



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PATO BRANCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



RENATA MOCCELLIN

**ESPÉCIES DE BRÁSSICAS NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS
HABITANTES DO SOLO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2011

RENATA MOCCELLIN

**ESPÉCIES DE BRÁSSICAS NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS
HABITANTES DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Idalmir dos Santos

PATO BRANCO

2011

M688e

Moccellin, Renata

Espécies de brássicas no controle de fitopatógenos habitantes do solo / Renata Moccellin.

Pato Branco. UTFPR, 2011

XI, 64 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Idalmir dos Santos

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2011.

Bibliografia: f. 050 - 056

1. Canola . 2. Biofumigação. I. Moccellin, Idalmir dos Santos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD: 2ªed 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 040

Espécies de Brássicas no controle de fitopatógenos habitantes do solo

por

Renata Moccellin

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e oito de fevereiro de dois mil e onze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. A candidata foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *APROVADO*.....

Banca examinadora:

Dra. Rosângela Dallemole Giaretta
UNICENTRO

Dr. Nilvânia Aparecida de Mello
UTFPR

Dr. Sérgio Miguel Mazaro
UTFPR

Dr. Idalmir dos Santos
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGAG

Dedico aos meu pai Doacir A. Moccellin e minha mãe, Maritani Malu Baratto Moccellin, que sempre acreditaram em meus sonhos e me ajudaram a trilhar esse caminho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer meus pais, Doacir Antonio Moccellin e Maritani Malu Baratto Moccellin, pelo apoio dado nessa etapa de meus estudos, e pela compreensão nos momentos de ausência.

Agradeço também ao Gustavo Malagi, companheiro de todas as horas e também de estudos, um grande exemplo de motivação para mim.

Agradeço meu orientador Idalmir dos Santos, por todo esforço e dedicação que teve com meu trabalho, estando sempre disponível para dúvidas e esclarecimentos.

Agradeço aos meus amigos do mestrado, Eli, Cristiane e Douglas, pela amizade, companheirismo e pelos momentos alegres que passamos juntos.

Aos meus amigos de Laboratório Kely, Daniel, Dalmo e Luciane, pela ajuda no desenvolvimento do trabalho e, principalmente, nos dias mais frios do ano.

Agradeço a minha amiga Rubia Camochena pela amizade e por toda força que me proporcionou neste período de convivência.

Agradeço todos os professores do Programa de Pós-Graduação da UTFPR pela dedicação aos trabalhos e pesquisas desenvolvidas, bem como pela orientação profissional recebida de mestres exemplares.

Por fim, agradeço a Deus pela proteção e iluminação em todos os momentos da minha pesquisa, confortando-me desde o início até término de meu trabalho.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de Estudos.

“Tudo que consegui na vida foi através de dedicação, perseverança e muito desejo de atingir meus objetivos, desejo de vitória na vida. Seja quem você for, qualquer posição que tenha na vida, do nível mais baixo ou altíssimo, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e muita fé em Deus, que um dia você chega lá, de alguma maneira você chega lá.”

(Ayrton Senna)

RESUMO

MOCCELLIN, Renata. Espécies de brássicas no controle de fitopatógenos habitantes do solo. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

As brássicas possuem alto potencial de biofumigação, pois produzem gases tóxicos voláteis aos fitopatógenos habitantes do solo (FHS). Este trabalho objetivou testar três espécies de brássicas: *Brassica juncea* (mostarda), *Brassica oleraceae* (repolho) e *Brassica napus* (canola) no controle de três FHS: *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* e *Pythium aphanidermathum*. Realizaram-se três ensaios, sendo o primeiro *in vitro*, constituído por doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 25% de extrato de canola e mostarda. Cada Placa de Petri contendo meio de cultura recebeu um disco de BDA contendo micélio de um fitopatógeno. Na tampa foram colocados os extratos que serviram como base para a placa. Foram realizadas leituras do crescimento micelial. No segundo ensaio realizado em casa de vegetação, utilizou-se doses de 0, 30, 60, 90 e 120 t ha⁻¹ de repolho triturado, em dois cultivos. Em sacos plásticos com sistema de vedamento foram colocados 500 g de solo e 10 g de substrato com *P. aphanidermathum*, recebendo em seguida as doses de repolho, com posterior fechamento e acondicionamento em BOD a 22°C por 15 dias. Em seguida, o solo de cada saco foi distribuído em 16 células de bandejas de cultivo de mudas, semeando-se uma semente de pepino por célula. O terceiro e último ensaio foi realizado a campo em dois cultivos, utilizando-se as doses de 0, 30, 60, 90 e 120 t há⁻¹ de canola triturada. Em parcelas de 1 m² incorporou-se substrato de areia e quirela de milho contendo *P. aphanidermathum* e a canola triturada 24 h após, com posterior cobertura com lonas dupla-face. Após a retirada das lonas foram coletadas amostras de solo para avaliar a sobrevivência do fitopatógeno e para a distribuição em bandejas, seguindo a mesma metodologia descrita no segundo ensaio. A sobrevivência foi realizada semeando-se cinco sementes de pepino em copinhos plásticos, com solo esterilizado, onde foi colocado 0,5 g de aveia e 15 g de solo retirado das parcelas. Foram realizadas avaliações de emergência e tombamento. Nas parcelas do campo, realizou-se a semeadura de 50 sementes de pepino. Para os três experimentos foram feitas avaliações de emergência, tombamento e peso seco das plântulas. Em todas as amostras de solo coletadas, foram realizadas avaliações da atividade microbiana, fertilidade do solo e condutividade elétrica. No primeiro ensaio todos os fitopatógenos reduziram o crescimento micelial pelo aumento das doses de canola e mostarda. No segundo e terceiro ensaios o repolho e a canola foram efetivos em todas as variáveis avaliadas. Estes substratos além de apresentarem efeito direto sobre o fitopatógeno, por meio da produção dos gases, o aumento da atividade microbiana e da condutividade elétrica, contribuindo de maneira indireta no controle do FHS testado. A concentração de potássio no solo aumentou com o aumento das doses de repolho e de canola, mostrando que os altos teores de potássio nos tecidos das brássicas contribuíram para o controle de *P. aphanidermathum*, além de servir como fertilizante orgânico para locais onde há deficiência de potássio.

Palavras-chave: Canola. Biofumigação. *Pythium aphanidermathum*. Glucosinolatos.

ABSTRACT

MOCCELLIN, Renata. \square d \square seqüent soilborne plant pathogens with brassicas species 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

The brassicas has high potential biofumigation and they produce toxic gases to volatile soilborne plant pathogens (SPP). This study intend to test three species of brassica: *Brassica juncea* (mustard), *Brassica oleracea* (cabbage) and *Brassica napus* (canola) in the control of three SPP: *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* and *Pythium aphanidermathum*. We conducted three tests, the first in vitro, consisting of three treatments: 0, 5, 10, 15, 20 and 25% extract of canola and mustard. Each Petri dish containing culture medium received a disk of PDA containing mycelium of a pathogen. On the cover were placed extracts that were the basis for the board. Readings were taken of mycelial growth. In the second experiment conducted in a greenhouse, we used doses of 0, 30, 60, 90 and 120 t ha⁻¹ cabbage shredded, in two crops. In plastic bags with sealing system were placed 500 g soil and 10 g of substrate with *P. Aphanidermathum*, then receiving doses of cabbage, with later closing and placing in chamber at 22 ° C for 15 days. Then the soil from each bag was distributed in 16-cell tray seedling cultivation, seeding a cucumber seed per cell. The third and final field test was carried out in two crops, using doses of 0, 30, 60, 90 and 120 t ha⁻¹, canola crushed. In plots of 1m² is incorporated in a sand and corn containing quirela *P. Aphanidermathum* and canola crushed after 24 h, with subsequent coverage with double-sided pads. After removing the pads we collected soil samples to assess the survival of the pathogen and for distribution in trays, using the same methodology described in the second test. The survival was performed sowing to five cucumber seeds in plastic cups with sterilized soil, where it was placed 0.5 g of oats and 15 g of soil taken from plots. We have made emergency and tip evaluations. At the plots of the field, we sow 50 seeds of cucumber. For the three experiments were made emergency evaluations, damping off and seedling dry weight. In all soil samples were evaluated microbial activity, soil fertility and electrical conductivity. In the first trial all pathogens reduced the mycelial growth by increasing doses of canola and mustard. In the second and third tests cabbage and canola were effective in all variables. Demonstrated that besides the direct effect on the pathogen through the production of gases, increased microbial activity and electrical conductivity contributed indirectly to control the SPP tested. The concentration of potassium in the soil increased with increasing doses, showing that high levels of potassium in the tissues of crucifers contributed to the control of *P. Aphanidermathum*, besides serving as an organic fertilizer to places where there is a deficiency of potassium.

Keywords: Canola. Biofumigation. *Pythium aphanidermathum*. Glucosinolates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Estrutura geral dos glucosinolatos e seus produtos hidrolisados. Fonte: Adaptada de Laegdsmand et al., 2007.....17
- Figura 2 – Repicagem do *Sclerotium rolfsii* em meio de cultura (A e B); Adição do farelo de mostarda na tampa da placa de Petri (C); Adição da água destilada esterilizada (D); vedação da placa com papel filme (E) e sala de crescimento (F). Fotos e edição de imagem: autora.23
- Figura 4 – Incorporação da canola triturada no solo (A); irrigação da parcela (B); cobertura plástica sobre a parcela (C); parcela pronta (D). Fotos e edição de imagem: autora.....26
- Figura 5 – Avaliação do crescimento micelial de *Pythium aphanidermathum*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*, após serem cultivados por oito dias em meio de cultivo contendo diferentes doses de farelo de canola (A) e mostarda (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....30
- Figura 6 – Efeito das doses de repolho triturado e incorporados ao solo por 15 dias, sobre a germinação de sementes de pepino ‘Caipira’ no primeiro (A) e segundo cultivos (B), e no tombamento de plântulas de pepino ‘Caipira’ causados por *P. aphanidermathum*, no primeiro (C) e segundo cultivos (D). UTFPR, Campus, Pato Branco, 2011.....33
- Figura 7 – Efeito das doses de repolho triturado e incorporados ao solo por 15 dias, sobre a atividade microbiana no primeiro (A) e no segundo cultivo (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....35
- Figura 8 – Efeito das doses de repolho triturado e incorporado sobre o solo por 15 dias, sobre o teor de potássio, no primeiro (A) e segundo cultivo (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....36
- Figura 9 – Efeito das doses de canola triturada incorporada ao solo por 10 dias, sobre o percentual de emergência de plântulas de pepino, em experimento realizado em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....38
- Figura 10 – Efeito da biofumigação e das diferentes doses de canola triturada incorporadas ao solo por 10 dias, sobre a condutividade elétrica do solo, realizados em dois cultivos de pepino em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.41
- Figura 11 – Percentual de plântulas de pepino tombadas na avaliação da sobrevivência de *Pythium aphanidermathum* realizado em sala de crescimento, em função da biofumigação com diferentes doses de canola triturada incorporadas ao solo por 10 dias. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.43
- Figura 12 – Efeito das doses de canola triturada incorporada ao solo por 10 dias na massa seca de plântulas de pepino, em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.44
- Figura 13 – Efeito das doses de canola triturada incorporada ao solo por 10 dias sobre o nutriente potássio, casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Glucosinolatos e suas concentrações ($\mu\text{moles } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) em extratos de Brássicas utilizados na supressão de *G. rostochiensis*. ..18
- Tabela 2 – Análise físico-química do repolho utilizado no desenvolvimento do trabalho. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....36
- Tabela 03 – Emergência (%), massa seca de plântulas de pepino (g) e atividade microbiana do solo ($\text{mg CO}_2 \text{ } 100 \text{ g solo}^{-1}$), tratado com doses crescentes de canola triturada incorporadas ao solo por 10 dias em experimento realizado em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011. .38
- Tabela 4 – Percentual de emergência e tombamento de plântulas de pepino, na avaliação da sobrevivência de *Pythium aphanidermathum*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.42
- Tabela 5 – Percentual de emergência de plantas de pepino, em dois cultivos realizados a campo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 EMBASAMENTO TEÓRICO	13
1.2.1 Fitopatógenos habitantes do solo.....	13
1.2.2 Uso de brássicas no controle de fitopatógenos.....	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS	22
2.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL ORGÂNICO.....	22
2.1 OBTENÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DOS INÓCULOS fúngicos.....	22
2.2 EFEITO DO USO DE FARELO DE CANOLA E MOSTARDA NO CONTROLE DE CRESCIMENTO MICELIAL DE FITOPATÓGENOS DE SOLO.....	23
2.3 EFEITO DA BIOFUMIGAÇÃO COM DIFERENTES DOSES DE REPOLHO incorporado ao solo para o CONTROLE DE <i>Pythium aphanidermathum</i>	24
2.4 USO DE DIFERENTES DOSES DE CANOLA TRITURADA NO CONTROLE DE <i>Pythium aphanidermathum</i>	25
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
3.1 EFEITO DO USO DE FARELO DE CANOLA E MOSTARDA NO CONTROLE DE CRESCIMENTO MICELIAL DE FITOPATÓGENOS HABITANTES DO SOLO	29
3.2 EFEITO DA BIOFUMIGAÇÃO COM DIFERENTES DOSES DE REPOLHO SOBRE <i>Pythium aphanidermathum</i>	32
3.3 USO DE DIFERENTES DOSES DE CANOLA TRITURADA NO CONTROLE DE <i>Pythium aphanidermathum</i>	37
4 CONCLUSÕES	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	50
ÍNDICE DE APÊNDICES	57

1 INTRODUÇÃO

As doenças causadas por esses fitopatógenos habitantes do solo (FHS) são conhecidas por causarem podridões de colo e raízes, que acarretam em prejuízos a diversas culturas, como feijão, soja e milho, além de plantas olerícolas. Dentro dessas culturas podemos destacar os seguintes FHS: *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn., *Sclerotium rolfsii* Sacc., e *Pythium aphanidermathum* (Edson) Fitzp.

