect of FZB 24[®] *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, London, v.39, n. 4, p.323-328, jul./ago. 2006.

YOKOYAMA, L. P. **Sistemas de produção.** Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

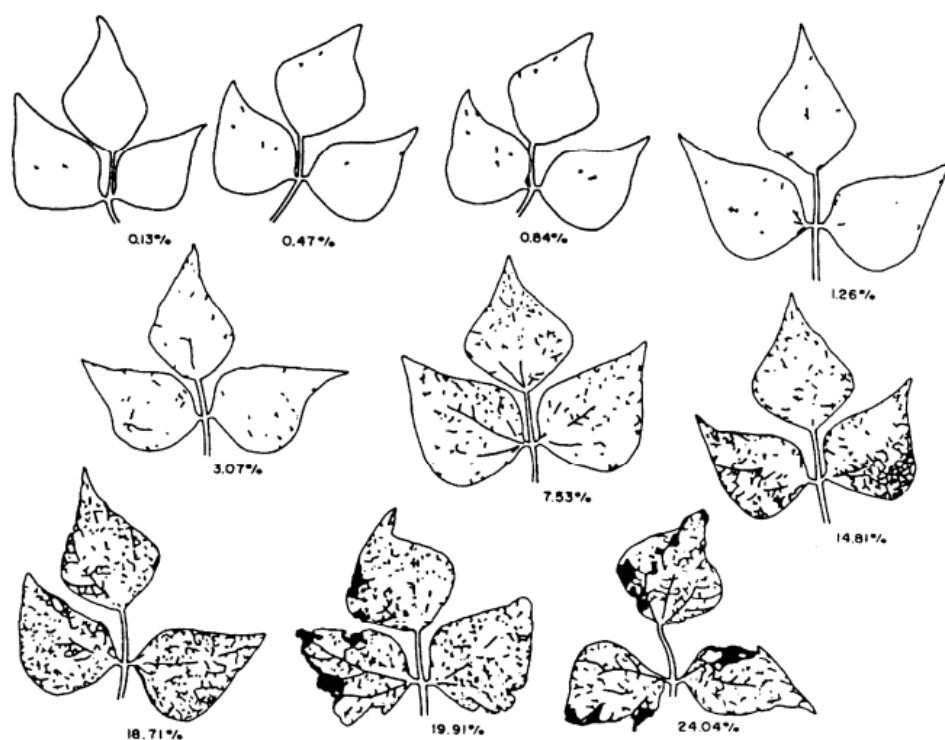
ANEXOS



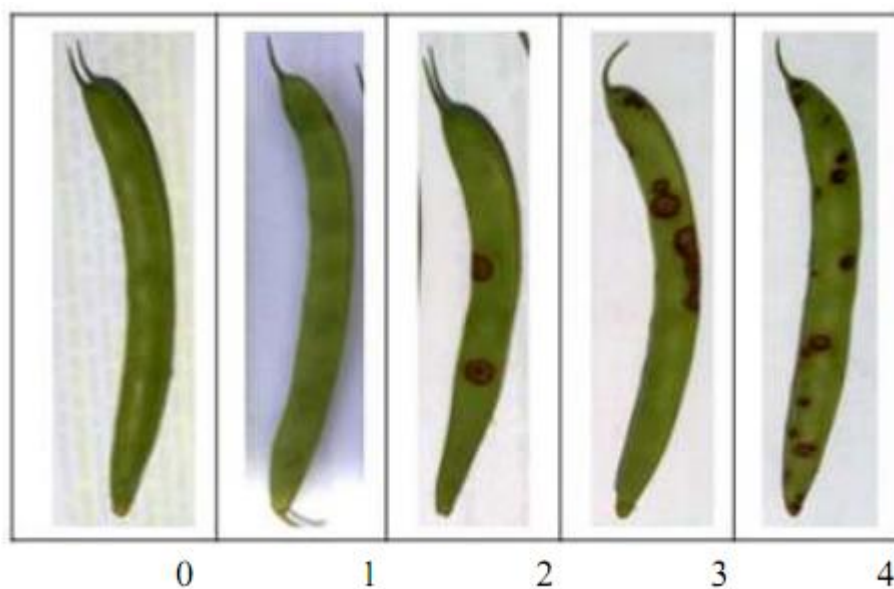
Anexo 1 - Temperatura média (C°), precipitação total (mm) e umidade relativa do ar (%), decorridos nas três safras. Ponta Grossa/PR, nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Anexo 2 - Dados climáticos coletados durante a condução dos experimentos. Temperatura mínima, máxima e média (C°), umidade (%) e precipitação total (mm). Ponta Grossa/PR, safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016.

Meses	Temp. mínima (C°)	Temp. máxima (C°)	Temp. média (C°)	Umidade (%)	Precipitação (mm)
Dezembro/2013	12,6	31,9	20,9	82,8	149,2
Janeiro/2014	15,3	31,4	21,7	83,4	262,8
Fevereiro/2014	14,2	32,9	21,7	82,3	137,2
Março/2014	13,5	30,4	20,0	87,4	164,0
Dezembro/2014	12,6	29,8	20,6	83,5	353,4
Janeiro/2015	15,6	32,1	22,0	81,9	125,6
Fevereiro/2015	14,7	29,4	20,7	85,4	234,8
Março/2015	14,4	28,7	19,9	85,9	168,4
Dezembro/2015	12,6	30,0	20,7	83,1	205,7
Janeiro/2016	13,7	30,2	21,1	84,2	138,8
Fevereiro/2016	15,1	30,2	21,6	87,6	310,2
Março/2016	13,3	30,0	20,2	83,5	121,8



Anexo 3 - Escala diagramática para avaliar a severidade de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) nas folhas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) (GODOY et al., 1997).



Anexo 4 - Escala de notas para avaliação da severidade de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) nas vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) (DALLA PRIA; AMORIM; CANTERI, 1999).