O controle desse grupo de fitopatógenos tem sido instrumento de estudo de muitos pesquisadores, principalmente após a proibição do uso de brometo de metila, que era o principal fumigante utilizado para o controle desses fitopatógenos.

Os FHS apresentam difícil controle pois possuem estruturas de resistência, podendo sobreviver no solo por vários anos, até que encontrem uma condição favorável para o seu desenvolvimento. O uso de rotação de cultura apresenta baixa eficiência quando comparada com outros fitopatógenos, uma que esses que esses FHS possuem muitos hospedeiros secundários, dificultando o controle.

A utilização de métodos alternativos ao uso de fungicidas tem sido bastante explorado como o uso da biofumigação com resíduos de brássicas. Esse método utiliza a produção de gases tóxicos formados durante o período de decomposição dessas plantas. A formação desses gases deve-se ao fato das brássicas possuírem em seus tecidos glucosinolatos que durante o processo de decomposição sofrem uma hidrólise enzimática formando gases tóxicos aos microorganismos do solo (PAPAVIZAS; LEWIS, 1971; RAMIREZ-VILLAPUDUA; MUNNECKE, 1988; LODHA; SHARMA; AGGARWAL, 1997).

O efeito positivo do uso de repolho para o controle do tombamento de plântulas de feijão causado por *S. rolfsii*, demonstrado por Silva et al. (2007) e Moccellini (2008). Segundo Moccellini (2008) o decréscimo do tombamento de plântulas de feijão já foi constatado na primeira dose de repolho triturada (30 t há⁻¹), por reduzir de 15,04% quando comparado a testemunha.

Outras espécies de brássicas podem ser utilizadas para o controle dos FHS, como por exemplo a mostarda (*Brassica juncea* L.). (MOTISI et al., 2009). Nesse estudo, os autores relataram que a mostarda foi utilizada como cobertura

vegetal do solo, durante três anos, com diferentes formas de manejo da cultura: retirada no início do florescimento, cortada e incorporada ao solo e o solo descoberto. Os autores constataram que a incorporação do resíduo foi totalmente eficaz diminuindo a incidência de doenças causadas por FHS. O uso de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) também foi eficiente no controle *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* Walker e *R. solani* (KIRKEGAARD; WONG; DESMARCHELIER, 1996).

O número de trabalhos realizados utilizando-se brássicas como agente controlador de doenças é maior no exterior do que no Brasil, e quando realizados no país, a maioria dos estudos faz uso de óleos essenciais de brássicas.

O presente trabalho utiliza a canola, pertencente a família das brássicas e que possui bom potencial de controle como visto anteriormente, mas que no Brasil tem sido pouco explorado como agente controlador de FHS. Outra vantagem é o uso da canola produzida na região Sudoeste do Paraná, podendo demonstrar seu real efeito sobre as nossas condições climáticas, além de fazer uso desse material orgânico, sem passar pelo processo de extração do óleo essencial da planta.

Dessa forma, neste estudo o objetivo foi demonstrar há práticas eficientes no controle dos principais fitopatógenos habitantes do solo: *P. aphanidermathum*, *R. solani* e *S. rolfsii*, por meio do uso de produtos que podem ser encontrados dentro da propriedade familiar e/ou orgânica, minimizando os efeitos ambientais, reduzindo custos e aumentando o valor agregado do produto cultivado sem uso de produto químico.

1.2 EMBASAMENTO TEÓRICO

1.2.1 Fitopatógenos habitantes do solo

Os fitopatógenos habitantes do solo (FHS) caracterizam-se por serem cosmopolitas, possuem diversas plantas hospedeiras, incluindo culturas importantes para a agricultura brasileira. Os FHS são responsáveis por causarem apodrecimento de raízes e tombamento de plântulas provocando murchas e até a morte das plantas (GHINI, 2000), gerando prejuízos aos agricultores.

O *Pythium aphanidermathum* (Edson) Fitzp., pertence a esse grupo de fitopatógenos, apresentando o maior número de hospedeiros, dentre estas em sua maioria as olerícolas (PUNJA; YIP, 2003).

Recentemente o gênero *Pythium* deixou de pertencer ao Reino Fungi, sendo incorporado ao Reino Straminipila (LUZ, 2000). Essa modificação ocorreu devido o *Pythium* spp. possuir características morfológicas muito distintas dos fungos. Dentre as características podemos citar, a presença de celulose na parede celular, possuírem esporos assexuais como flagelos heterocontos, conhecidos como zoósporos e produção de esporos sexuais de parede espessa chamados de oósporos (WEST; APPIAH; NEIL, 2003).

Como a maioria dos FHS, o *P. aphanidermathum* possui estruturas de resistência conhecidas como oósporos, que podem permanecer no solo em condições adversas, até o momento em que as condições ambientais tornam-se favoráveis ao seu desenvolvimento (HOPPE, 1966). O processo de disseminação do fitopatógeno ocorre por meio de produção de zoósporos e oósporos (SUTTON et al., 2006). Devido a presença de flagelos os zoósporos tem sua disseminação potencializada pela água, enquanto que os oósporos podem ser disseminados por meio do transporte de solo contaminado, implementos agrícolas e plantas contaminadas (LOPES et al., 2000).

O desenvolvimento da doença é favorecido por locais que apresentam alta umidade, e em cultivos hidropônicos a disseminação do *Pythium* para as plantas vizinhas ocorrem rapidamente, devido os zoósporos possuírem flagelos (STANGHELLINI; HANCOCK, 1971). A temperatura ideal para o desenvolvimento da doença encontra-se entre 28 a 35°C (HÁ-YEPHET; NELSON, 1999).

O fungo *Sclerotium rolfsii* *Sclerotium rolfsii* Sacc. Também encontra-se entre os FHS e tem como sua principal característica a formação de escleródios, nas hifas laterais, de coloração marrom à preta, com cerca de 0,5 a 2 mm de diâmetro (PUNJA, 1985; BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005). Os escleródios servem como estrutura de sobrevivência do fitopatógeno, em locais em que o ambiente não é favorável para o seu desenvolvimento (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

As condições ideais para o seu desenvolvimento, são temperaturas altas, entre 27 a 30°C, com alta umidade. A incidência da doença aumenta em locais

com solo arenoso, com boa drenagem e com umidade abaixo da capacidade de campo (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

As principais formas de disseminação, podem ser a curtas distâncias por meio do transporte da água, seja pela chuva ou pela irrigação da área cultivada, e a longas distância, por meio do transporte de solo ou plantas contaminadas com o micélio de um lugar para outro (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

Outro fitopatógeno de solo muito estudado e responsável por causar danos em diversas culturas importantes é a *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn., que também caracteriza-se por ser cosmopolita e polífago, hospedeiros (BOTELHO; RAVA; LEANDRO, 2001).

Este fitopatógeno desenvolve-se bem em condições de chuva seguidas de frio subseguidas de clima quente. A temperatura entre 25 a 29°C é a condição ideal para o desenvolvimento da doença (HARTMAN; SINCLAIR; RUPE, 1999).

Segundo Yorinori (2000) o fungo *R. solani* pode ser disseminado pela chuva e pelo vento. O mesmo autor ainda afirma que o impacto das gotas de chuva sobre o solo provocam respingos com suspensão de micélio e basidiósporos que são levados para a superfície da planta, e disseminados pelo vento a longas distâncias.

Para os FHS, as medidas de controle são baseadas no método da exclusão, que consiste na prevenção da entrada do fitopatógeno na área. Para isto deve-se buscar utilizar sementes e mudas saudáveis, usar água de irrigação de boa procedência, sem indícios de contaminação por FHS, e evitar o transporte de solo e materiais contaminados de uma área para outra (GHINI, 2000).

O controle químico é realizado por meio de fumigantes do solo, como o brometo de metila, que diante seus malefícios provocados a saúde humana e ao ambiente, teve seu uso proibido em 2005 (FAN et al., 2005). De acordo com Gamliel, Austerweil e Kritzman (2000), o uso desses produtos promovem a erradicação da população microbiana do solo, provocando um fenômeno conhecido como vácuo biológico, que muitas vezes leva ao aumento da população de fitopatógenos de solo.

Outros métodos tem sido desenvolvidos para diminuir o uso de fumigantes no solo, como o uso de microrganismo antagonistas ao fitopatógenos, como *Pseudomonas* spp (Migula), *Trichoderma* spp. (Person)

(GEORGAKOPOULOS et al., 2002) que em cultivo hidropônico, os resultados têm sido promissores. Segundo Utkhede, Lévesque e Dinh (2000) aplicando-se *Bacillus subtilis* (Cohn) na concentração de 1×10^9 ufc/L do produto comercial Boost[®], as plantas de pepino tiveram um aumento de massa de 28,4%, quando comparado com o tratamento testemunha inoculado somente com *P. aphanidermathum*.

A solarização também é utilizado como medida de controle dos FHS, demonstrando bons resultados na redução no tombamento de plântulas de pepino, provocados por *P. aphanidermathum* (BARROS et al., 2004). Esse consiste no uso da cobertura plástica do solo durante 40 dias no período em que ocorra a radiação solar, pois há necessidade de temperaturas acima de 40°C para que ocorra a supressividade dos fitopatógenos (KATAN; DEVAY, 1991).

Outra técnica é a biofumigação, que consiste na incorporação de compostos orgânicos no solo, entre estes resíduos de brássicas e resíduos ricos em nitrogênio, que durante o processo de decomposição produzem substâncias tóxicas aos FHS (BLOK, et al., 2000). Moccellini (2008) utilizou essa técnica para o controle de *S. rolfsii*, fazendo-se o uso de resíduos de repolho incorporado ao solo, observando que na primeira dose (30 t ha^{-1}) o tombamento de plântulas de feijão diminuiu de 15,04% da testemunha para 8,65% na primeira dose.

1.2.2 Uso de brássicas no controle de fitopatógenos

As brássicas possuem em seus tecidos compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas, produzidos com a finalidade de protegê-las do ataque de doenças e insetos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Esse composto é conhecido como glucosinolatos, sendo responsáveis, ainda, pelo odor e pelo gosto característicos dessas espécies (DAS; TYAGI; KAUER, 2000).

De acordo com Manici et al. (2000), Mithen (2001) e Oerlemans et al. (2006), mais de 120 glucosinolatos já foram identificados. Estes compostos apresentam diferentes estruturas, sendo classificados como hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos, x-metiltioaquil e heterocíclicos glucosinolatos (FAHEY; ZALCMANN; TALALAY, 2001).

Juntamente com a produção de glucosinolatos, as brássicas produzem também a enzima mirosinase, que é responsável pela hidrólise desses compostos

em gases (BONES; ROSSITER, 1996; BROWN; MORRA, 1997; MITHEN, 2001). A reação entre a enzima e os glucosinolatos só ocorre quando há ruptura do tecido, pois, os compostos são produzidos em locais diferentes da planta. Quando a mirosinase e os glucosinolatos entram em contato ocorre a formação e liberação dos gases: isotiocianatos, nitrilas, tiocianatos, entre outros (MORRA; BOREK, 2010) (Figura 1).

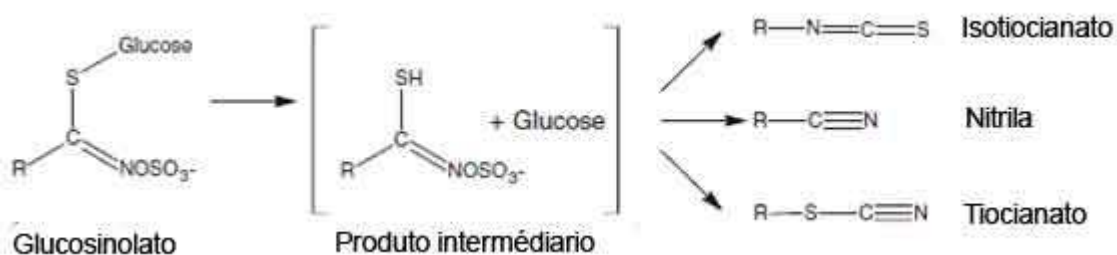


Figura 1 – Estrutura geral dos glucosinolatos e seus produtos hidrolisados. Fonte: Adaptada de Laegdsmand et al., 2007.

Os compostos voláteis produzidos possuem características inseticidas, nematocidas e fungicida (SMOLINSKA; HORBOWICZ, 1999; BLOK et al. 2000; SCHOENMAKER; GHINI, 2001), sendo utilizado no controle de FHS, além de possuírem efeito herbicida (NORSWORTHY; MEEHAN, 2005). Dos produtos hidrolisados, o que mais apresenta efeito sobre FHS são os isotiocianatos (BROWN; MORRA, 1997). Estes são compostos lipofílicos com baixa solubilidade água e que são rapidamente degradados pelo solo (RUMBERGER; MARSCHNER 2003; WARTON; MATTHIESSEN; SHACKLETON, 2003), sendo que a meia vida do isotiocianato é de dois dias, em temperatura de 20°C (BOREK et al.,1995).

Essa rápida absorção está relacionada a sua volatilização, por ser degradado por microrganismos do solo (MATTHIESSEN; SHACKLETON, 2003; WARTON; MATTHIESSEN; WARTON; SHACKLETON, 2004; GIMSING et al. 2006), e, principalmente, pela capacidade do isotiocianato em ligar-se ao grupo nucleofílico encontrada em solos orgânicos, (BOREK et al.,1995). Por isso é importante utilizar espécies que possuam em seus tecidos alto teor de glucosinolatos como é o caso da *Brassica napus* (canola) e *Brassica juncea* (mostarda da Índia) (KIRKEGAARD; SARWAR, 1998; GIMSING; KIRKEGAARD 2006).

Todas as espécies de brássicas produzem isotiocianatos, mas a quantidade produzida depende da espécie, sendo também influenciada pelo local de cultivo e pelos tratos culturais (SULTANA et al., 2002), determinando portanto, o potencial de biofumigação das espécies, devido a presença de glucosinolatos no tecido da planta e a da toxicidade dos compostos produzidos durante o processo de degradação (KIRKEGAARD; SARWAR, 1998). A espécie *B. juncea* é a espécie que apresenta maior poder de supressão dos FHS (KIRKEGAARD; WONG; DESMARCHELIER, 1996).

Aires et al. (2009) identificaram e quantificaram os diferentes glucosinolatos presentes no extrato de espécies de brássicas, que foram utilizados no controle do nematóide de cisto da batata (*Globodera rostochiensis* Wollenweber), (Tabela 1).

Tabela 1 – Glucosinolatos e suas concentrações ($\mu\text{moles } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) em extratos de Brássicas utilizados na supressão de *G. rostochiensis*.

Espécies de plantas		Glucosinolatos (GLS)	
Nome científico	Nome comum	Nome sistemático	Quantidade de GLS ($\mu\text{moles } 100\text{g}^{-1}$ MS)
<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>acephala</i>	Couve	3-metilsulfinilpropil	232.8 \pm 20.1
		2-fenetil	33.7 \pm 10.1
		2-propenil	639.4 \pm 10.0
		Total	905.9 \pm 13.4
<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>botrytis</i>	Couve-flor	3-metilsulfinilpropil	752.9 \pm 99.5
		2-fenetil	96.8 \pm 7.0
		2-propenil	391.8 \pm 63.2
		Total	1241.5 \pm 56.6
<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>italica</i>	Brócolis	3-metilsulfinilpropil	393.6 \pm 5.9
		2-fenetil	133.9 \pm 10.0
		4-metilsulfinilbutil	193.2 \pm 10.0
		Total	720.7 \pm 8.6
<i>Brassica rapa</i> var <i>rapa</i>	Nabo	Penta-4-enil	345.0 \pm 9.2
		3-metilsulfinilpropil	74.0 \pm 9.6
		But-3-enil	2453.5 \pm 55.2
		2-fenetil	275.1 \pm 10.0
		Total	3147.6 \pm 21.0
<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>tranchuda</i>	Repolho	3-metilsulfinilpropil	348.1 \pm 5.8
		2-fenetil	53.4 \pm 2.2
		2-propenil	400.2 \pm 10.9
		Total	801.7 \pm 7.2
<i>Nasturtium officinalis</i>	Agrião	2-fenetil	3439.2 \pm 127.7
		Total	3439.2 \pm 127.7

Fonte : Adaptada de Aires et al. (2009).

Estes autores observaram que apesar de todos os extratos reduzido o número de cistos nas raízes da batata a supressão do nematóide foi totalmente

dependente do extrato, da concentração e do tipo de glucosinolato apresentado no tecido. O extrato de agrião foi o que melhor demonstrou seu potencial de controle. Os autores atribuíram sua maior efetividade devido ao maior teor de 2-fenetil pois, para os ensaios em que o controle foi realizado com couve e repolho foi encontrado uma maior quantidade de cistos nas raízes das plantas, por apresentarem um baixo nível de 2-fenetil.

Por outro lado, trabalhos utilizando folhas secas e sementes de repolho para o controle de *R. solani*, *Pythium ultimum* Trow respectivamente, apresentaram bons resultados (GAMLIEL; STAPLETON, 1999; CHUNG, et al., 2002), demonstrando que a produção de glucosinolatos é totalmente dependente de espécie e local de produção, sendo necessário estudos detalhados de cada espécie para saber o seu real potencial.

Os resíduos de brássicas podem ser associados a solarização propiciando resultados satisfatórios, como os obtidos por Ramirez-Villapudua e Munnecke (1986), que associaram os resíduos de repolho com o uso da solarização para o controle de *Fusarium oxysporium* Snyder e Hanser. Estes autores constaram a eliminação dos propágulos do fungo após quinze dias de efetuado os tratamentos. Lodha, Sharma e Aggarwal, (1997), obtiveram um resultado semelhante, no controle de *Macrophomina phaseolina* Goid, apresentando uma redução de 75 a 96% na população do patógeno no solo.

Recentemente a biofumigação vem sendo utilizada no controle de FHS conhecido como biofumigação que consiste no uso de um filme plástico, sobre os resíduos das brássicas a fim de conter os gases produzidos durante o processo de degradação dos glucosinolatos (SARWAR, et al., 1998; OLIVER, et al., 1999).

Em estudos, *in vitro*, demonstram o efeito dos gases de diferentes brássicas no controle de alguns fitopatógenos. Kirkegaard.; Wong e Desmarchelier (1996) estudaram os efeitos dos compostos voláteis, presentes na raiz, no caule, sementes e tecidos de *B. napus* e *B. juncea*, no crescimento micelial de *R. solani* e *Pythium irregulare* Buisman. Estes autores concluíram que o efeito da supressão do fitopatógeno é depende do estágio de desenvolvimento da espécie, e que há uma variação entre espécies, sendo que a *B. juncea* foi mais supressiva na fase de floração e maturação, do que a *B. napus*. Observaram ainda que há uma variação na sensibilidade dos patógenos aos gases, sendo que a *R. solani* foi mais sensível do que *P. irregulare*.

Fan et al. (2005), obtiveram resultados semelhantes em que também testaram diferentes espécies de brássicas (couve chinesa (*B. alboglabra* L. H. Bailey), repolho, couve flor (*B. oleracea* var. *botrytis* L.), e folha de mostarda), no controle de vários fitopatógenos, e observaram novamente que a *B. juncea* teve maior poder de supressão sobre *Fusarium* sp. e *P. aphanidermathum*, confirmando que as espécies não possuem a mesma quantidade de glucosinolatos. No mesmo estudo observaram ainda que os tecidos da cabeça da couve-flor possuem uma maior quantidade glucosinolatos, que os demais tecido por ter maior supressividade sobre os fitopatógenos estudados, demonstrando também que os tecidos da mesma planta possuem quantidades de glucosinolatos diferentes. Assim sendo, é interessante conhecer, quais os isotiocianatos são mais tóxicos, em quais espécies estão presentes para obter um maior controle dos FHS.

Alguns estudos já foram desenvolvidos nesse sentido demonstrando que os isotiocianatos e seus derivados são tóxicos à diversos FHS. Smolinska e Horbowicz (1999), observaram que uma maior inibição na germinação de clamidósporos de *F. oxysporium* var. *radicis* f. sp. *lycopersi* Snyder e Hanser, estava relacionado a liberação do isotiocianato propinil, produzido pela *B. juncea*. Este isotiocianato, pode ser encontrado em altas concentrações em raízes de canola, por exemplo (Smolinska, 2000).

Diante do grande potencial da mostarda, Motisi et al. (2009), realizaram estudos a campo testando os mecanismos envolvidos no processo de biofumigação e o efeito da cultura da mostarda, sobre a incidência e severidade da podridão radicular em beterraba causada por *R. solani*. Observaram que há diferença na incorporação do resíduo no solo e o esmagamento da cultura, apesar de ambas apresentarem uma redução na incidência e severidade da doença, a incorporação teve um efeito adicional, diminuindo a atividade patogênica do fungo depois deste já ter iniciado a infecção na raiz.

Estudos preliminares realizados, a fim de conhecer o potencial do uso de sementes de mostarda como controlador de FHS, tem demonstrado o bom potencial das sementes como agente controlador. Como constatado por Fayzalla, El-barougy e El-rayes (2009), em que observaram uma redução de 25% no tombamento das plântulas em pré emergência, causadas por *F. oxysporium*. O mesmo pode ser observado para os demais FHS causadores de doenças radiculares em feijão, como *R. solani*, *M. phaseolina* e *S. rolfisii* com redução de 42,

25 e 30% no tombamento de plântulas, respectivamente. Concluíram também que após quatro meses de plantio, ocorreu uma redução de 69,5% na incidência das doenças.

Além disso as brássicas também podem controlar fitonematóides do solo. Neves et al. (2007) estudaram espécies de brássicas no controle de *Meloidogyne javanica* Göeldi na cultura do tomate. Os materiais orgânicos foram incorporados ao solo, com posterior cobertura plástica das unidades experimentais, reduzindo o número de galhas em 61,3; 60,8 e 46,8 %, quando utilizadas couve-flor, brócolis e mostarda, respectivamente. Os tratamentos em que só foi realizado a incorporação das brássicas, sem a cobertura plástica, os resíduos de brócolis foi o tratamento que melhor apresentou eficiência na redução do número de galhas, os demais não apresentaram diferenças quando comparados ao tratamento testemunha. Em relação ao número de ovos, o melhor controle foi encontrado com a incorporação da brócolis associada a solarização, apresentando uma redução de 93% em relação ao tratamento testemunha sem tratamento. Além disso os autores observaram que somente com a incorporação dos resíduos no solo, o número de ovos foi inferior ao tratamento testemunha em todos os tratamentos, confirmando o potencial do uso desses resíduos no controle do *M. javanica*, por meio da biofumigação.

Esses resultados corroboram com os de Lima (2006), no qual folhas desidratadas de mostarda reduziram em 99% o número de galhas e de ovos do *M. javanica* em plantas de tomate. Baptista et al. (2006), também ao avaliarem o uso de couve e brócolis no controle de nematoides em tomate, observaram essas espécies de plantas também diminuíram o número de galhas e ovos de *M. javanica*, além de reduzir a população final deste fitoparasita do solo.

A incorporação das brássicas no solo podem ainda melhorar a produtividade das culturas, pesquisas mostram ganho de massa da parte aérea das plantas. O uso de brócolis e couve-flor associado a solarização, e apenas a incorporação de brócolis no solo promoveram um ganho de 73, 66 e 62%, na massa das plantas do tomateiro, respectivamente (NEVES et al., 2007).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL ORGÂNICO

O repolho utilizado no estudo foi comprado em mercado local, e foi realizada uma análise físico-química, o qual apresentou a seguinte composição: umidade (91,5%), cinzas (0,78%), proteína bruta (0,85%), nitrogênio (1,13%), fósforo (0,10%), potássio (2,91%), cálcio (0,44%) e magnésio (0,10%).

A canola foi obtida em uma propriedade localizada em Dois Vizinhos, PR, coletada no estádio fenológico correspondente a floração plena da cultura.

O farelo de mostarda foi obtido na indústria alimentícia.

2.1 OBTENÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DOS INÓCULOS FÚNGICOS.

Os isolados de *S. rolfsii* e de *R.solani* foram obtidos no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O isolado de *Pythium* sp., proveniente de plantas de pepino, foi fornecido pelo Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ/ USP. Este foi multiplicado em cultivo de batata – sacarose – ágar (BSA: batata, 140 g.L⁻¹; sacarose, 10 g.L⁻¹ e ágar, 14 g.L⁻¹).

Para manter a patogenicidade do inóculo foram realizadas continuamente o teste de patogenicidade. Para isto adicionou-se junto ao colo das plântulas de pepino o meio de cultivo BSA, contendo o patógeno misturado à farinha de aveia, para estimular o desenvolvimento do patógeno. Com o aparecimento dos sintomas e formação de micélios, o fungo foi re-isolado em BSA acrescido de sulfato de streptomomicina (0,1%).

Para a multiplicação do inóculo foi preparado uma mistura de 250 g de areia lavada e 50 g quirera de milho (adquirida em supermercado), acrescido de 75 ml de água destilada, acondicionados em um vidro com capacidade de 800 ml. Posteriormente, a mistura foi auto-clavada por duas vezes durante uma hora, com intervalo de 24 h, a 120 °C à 1 atmosfera.

Para cada quilograma desse substrato foi adicionado $\frac{1}{2}$ placa de Petri com meio de BSA contendo a cultura de *Pythium* sp., previamente crescida por sete dias. O substrato contendo o patógeno foi acondicionado em sala de crescimento por sete dias em temperatura de (± 24 °C) com fotoperíodo de 12 h.

2.2 EFEITO DO USO DE FARELO DE CANOLA E MOSTARDA NO CONTROLE DE CRESCIMENTO MICELIAL DE FITOPATÓGENOS DE SOLO

Em placas de Petri (9 cm de diâmetro) contendo meio de cultura BSA foram colocados discos de BSA de 5 mm de diâmetro contendo o micélio dos fitopatógenos *Pythium aphanidermathum*, *Rhizoctonia solani* e um escleródio de *Sclerotium rolfisii*, por placa. Os tratamentos foram constituídos de 0; 0,005; 0,010; 0,015; 0,020 e 0,025 mg de farelo de canola e mostarda, correspondentes as concentrações de 0, 5, 10, 15, 20 e 25%. Cada dose foi depositada nas tampas das placas com 0,1 ml de água destilada esterilizada, para cada 0,005 mg. Tendo a tampa como base, as placas foram fechadas e devidamente vedadas com papel filme, acondicionando-as em sala de crescimento à ± 24 °C (Figura 2).



Figura 2 – Repicagem do *Sclerotium rolfisii* em meio de cultura (A e B); Adição do farelo de mostarda na tampa da placa de Petri (C); Adição da água destilada esterilizada (D); vedação da placa com papel filme (E) e sala de crescimento (F). Fotos e edição de imagem: autora.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado constituído de um fatorial $2 \times 2 \times 6$, com quatro repetições. As medições do

crescimento micelial foram realizadas diariamente, com o auxílio de uma régua graduada, até que uma das placas do tratamento testemunha atingisse a borda da placa. A metodologia utilizada foi baseada em Dandurand, Mosher e Knudsen (2000), com modificações.

2.3 EFEITO DA BIOFUMIGAÇÃO COM DIFERENTES DOSES DE REPOLHO INCORPORADO AO SOLO PARA O CONTROLE DE *Pythium aphanidermathum*

O solo utilizado para a realização do trabalho foi retirado da área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco. Este solo pertence a unidade de mapeamento latossolo vermelho distroférico, textura argilosa, álico, fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado (BHERING et al., 2008).

Em sacos plásticos, utilizados para acondicionamento de alimentos, contendo sistema de fecho, com capacidade de 800g, foi colocado 500 g de solo + 10 g de substrato, composto por areia, quirera de milho e micélio de *P. aphanidermathum*, conforme descrito no item 2.1. Estes permaneceram distribuídos casualizadamente em sala de crescimento a 24°C ± 2 com fotoperíodo de 12h durante sete dias para o desenvolvimento do fitopatógeno. Após esse período de incubação, os sacos plásticos foram umedecidos com 30 ml de água e receberam diferentes doses de repolho triturado: 0, 75, 150, 225 e 300 g, correspondentes a dose aplica em 1 hectare (DRTCH) de 0, 30, 60, 90 e 120 t ha⁻¹, calculada pela equação $DRTCH = \frac{(RM * SS)}{SM}$, em que RM corresponde a gramas de repolho por m²,

SS a gramas de solo por saquinho e, SM a gramas de solo por m².

Posteriormente, os sacos plásticos foram vedados, novamente e colocados em câmara de crescimento com temperatura controlada de 22 °C, a fim de simular o efeito de biofumigação observado no campo, sendo retirados após 15 dias.

O solo de cada saco plástico foi acondicionado em dezesseis células de uma bandeja de polietileno de 128 células, semeando-se após sete dias, para que a decomposição do repolho fosse completa nas maiores doses. Nas células foram semeadas uma semente de pepino caipira (variedade: Tall Top Early Wonder; Germinação: 94%) por célula, para avaliar a emergência e o tombamento das

plântulas em casa de vegetação. As bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação com temperatura controlada ($28^{\circ}\text{C} \pm 2$). O percentual de emergência das plântulas foi obtido, comparando-se o número de plântulas emergidas com o total de sementes utilizadas. Diariamente, em um período de vinte dias, realizou-se a contagem das plântulas tombadas de forma a se obter o percentual de tombamento. A irrigação das plântulas foi realizada diariamente.

Concluído a coleta de dados das plantas, o solo foi retirado das bandejas para avaliações da atividade microbiana e fertilidade do solo.

A avaliação da atividade microbiana foi realizada por meio do desprendimento de CO_2 , utilizando-se 100 g de solo homogeneizado e peneirado (peneiras de quatro milímetros) para cada repetição. As amostras de cada repetição foram incubadas no escuro a 20°C em recipientes de 2 L, hermeticamente fechados, contendo uma tampa de uma placa de Petri com 10 ml de KOH a 0,5 N,. Dois outros recipientes, contendo apenas 10 ml de KOH a 0,5 N nas placas de Petri, foram mantidos como controle. Após 15 dias de incubação, o KOH foi titulado com HCl 0,5N.

Todas as plantas foram colhidas e juntamente com o solo foram descartadas. Em seguida foi realizado um segundo cultivo constituído dos mesmos tratamentos e avaliações.

2.4 USO DE DIFERENTES DOSES DE CANOLA TRITURADA NO CONTROLE DE *Pythium aphanidermathum*

O experimento foi instalado na área experimental da UTFPR, conforme solo descrito no item 2.3. O efeito das diferentes doses de canola sobre *P. aphanidermathum*, foi avaliado em parcelas de 1 m^2 , sendo o solo infestado com 100g de substrato por m^2 , contendo micélio do fitopatógeno, cinco dias antes da aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos foram constituídos por canola triturada e incorporada ao solo nas doses de 0, 30, 60, 90 e 120 t ha^{-1} . Depois de incorporados os tratamentos o solo foi irrigado com 10 L de água e, logo em seguida foram colocados os filmes plásticos tipo dupla-face com 4 m^2 de área. Enterrou-se 0,25m

do plástico com 0,25m de bordadura, em que a parte branca ficou para cima e a parte escura ficou em contato com o solo (Figura 3 e 4).

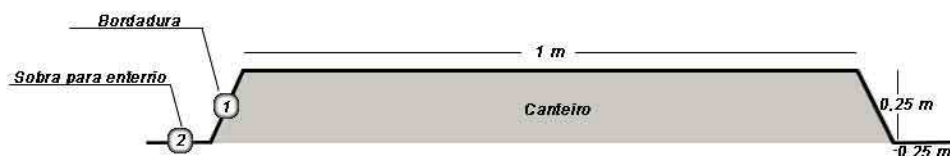


Figura 3 – Representação esquemática das parcelas cobertas com lona. Edição de imagem: autora



Figura 4 – Incorporação da canola triturada no solo (A); irrigação da parcela (B); cobertura plástica sobre a parcela (C); parcela pronta (D). Fotos e edição de imagem: autora

O filme plástico permaneceu sobre o solo durante 10 dias. Decorridos oito dias da retirada do plástico, foram realizadas as coletas de solo em cinco diferentes pontos de cada parcela utilizando-se um trado tipo holandês, formando uma amostra composta. As amostras de solo foram utilizadas para a avaliação da condutividade elétrica, atividade microbiana, análise química, sobrevivência do patógeno e para a implantação de um experimento em casa de vegetação com

pepino. Nesse experimento a montagem e avaliação do experimento em bandejas foram as mesmas do experimento descrito no item 2.3

O experimento foi conduzido no período de inverno, em que foi registrado média de temperatura ambiente de 10,44°C. Para o registro da temperatura foram instalados Dataloggers em uma repetição de cada tratamento.

Para avaliar a sobrevivência do patógeno utilizou-se a metodologia adaptada de Lour, Alves e Bouhot (1986). Para isto utilizou-se copos descartáveis, 80 ml de solo desinfestado (auto-clavado durante uma hora a 100 °C a 1 atm) e umedecido com água destilada e esterilizada. Foram semeadas cinco sementes de pepino por copo, e acondicionadas em sala de crescimento, com temperatura controlada de 24°C \pm 2 com fotoperíodo de 12h. Quando as plantas atingiram o estado de cotilédones abertos, os copos foram retirados da sala de crescimento, solo retirado das parcelas a campo, acrescido de 0,5 g de aveia em pó, no nível do colo das plantas em um volume constante necessário para cobrir a base do caule até 1 cm de altura. O solo foi umedecido com água destilada esterilizada, e os copos foram acondicionados novamente em sala de crescimento. Após quatro dias foram retirados da sala de crescimento para a realização das avaliações para observar a presença do patógeno. A avaliação foi realizada mediante a observação de sintomas típicos de tombamento de planta.

A condutividade elétrica foi avaliada utilizando-se 10 g de solo, o qual foi acondicionado em um recipiente de vidro de 50 ml de capacidade e adicionado 25 ml de água destilada e deionizada, em seguida, este foi submetido à agitação a 120 rpm durante 15 minutos. Após decantação por 30 minutos, foi retirada uma alíquota de 10 ml, com auxílio de uma pipeta de Pasteur, sendo que em seguida, foi realizada a transferência para um recipiente de vidro (snap de 15 ml), onde se determinou a condutividade elétrica por meio de um condutímetro (DIGIMED DM-31)

A análise da atividade microbiana foi feita conforme descrita para o item 2.3.

Após o término no primeiro cultivo o solo e as plântulas de pepino foram descartados e uma nova coleta de solo foi realizada para a condução do segundo cultivo, sendo realizadas as mesmas avaliações..

No segundo experimento, procedeu-se a semeadura do pepino nas parcelas de campo onde inicialmente a canola triturada havia sido incorporada,

utilizando-se 50 sementes, as quais foram distribuídas por toda extensão de cada parcela. O percentual de emergência das plântulas foi obtido, comparando-se o número de plântulas emergidas com o total de sementes semeadas. Fez-se também a avaliação do número de plantas tombadas e a determinação da massa verde e seca das plantas de cada parcela.

Esse experimento foi implantado nos meses de outubro e novembro apresentando temperatura média entre 18,93 e 19,8°C, respectivamente.

O experimento foi realizado em dois cultivos e organizado em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições por tratamento.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de todos os experimentos foram submetidos à análise de pressupostos matemáticos, verificando a aditividade do modelo, a normalidade dos erros, a heterogeneidade das variâncias dos erros, e aleatoriedade dos dados. Sendo as pressuposições atendidas, procedeu-se a análise de variância seguido de análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade do erro tipo I.

Para a análise estatística do experimento: “Efeito do uso de farelo de canola e mostarda no controle de crescimento micelial de fitopatógenos de solo”, foi utilizado o software estatístico GENES (CRUZ, 2006). Para os demais foi utilizado o software estatístico R (R DEVELOPEMENT CORE TEAM, 2010).

No experimento: “Uso de diferentes doses de canola triturada no controle de *Pythium aphanidermathum*”, os dados de emergência e tombamento, realizados para obtenção da sobrevivência foram submetidos à análise da variância após os dados serem transformados por $\arcsen x$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 EFEITO DO USO DE FARELO DE CANOLA E MOSTARDA NO CONTROLE DE CRESCIMENTO MICELIAL DE FITOPATÓGENOS HABITANTES DO SOLO

Por meio da análise da variância, observou-se que houve uma interação significativa entre os fatores: doses, fitopatógenos e substratos, caracterizando uma interação trifatorial para a variável crescimento micelial ($P \leq 0,05$). Todas as doses de farelo de canola e mostarda apresentaram uma redução no crescimento micelial dos três diferentes FHS testados, *P. aphanidermathum*, *R. solani* e *S. rolfsii* (Figura 5A e 5B).

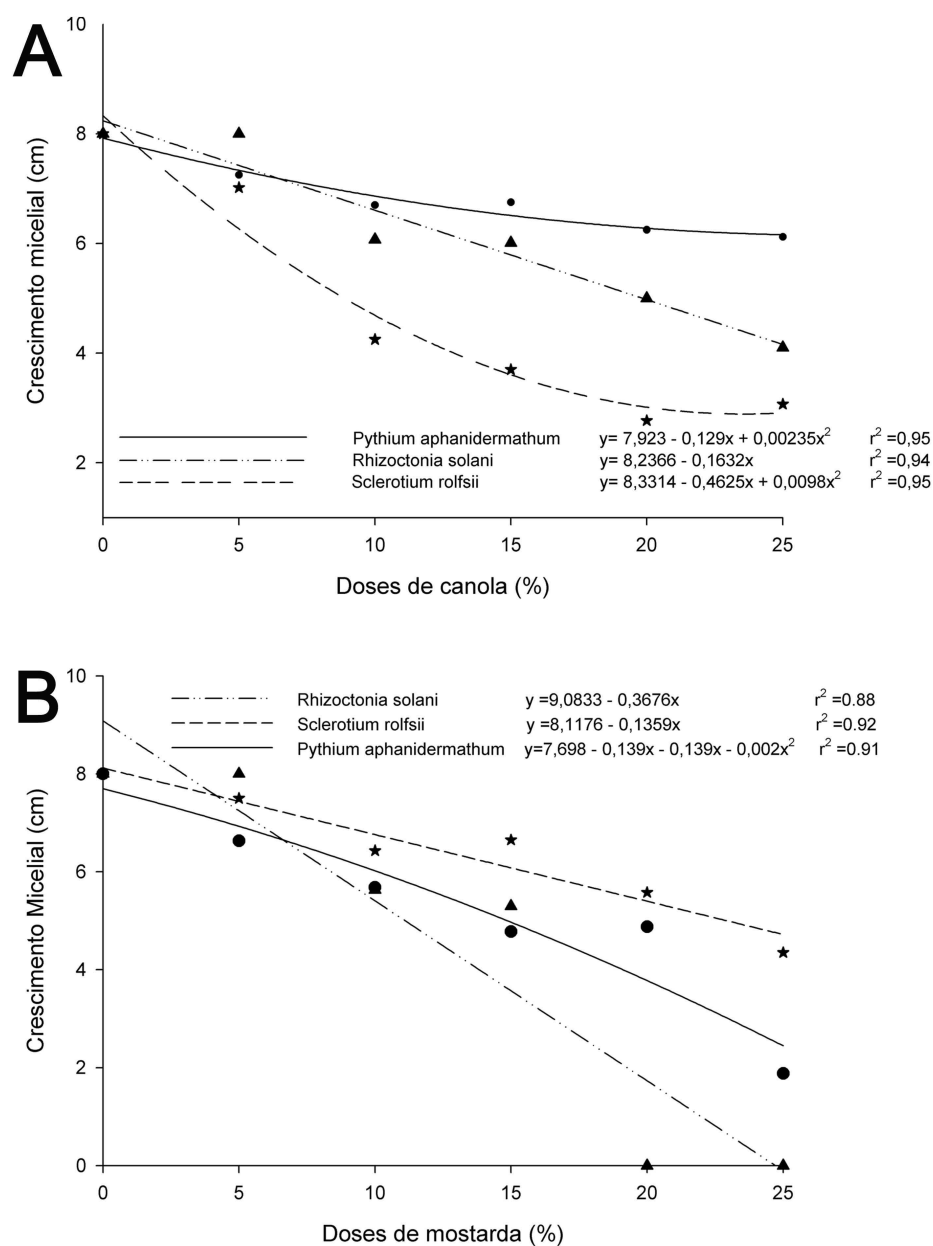


Figura 5 – Avaliação do crescimento micelial de *Pythium aphanidermathum*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*, após serem cultivados por oito dias em meio de cultivo contendo diferentes doses de farelo de canola (A) e mostarda (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

A redução no crescimento micelial dos fitopatógenos, está relacionada ao fato dos farelos de canola e de mostarda serem formados a partir de plantas pertencentes à família das brássicas, que durante o processo de decomposição dos tecidos ou do farelo, formam isotiocianatos, que são compostos voláteis tóxicos aos fitopatógenos.

Pode-se observar que entre os substratos vegetais testados os FHS comportaram-se de maneiras distintas (Figura 5). O fungo *S. rolfsii* apresentou maior sensibilidade ao farelo de canola, diferindo significativamente dos demais microrganismos em que a mostarda expressou maior poder de supressão.

Observa-se ainda que o *P. aphanidermathum*, apresentou um maior controle no crescimento micelial quando submetido às maiores doses de farelo de mostarda, mostrando-se sensível aos gases produzidos pelo farelo de mostarda. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Fan, et al. (2005), que estudaram o efeito de nove brássicas no controle de alguns FHS, dentre eles o *P. aphanidermathum*, que também apresentou inibição no crescimento micelial quando submetido ao efeito dos gases produzidos pela mostarda, demonstrando que este é mais sensível às concentrações de isotiocianatos presentes nessa espécie de brássica.

O mesmo efeito pode ser observado para o crescimento micelial de *R. solani*, que foi totalmente inibido nas maiores concentrações de mostarda. Esses dados corroboram com Dhingra et al. (2004), que realizaram ensaios utilizando diferentes concentrações de óleo essencial de mostarda. Estes autores observaram que na maior dose (150 ml/L) não ocorreu crescimento micelial, enquanto que nas doses intermediárias (25 e 50 ml/L) a *R. solani* apresentou baixo crescimento, 5 e 3 cm, respectivamente, demonstrando também a sensibilidade da *R. solani* aos gases produzidos pela mostarda.

O fato da *R. solani* possuir uma menor sensibilidade a canola, também concorda com o que foi observado por Cohen, Yamasaki e Mazzola (2005). Em pesquisa à campo, estes autores estudaram o efeito da incorporação de canola sobre o desenvolvimento de *R. solani* no cultivo da maçã, e observaram que apesar do número de infecções terem diminuído, o fitopatógeno continuou se desenvolvendo, pois observaram que havia presença de hifas nos locais do cultivo.

Outro estudo, em que o uso de brássicas é tido como agente de controle de FHS, causadores de doenças de solo em batata, demonstrou que a mostarda obteve maior poder de inibição no desenvolvimento de *F. oxysporum*, *R. solani*, *Phytophthora erythroseptica* Pethyber e *P. ultimum* (LARKIN; GRIFFIN, 2007). Isso ocorreu principalmente em função da *B. juncea* ser a espécie brássica com maior produção de isotiocianatos tóxicos aos FHS (CHARRON; SAMS, 1999; SMOLINSKA; HORBOWICZ, 1999; LARKIN; GRIFFIN, 2007).

Esse efeito pode estar relacionado ao grau de sensibilidade do fitopatógeno aos compostos produzidos pelas diferentes espécies de brássicas, que possuem produtos e concentrações diferentes (KIRKEGAARD; WONG; DESMARCHELIER, 1996).

Potter, Davies e Rathjen (1998) observaram que a mostarda possui altos níveis do isotiocianato 2-propenila, sendo o único formado durante o processo de decomposição da brássica, e considerado o mais tóxico aos microrganismos. O contrário pode ser observado para *B. napus*, em que apesar de formar diferentes isotiocianatos, os níveis desses são baixos, refletindo no menor poder de supressão desta espécie. Mas ainda, segundo os mesmos autores, o que influencia no processo de inibição dos microrganismos, muitas vezes, não é a quantidade total formada de isotiocianatos, mas o tipo formado. Assim, concluí-se que o *S. rolfsii* apresenta maior sensibilidade a canola do que a mostarda, provavelmente por ser mais sensível ao tipo de isotiocianato formado pela canola.

3. 2 EFEITO DA BIOFUMIGAÇÃO COM DIFERENTES DOSES DE REPOLHO SOBRE *Pythium aphanidermathum*

A incorporação ao solo de resíduos de repolho para o controle de *P. aphanidermathum* em pepino foi significativo, apresentando um aumento na emergência e redução no tombamento. O percentual de emergência teve uma tendência cúbica ($r^2 = 0,97$), diminuindo na primeira dose (30 t ha⁻¹), aumentando o percentual a partir da dose de 40 t ha⁻¹. Para o segundo cultivo, a tendência significativa foi quadrática ($r^2 = 0,80$), mas o efeito das doses sobre a variável resposta foi a mesma para ambos os cultivos (Figuras 6A e 6B).

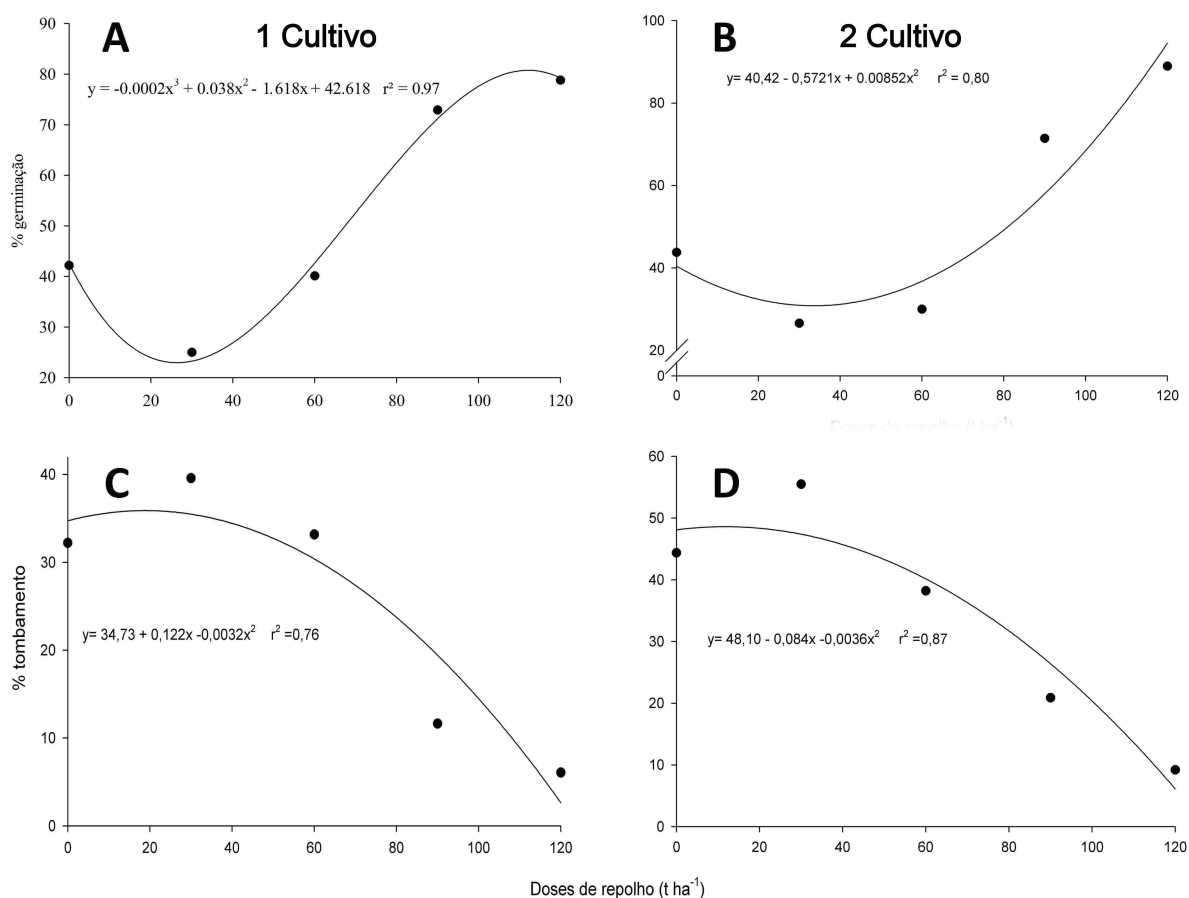


Figura 6 – Efeito das doses de repolho triturado e incorporados ao solo por 15 dias, sobre a germinação de sementes de pepino ‘Caipira’ no primeiro (A) e segundo cultivos (B), e no tombamento de plântulas de pepino ‘Caipira’ causados por *P. aphanidermathum*, no primeiro (C) e segundo cultivos (D). UTFPR, Campus, Pato Branco, 2011.

No percentual de plântulas tombadas, ocorreu uma tendência quadrática ($r^2 = 0,76$), observando-se que na primeira dose ocorreu um aumento no tombamento de plântulas de pepino. Esse efeito foi confirmado no segundo cultivo (Figura 6C e 6D).

Por meio da análise dos gráficos presentes na figura 6, observa-se que o comportamento das variáveis, em ambos os cultivos, são semelhantes. A dose de 30 t ha^{-1} diminuiu o percentual de germinação e aumentou o percentual de plântulas tombadas causados por *P. aphanidermathum*. É provável que nesta dose a quantidade de gases produzidos durante o processo de decomposição do repolho seja muito pequena para inibir a ação do fitopatógeno. Assim, nas doses onde a quantidade de gases não foi suficiente para incrementar a emergência ou reduzir o tombamento, o repolho serviu de substrato, estimulando a multiplicação e ação do fitopatógeno.

Silva et al. (2007), utilizando repolho para o controle de *S. rolfsii*, observaram que o tombamento de plântulas de feijão aumentou nas primeiras doses (30 e 60 t ha⁻¹), diminuindo o percentual de tombamento a partir da dose de 90 t ha⁻¹, reforçando a teoria citada anteriormente, em que as primeiras doses serviram de substrato para o fitopatógeno.

No presente trabalho, observa-se que a partir da dose de 30 t ha⁻¹, ocorre o aumento do percentual de emergência e uma redução no tombamento a partir da dose de 40 t ha⁻¹, sendo que somente na dose de 60 t ha⁻¹ ocorre à produção de isotiocianatos suficientes para obtenção do controle do *P. aphanidermathum*.

Mas, Moccellin (2008) observou um controle efetivo para *S. rolfsii*, na primeira dose (30 t ha⁻¹), reduzindo a severidade e tombamento de feijão de 14,97 e 15,04% da testemunha, respectivamente, para 8,42 e 8,65 para a primeira dose, respectivamente. E, conforme aumentava-se as doses de repolho triturado diminuía-se o tombamento de plântulas de feijão, apresentando na dose de 120 t ha⁻¹ uma severidade de 4,17 e 6,53% de tombamento, confirmando a eficiência no uso dessa espécie de brássica para o controle de FHS.

A redução da doença pode estar relacionado ao fato que as espécies de brássicas produzem gases tóxicos durante o processo de decomposição. Como todas as brássicas o repolho possui em seus tecidos glucosinolatos, que durante o processo de degradação produzem gases conhecidos como isotiocianatos, que são tóxicos aos FHS (BENDING; LINCOLN, 1999, MATTHIESSEN; KIRKEGAARD, 2006).

Gamliel e Stapleton (1993), observaram que a incorporação de resíduos de repolho reduziram o número de propágulos de *Sclerotium rolfsii* e *P. ultimum*. Observaram ainda que o uso de repolho sem cobertura plástica reduziu o número de galhas causadas por *M. javanica* em tomateiro e que todas as brássicas testadas com ou sem uso de cobertura plástica apresentaram redução no número de ovos do fitonematóide em relação a testemunha.

O mesmo pode ser observado no presente trabalho, no qual ocorreu somente o efeito da biofumigação, uma vez que o solo com o repolho incorporado e acondicionado em recipiente lacrado e mantido em câmara de crescimento em temperatura controlada de 22°C durante 15 dias.

Dessa forma, pelos os resultados obtidos deste trabalho conclui-se que a biofumigação é uma alternativa à solarização para o controle das doenças em pepino induzidas por *P. aphanidermatum*, com a vantagem de poder ser realizado no inverno, sem a necessidade de esperar o aumento das temperaturas e deixar a área coberta por um longo período para poder obter os resultados satisfatórios da solarização.

Um outro fator que pode ter auxiliado no controle do fitopatógeno é o aumento da atividade microbiana do solo, conforme aumentava-se as doses de repolho (Figura 7).

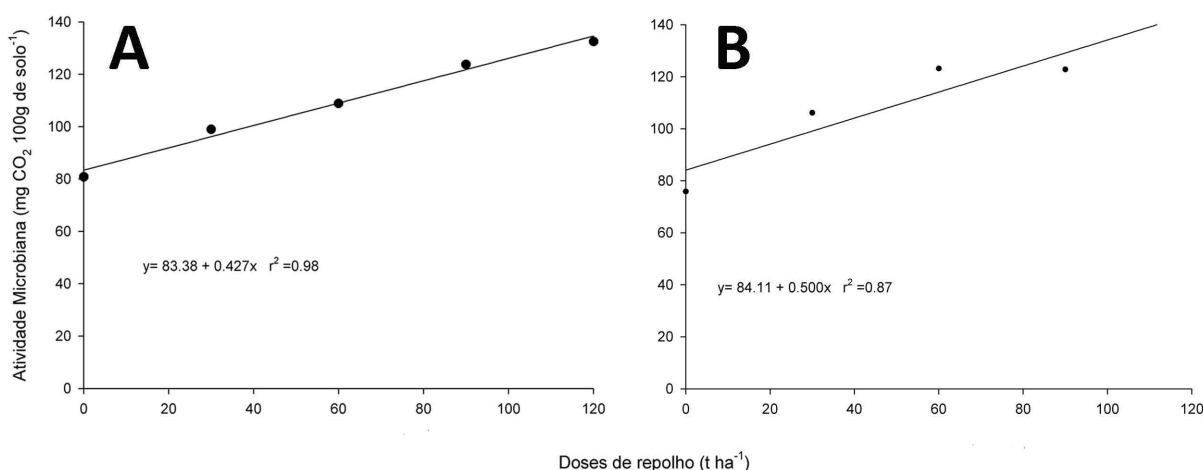


Figura 7 – Efeito das doses de repolho triturado e incorporados ao solo por 15 dias, sobre a atividade microbiana no primeiro (A) e no segundo cultivo (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Esse aumento na atividade microbiana ocorre porque a incorporação de repolho triturado estimula o desenvolvimento de microrganismos no solo, e alguns podem ser antagonistas ao *P. aphanidermathum*, contribuindo para o controle deste patógeno. (BAILEY; LAZZAROVITS, 2003). Moccellin (2008), observou que nas parcelas onde haviam presença de repolho, constatou-se a presença do antagonista *Trichoderma* spp., e que conforme aumentava-se a quantidade de repolho triturado maior foi a presença deste antagonista no solo das parcelas.

A crescimento populacional desses microrganismos no solo gera a competição, predação, parasitismo entre as diferentes população de microrganismos e nesse momento de disputa pelo alimento ocorre a produção de enzimas hidrolíticas pelos microrganismos do solo (DIAB, 2003) liberados na decomposição

da matéria orgânica do repolho triturado que podem ter influenciado no controle das doenças.

Por outro lado, o aumento da atividade microbiana no solo possibilitou, possivelmente, a maior mineralização da MO advinda do repolho triturado incorporado ao solo e/ou daquela pré-existente no solo favorecendo a liberação de macro e micronutrientes atuantes no sistema de defesa da planta como o potássio, embora a literatura não evidencie esse mecanismo de ação.

Na análise de fertilidade do solo, observar-se que a quantidade de nutrientes no solo foram muitos distintos, não sendo possíveis relacioná-los ao controle do fitopatógeno. Apenas, o potássio apresentou significância ($P \leq 0,01$), aumentando sua concentração conforme o aumento das doses de repolho vindo a reforçar o que foi abordado acima (Figura 8).

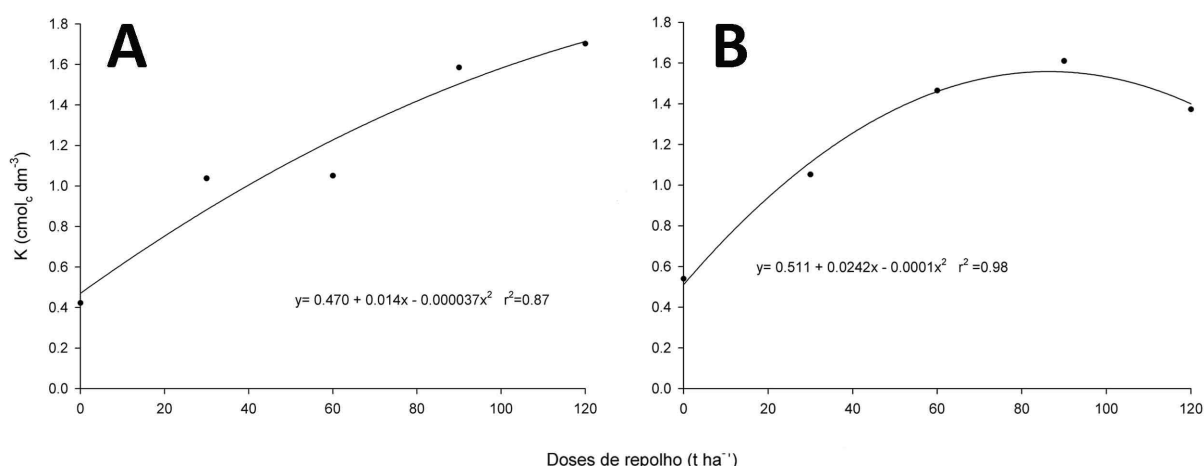


Figura 8 – Efeito das doses de repolho triturado e incorporado sobre o solo por 15 dias, sobre o teor de potássio, no primeiro (A) e segundo cultivo (B). UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Esse aumento também está relacionado ao fato do repolho apresentar alta concentração de K nos seus tecidos (2,91%).

Tabela 2 – Análise físico-química do repolho utilizado no desenvolvimento do trabalho. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Proteína bruta	Nitrogênio	Análise físico-química				Umidade	Cinzas
		Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio		
0,85	1,13	0,10	2,91	0,44	0,10	91,5	0,78

De acordo com Zambolim e Ventura (1993), quando o solo apresenta uma deficiência de potássio, a planta fica mais suscetível ao ataque de doenças por apresentar uma redução na síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose), enquanto que os compostos orgânicos de baixo peso molecular acumulam-se.

Contudo esse aumento do potássio nas parcelas onde foi incorporado o repolho, não contribuiu para o controle da doença, pois os solos da região apresentam altos índices de potássio, assim nas parcelas onde não foi incorporado o repolho, já havia potássio suficiente. Quando ha um aumento no nível de potássio na planta, além do nível ótimo não ha efeitos substanciais nos constituintes orgânicos e nem na resistência a doenças (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

Por outro lado, existe um potencial no uso do repolho em solos com deficiência deste nutriente, devido a alta concentração de potássio nos tecidos de repolho, com potencial tanto para fins de nutrição quanto para a resistência a doenças.

3.3 USO DE DIFERENTES DOSES DE CANOLA TRITURADA NO CONTROLE DE *Pythium aphanidermathum*

Para o primeiro experimento, realizado em bandejas de cultivo, a análise de variância não evidenciou interação significativa entre os fatores tratamento e cultivo, quando o percentual de emergência de plantas foi avaliado. No entanto, para os fatores tratamento e cultivo a análise de variância ($P \leq 0,01$ e $0,05$) indicou diferença significativa entre os níveis dos fatores testados, respectivamente.

Independentemente do cultivo realizado, em casa de vegetação ou à campo, o percentual de emergência das plantas apresentou uma tendência linear ascendente ($r^2 = 0,81$), de acordo com o aumento das doses de canola triturada utilizadas (Figura 9).

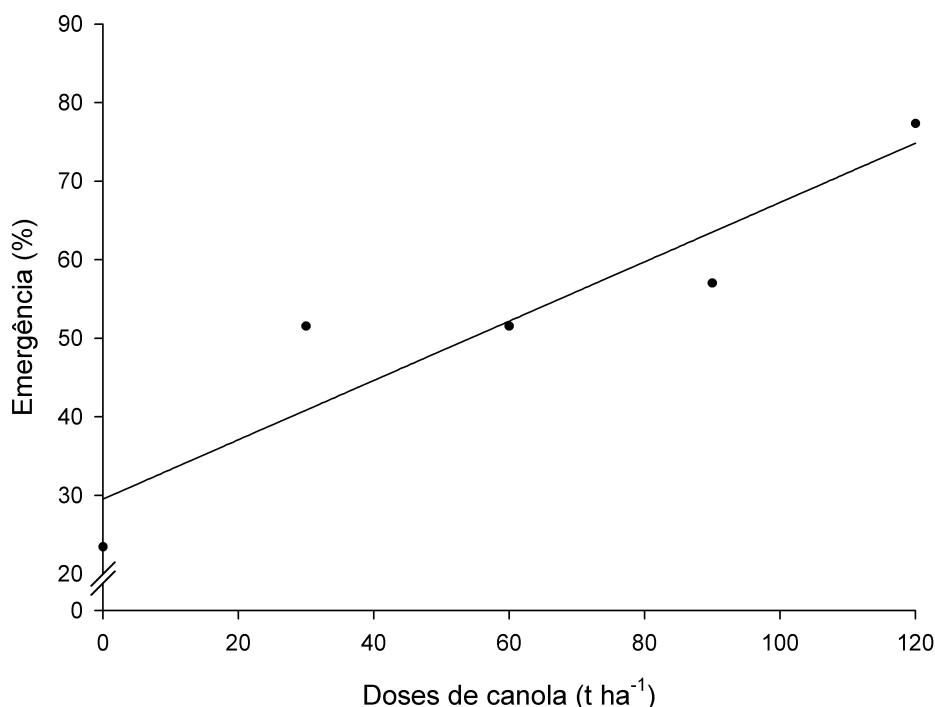


Figura 9 – Efeito das doses de canola triturada incorporada ao solo por 10 dias, sobre o percentual de emergência de plântulas de pepino, em experimento realizado em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

No decorrer dos 21 dias, em que o experimento ficou a campo, não foi observado tombamento de plântulas em pós-emergência.,

Em relação aos cultivos realizados em bandejas na casa de vegetação, verificou-se diferença significativa entre o primeiro e segundo, sendo que o segundo apresentou um aumento de 22,8% no percentual de plântulas emergidas em relação ao primeiro cultivo (Tabela 3).

Tabela 03 – Emergência (%), massa seca de plântulas de pepino (g) e atividade microbiana do solo (mg CO₂ 100 g solo⁻¹), tratado com doses crescentes de canola triturada incorporadas ao solo por 10 dias em experimento realizado em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Cultivo	Emergência * (%)	Massa seca ** (g)	Atividade Microbiana ** (mg CO ₂ 100 g solo ⁻¹)
1	46,56 b	0,26 b	68,80 b
2	57,19 a	0,44 a	91,00 a
Média	52,19	0,35	77,40
C.V. (%)	28,20	50,34	18,40

* significativa a 5% de probabilidade do erro tipo I pelo teste F.

** significativo a 1% de probabilidade do erro tipo I pelo teste F.

Para a atividade microbiana do solo verificou-se variação significativa entre os cultivos, pela análise da variância ($P \leq 0,01$). De maneira semelhante ao percentual de emergência das plântulas de pepino, a atividade microbiana do solo foi 32,26% maior no segundo cultivo se comparado ao primeiro (Tabela 3).

A atividade microbiana é um dos fatores que justificam o aumento da emergência entre os cultivos, uma vez que ela está relacionada à adição de matéria orgânica no solo. A incorporação de matéria orgânica no solo serve como fonte energética para os microrganismos do solo, provendo a multiplicação e crescimento microbiano e por, consequência, o aumento populacional (CARDOSO, 1992). Esse aumento dos microrganismos gera competição entre as populações, sendo que o ambiente selecionará os mais competitivos. Assim, é normal que ocorra um estímulo de ação dos microrganismos antagonistas sobre os FHS (LAZZAROVITS; ABASI; CONN 2006) causadores de doenças, o que por, consequência auxilia no aumento da emergência das plântulas como aumentou nesse estudo.

A utilização de farelo de semente de canola no controle de *R. solani* na podridão de raiz de maçã provocou um aumento da população microbiana, induzindo a redução do número de infecção das raízes (COHEN; YAMASAKI; MAZZOLA, 2005) e o aumento na comunidade de *Streptomyces* spp. De acordo com Mazzola e Gu (2000), a população de *Streptomyces* spp. libera antibióticos e metabólitos secundários tóxicos aos microrganismos habitantes do solo.

Isso reforça a idéia que a adição de matéria orgânica pela incorporação de canola ao solo, auxiliou no controle de *P. aphanidermathum*, pelo aumento da atividade microbiana do solo, representada em maior parte pela população antagonista do fitopatógeno estudado.

Vale ressaltar ainda, que apesar de terem decorridos 21 dias entre os cultivos realizados, quando foi realizado a segunda coleta de solo para realização do cultivo sequente, observou-se nas parcelas a presença de canola triturada. Nesses locais, ainda estava ocorrendo o processo de decomposição da canola e consequentemente, os microrganismos do solo estavam em atividade.

De acordo com Gamliel (2000), outro fator que contribui para a supressividade do fitopatógeno é a formação de gases tóxicos durante o processo de decomposição dos compostos orgânicos, juntamente com o aumento da atividade microbiana formada nos solos tratados.

A formação de gases no presente experimento ocorre em função da canola pertencer a família das Brássicas, a qual apresenta representantes com tecidos constituídos por compostos orgânicos conhecidos como glucosinolatos, que durante o processo de decomposição formam gases biocidas: cianetos orgânicos, oxazolidinones, tiocianato iônico, glicose, e isotiocianatos (MAYTON et al., 1996, MORRA ; BOREK, 2010).

Vários estudos demonstram o potencial das brássicas para o controle de FHS. Fazendo-se uso de sementes de mostarda para o controle de *Fusarium oxysporium* em soja, constataram uma redução de 25% no tombamento das plântulas em pré-emergência, com 62,5% de plantas saudáveis, quando comparados ao tratamento testemunha (FAYZALLA et al., 2009).

Larkin e Griffin (2007), testando diferentes brássicas como adubos verdes para o controle de FHS causadores de podridões e murchas em batata, verificaram que apesar da mostarda ter apresentado o melhor controle entre todas as espécies por ter maior produção de isotiocianatos tóxicos aos FHS, a canola se destacou no controle da incidência de cancro da haste e sarna negra na cultura, doenças causadas por *R. solani*.

Isso corrobora com os resultados do presente trabalho, em que o aumento do percentual de emergência das plantas de pepino foi paralelo ao aumento das doses de canola triturada, possivelmente, pelo aumento da produção de gases tóxicos que inibiram a incidência da doença induzida por *P. aphanidermathum*.

A produção dos gases ocorre por meio da atividade da enzima mirosinase, que está presente nos tecidos das brássicas dentro de vacúolos. Deste modo, é necessário que haja a quebra do tecido e a presença de água para que a enzima seja transportada até o local onde se encontram os glucosinolatos para que seja desencadeado a degradação do composto orgânico (MORRA; BOREK, 2010). Outra possibilidade de degradação dos glucosinolatos é por meio da ação de alguns microrganismos que possuem a capacidade de produzir mirosinase (SAKORN et al., 2002; RAKARIYATHAM et al., 2005), como *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus cavatus* Desmazieres, *Escherichia coli* Castellani e Chalmers, entre outros (MORRA; BOREK, 2010). Isso pode ter contribuído também para o aumento da emergência de plântulas de pepino no segundo cultivo, pois a atividade microbiana foi maior. Ainda, a presença de resíduos de canola após a retirada das

lonas pode ter contribuído para que a produção dos gases tóxicos tenha continuado ocorrendo.

A condutividade elétrica (CE) também é um fator que está relacionado ao controle de *P. aphanidermathum*, por meio da incorporação de canola triturada no solo. A análise da variância ($P \leq 0,01$) evidenciou interação significativa entre os fatores tratamento e cultivo para a CE. Tanto no primeiro quanto no segundo cultivo a CE respondeu de maneira quadrática ($r^2 = 0,79$; $r^2 = 0,75$, respectivamente), de acordo com as doses de canola utilizadas (Figura 10).

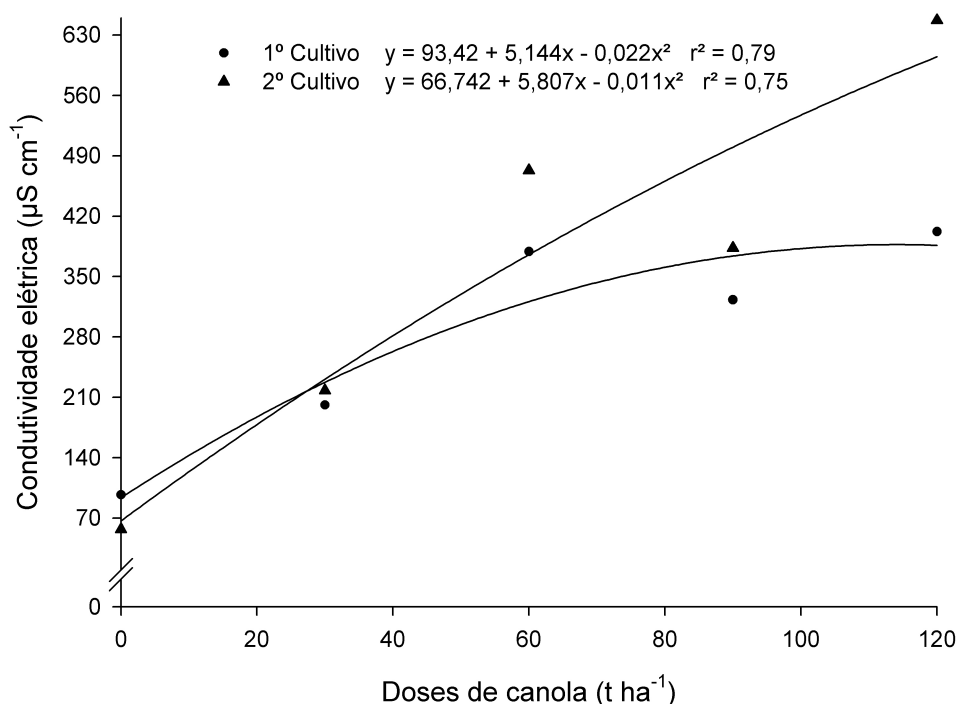


Figura 10 – Efeito da biofumigação e das diferentes doses de canola triturada incorporadas ao solo por 10 dias, sobre a condutividade elétrica do solo, realizados em dois cultivos de pepino em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

A CE está relacionada à formação de sais no solo, estimulada pela presença de compostos orgânicos no solo (TSAI et al., 1992). Como pode ser observado, a condutividade elétrica aumentou de 97 $\mu\text{S cm}^{-1}$ da testemunha para 402 $\mu\text{S cm}^{-1}$ na última dose (120 t ha⁻¹), e de 57 $\mu\text{S cm}^{-1}$ da testemunha para 647 $\mu\text{S cm}^{-1}$ na última dose, para o primeiro e segundo cultivo respectivamente, podendo ter auxiliado no controle do *P. aphanidermathum*. A redução no desenvolvimento dos FHS é explicada pela alteração no potencial osmótico da célula, pois é esse potencial que regula a troca de sais entre o solo e os microrganismos. Quando

ocorre um aumento de sais no solo, há um desequilíbrio, alterando as concentrações de sais no protoplasma celular dos microrganismos, provocando danos a sua estrutura como o rompimento da parede celular com consequente extravasamento celular, resultando na morte do FHS (TSAI et al., 1992).

Apesar de alguns trabalhos demonstrarem que o aumento da CE por meio da formação de sais é o principal mecanismo de ação envolvido no controle de *Pythium* spp., por meio do uso de lodo de esgoto, cama de aviário (LEONI; GHINI, 2003), a CE pode ter ainda um efeito indireto na supressão do fitopatógeno. Toppe e Thinggaard (2000) observaram que o aumento da CE induz a inibição da atividade saprofítica de *Pythium ultimum* e *Phytophthora cinnamomi* Rands e favorece a habilidade saprofítica competitiva de patógenos antagonistas, o que contribui para a supressão dos fitopatógenos.

Por meio da análise da sobrevivência do *P. aphanidermathum*, realizado após o efeito da biofumigação, foi observado a inibição no desenvolvimento do fitopatógeno testado. A análise da variância demonstrou diferença significativa apenas para o fator cultivo, não ocorrendo interação entres os fatores testados ($P \leq 0,05$).

De maneira semelhante ao que foi encontrado em casa de vegetação, houve um maior percentual de plântulas emergidas no segundo cultivo, demonstrando que o efeito de supressão do fitopatógeno é duradouro (Tabela 4). Esse dado corrobora com os encontrados por Fayzalla et al. (2009) que após quatro meses de tratamento do solo com mostarda, a redução na incidência de FHS causadores de podridões radiculares de soja foi 69,5% menor quando comparada a testemunha.

Tabela 4 – Percentual de emergência e tombamento de plântulas de pepino, na avaliação da sobrevivência de *Pythium aphanidermathum*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Cultivo	Emergência (%) [*]	Tombamento (%) ^{ns}
1	85,00 b	25,25
2	93,00 a	54,50
Média	89,00	54,87

^{*} significativo a 5% de probabilidade do erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

Embora no experimento a campo não tenha sido observado tombamento de plântulas, para a sobrevivência do *P. aphanidermathum* foram

observadas plântulas tombadas, sendo significativo apenas para o fator tratamento ($P \leq 0,05$).

O percentual de tombamento de plântulas apresentou uma tendência quadrática ($r^2 = 0,84$), diminuindo o número de plântulas tombadas conforme o aumento das doses (Figura 11).

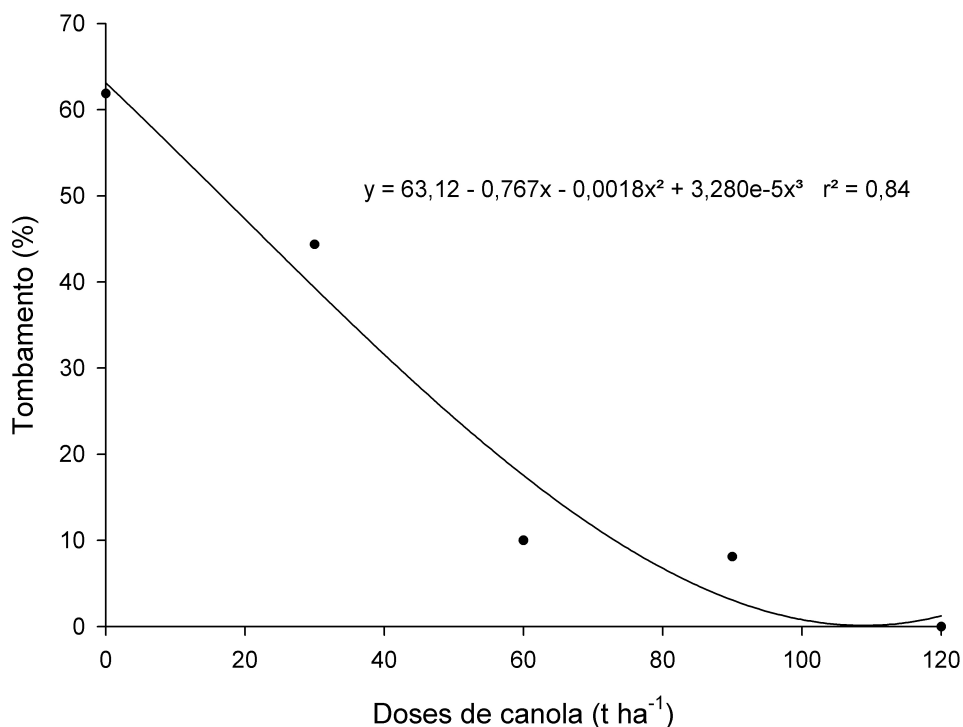


Figura 11 – Percentual de plântulas de pepino tombadas na avaliação da sobrevivência de *Pythium aphanidermathum* realizado em sala de crescimento, em função da biofumigação com diferentes doses de canola triturada incorporadas ao solo por 10 dias. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Por meio das análises da Figura 11 e da tabela 4 pode-se inferir que o uso de canola para o controle de *P. aphanidermathum* foi efetivo, visto que a sobrevivência do fitopatógeno diminuiu conforme o aumento das doses de canola, com efeito prolongado.

A incorporação da canola triturada contribuiu para o ganho de massa da parte aérea das plantas. Por meio da análise de variância ($P \leq 0,05$) a massa seca não apresentou interação significativa entre os fatores tratamento e cultivo. No entanto, a análise isolada dos fatores testados demonstrou efeitos significativos entre seus níveis. Entre os cultivos, o comportamento do peso seco foi semelhante à emergência, ou seja, o aumento das doses de canola proporcionou o aumento do

peso seco das plântulas de pepino (Figura 12). Para a atividade microbiana, esta foi maior no segundo cultivo (Tabela 03).

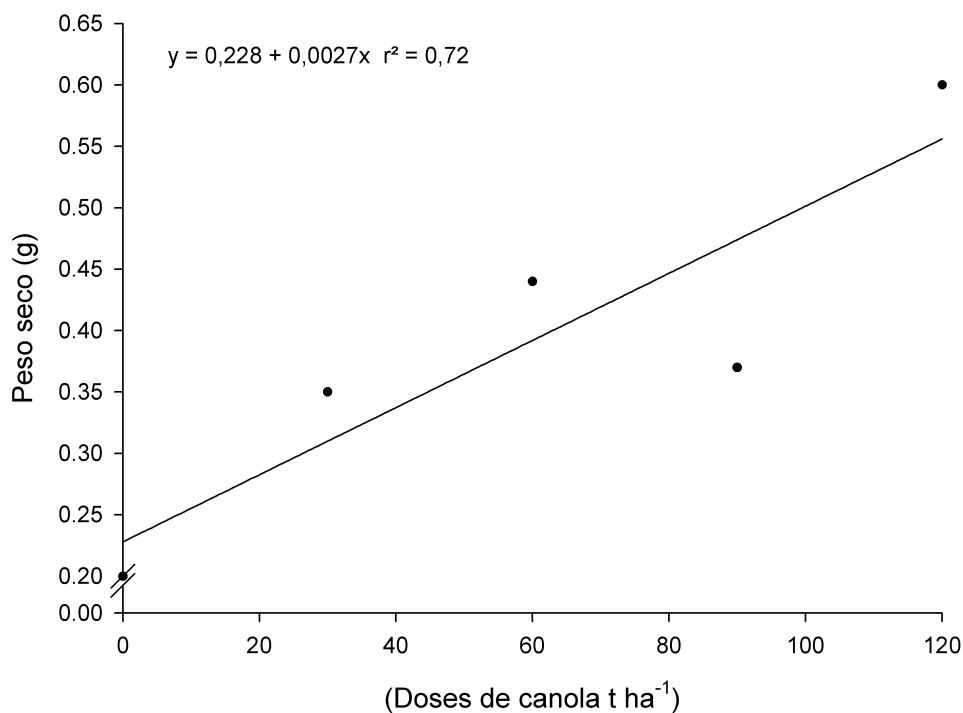


Figura 12 – Efeito das doses de canola triturada incorporada ao solo por 10 dias na massa seca de plântulas de pepino, em casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Neves et al. (2007) também observaram aumento na produção da matéria seca da parte aérea de plantas de tomate, quando utilizou biofumigação do solo com diferentes brássicas para o controle do nematoide das galhas.

Em relação à fertilidade do solo, foi observado que apenas potássio (K) apresentou interação significativa ($P \leq 0,01$) entre os fatores testados. Para ambos os cultivos, conforme se aumentou as doses de canola triturada, aumentou-se a concentração de K (Figura 13).

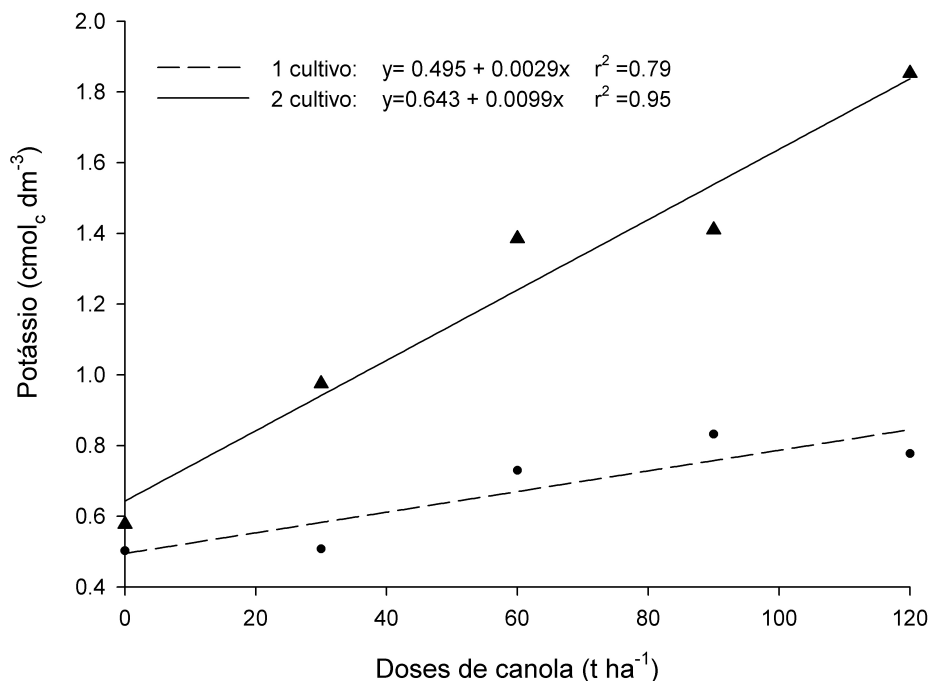


Figura 13 – Efeito das doses de canola triturada incorporada ao solo por 10 dias sobre o nutriente potássio, casa de vegetação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Esse aumento na concentração de K conforme o aumento das doses de canola já foi discutido no item anterior 3.2, em que o K poderia estar relacionado ao aumento da resistência de plantas de pepino, uma vez que ele é responsável pela rigidez dos tecidos celulares.

Mas, como nossos solos são ricos em K não podemos dizer que o referente nutriente contribui para a resistência das plantas. No entanto, podemos afirmar que a canola, além de ser um excelente agente controlador de *P. aphanidermathum*, pode ainda ser um ótimo fertilizante para locais de solos com baixos teores de K.

Os demais nutrientes não apresentaram diferença significativa com a incorporação dos resíduos de canola, não sendo possível correlacioná-los ao controle do fitopatógeno.

No segundo experimento, em que o plantio do pepino foi realizado diretamente nas parcelas que receberam a incorporação da canola triturada, a análise da variância não apresentou interação entre os fatores tratamento e cultivo para a variável percentual de emergência, sendo verificado apenas diferença

significativa entre os cultivos ($P \leq 0,05$). O segundo cultivo como observado no experimento anterior, obteve um maior número de plantas emergentes (Tabela 5).

Tabela 5 – Percentual de emergência de plantas de pepino, em dois cultivos realizados a campo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Cultivo	Emergência (%)*	Peso seco (g)*
1	60,1 b	5,914 b
2	69,4 a	10,850 a
Média	64,75	7,13

* significativo a 5% de probabilidade do erro tipo I pelo teste F.

Não foi observado tombamento de plântulas, pois não havia condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento do fitopatógeno, pois o *P. aphanidermathum* é um microrganismo que necessita de temperaturas altas, entre 28 a 35°C para desencadear o processo de infecção. Apesar do plantio do pepino ter sido realizado nos meses de outubro e novembro, meses em que as temperaturas são elevadas, no ano de 2010 foi observado temperaturas abaixo do normal, sendo que no primeiro e segundos cultivo as médias registradas durante o período que plantas estiveram a campo foi de 18,93 e 19,8°C, respectivamente.

A atividade microbiana não diferiu significativamente ($P \leq 0,05$), conforme o aumento das doses, concordando com o mesmo resultado obtido no experimento das bandejas, em que não houve diferença significativa.

Foi ainda, avaliado a massa seca, das plântulas de pepino nos dois cultivos à campo, e a análise de variância demonstrou que só ocorreu diferença significativa para os dois cultivos, não diferindo significativamente para tratamentos ($P \leq 0,05$).

A variável da massa seca aumentou somente para o segundo cultivo, conforme experimento na casa de vegetação esse aumento do peso seco foi maior.

Um fator importante na realização do trabalho é que este estudo foi conduzido utilizando-se a biofumigação pelos gases tóxicos dos resíduos de canola no controle de *P. aphanidermathum*. A maioria dos trabalhos realizados utilizam a incorporação de brássicas associadas à solarização, para aumentar o controle dos fitopatógenos habitantes do solo. Mas como se sabe, para haver o efeito da solarização há necessidade de altas temperaturas para poder ocorrer a absorção do calor e inibir o FHS durante alguns dias, sendo assim necessário que o tratamento do solo seja realizado apenas no verão.

O presente experimento foi instalado no período de inverno em que a temperatura média do ambiente foi de 10,44°C, mas com a presença da lona mais os resíduos, a temperatura do solo foi um pouco maior, sendo registrada uma média de 15,73°C. Dessa forma, não houve efeito da solarização, pois a temperatura abaixo da lona foi inferior a 45°C, temperatura mínima esta necessária para que haja este efeito (PULLMAN; DEVAY; GARBER, 1981) A solarização ainda necessita em torno de 60 dias, em condições de temperatura alta para que seu resultado seja eficiente. O período de tratamento é outro fator que favorece o uso da biofumigação como tratamento de solo, pois são necessários 15 dias de tratamento para que a canola triturada entre em decomposição e forme os gases tóxicos, responsáveis pelo controle do *P. aphanidermathum*.

Portanto, por meio desse experimento pode-se concluir que o tratamento do solo pode ser realizado em qualquer época do ano, inclusive no período de inverno, uma vez que não há necessidade de calor para obtenção do controle de *P. aphanidermathum*, e um curto período de tratamento para os resultados serem satisfatórios.

4 CONCLUSÕES

- A utilização de farelo de mostarda e de canola no ensaio, *in vitro*, mostrou-se efetivo na redução do crescimento micelial de *P. aphanidermathum*, *R. solani* e *S. rolfsii*;
- *P. aphanidermathum* e *R. solani* foram mais sensíveis aos gases tóxicos da mostarda do que da canola;
- O controle de doenças ocasionadas por *P. aphanidermathum* em pepino foi significativo, reduzindo o número de plantas tombadas, com a incorporação de repolho ao solo.
- O uso da canola para o controle de *P. aphanidermathum* foi satisfatório, demonstrando seu potencial como controlador de fitopatógenos habitantes do solo;
- A presença da canola triturada, estimulou o aumento da atividade microbiana, podendo ter estimulado o aparecimento de microrganismos antagonistas no solo;
- A condutividade elétrica, foi outro fator que contribuiu para o controle do fitopatógeno;
- Nos ensaios em que utilizou-se canola e repolho, pode-se observar um aumento na concentração de K, demonstrando que estes compostos orgânicos podem servir como fontes de K em solos que apresentam deficiência do respectivo nutriente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou uma nova opção de controle de fitopatógenos habitantes do solo. Por meio do uso da biofumigação com resíduos de repolho e canola, o produtor obtêm um controle efetivo, barato e de fácil acesso, pois poderá fazer uso dos resíduos do repolho que sobrarem na área, ou no caso daquele repolho, que não estiver apto para a comercialização. No caso da canola, é uma ótima opção para o produtor uma vez que ela está sendo uma cultura muito utilizada na rotação de culturas de inverno, podendo trazer bons resultados aos agricultores.

O uso da biofumigação diminui o tempo de tratamento do solo em 45 dias, se compararmos com o uso da solarização, além de que o produtor poderá fazer uso desse método o ano todo, uma vez que ele não necessita de altas temperaturas para ter efeito.

O trabalho vem a somar com os diversos trabalhos realizados no intuito de ajudar os produtores familiares ou produtores orgânicos que buscam a certificação dos alimentos, mostrando a eles que é possível controlar fitopatógenos habitantes de solo, sem o uso de controle químico, podendo assim agregar valor ao seu produto.

Mas, ainda há muito o que ser pesquisado, principalmente utilizando outras brássicas, que já são estudadas no exterior. Precisamos adaptar os trabalhos para a nossa realidade, que com certeza obteremos bons resultados como os apresentados no presente trabalho.

Para trabalhos futuros, deveriam ser realizados, ainda estudos em que fosse avaliado a produção de gases após o cultivo e colheita da canola, qual o seu potencial após o seu cultivo, se seus resíduos de raiz, colmo e folhas também apresentam bons resultados.

REFERÊNCIAS

- AIRES, A.; CARVALHO, R.; BARBOSA, M. C. da; ROSA, E. Suppressing Potato Cyst Nematode, *Globodera rostochiensis*, with Extracts of *Brassicaceae* Plants. **American Journal Potato Research**, v. 86, p. 327–333, 2009.
- BAILEY, K.L.; LAZAROVITS, G. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. **Soil & Tillage Research**, v. 72, p. 169–180, 2003.
- BAPTISTA MJ; LOPES CA; SOUZA RB; FURUMOTO O. Efeito da solarização e biofumigação, durante o outono, na incidência de murcha-bacteriana e produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 99-102, 2006.
- BARROS, B.C.; PATRÍCIO, F.R.A.; LOPES, M.E.B.M.; FREITAS, S.S.; SINIGAGLIA, C.; MALAVOLTA, V.M.A; TESSARIOLI NETO, J.; GHINI, R. Solarização do solo com filmes plásticos com e sem aditivo estabilizador de luz ultravioleta. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 253-259, 2004.
- BENDING, G.D.; LINCOLN, S.D. Characterization of volatile sulphur-containing compounds produced during decomposition of *Brassica juncea* tissues in soil. **Soil Biology Biochemical**, v. 31, p. 695-703, 1999.
- BEN-YEPHET, Y.; NELSON, E.B. Differential suppression of damping-off caused by *Pythium aphanidermatum*, *P. irregulare*, and *P. myriotylum* in composts at different temperatures. **Plant Disease**, v.83, p. 356-360, 1999.
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. DOS; BOGNOLA, I.A.; CÚRCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C. da S.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de. **Mapa de solos do Estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro : EMBRAPA/IAPAR. 2008. 74p.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C. e CARNEIRO, S.M.T.P.G.; Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. In: **Manual de fitopatologia**: Doenças das plantas cultivadas, São Paulo: Agronômica Ceres, vol. 2, p. 344-345, , 2005.
- BLOK, W. J.; LAMERS, J. G.; TERMORSHUIZEN A. J.; BOLLEN, G. J.. Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. **Phytopathology**, v. 90 p. 253-259, 2000.
- BONES, A. M.; ROSSITER, J. T. Themyrosinase-glucosinolate system, its organization and biochemistry. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p. 194–208, 1996.
- BOREK, V.; MORRA, M.J.; BROWN, P.D.; McCAFFREY, J.P. Transformation of the glucosinolate-derived allelochemicals allyl isothiocyanate and allyl nitrile in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 1935–1940, 1995.

BOTELHO, S.A.; RAVA, C.A.; LEANDRO, W.M. Supressividade induzida a *Rhizoctonia solani* pela adição de diferentes resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 31, p. 35-42, 2001.

BROWN, P. D.; MORRA, M. J. Control of soil-borne plant pest using glucosinolate-containing plants. **Advances in Agronomy**, v. 61, p. 167-231, 1997.

CARDOSO, E.J.B.N. Ecologia Microbiana do solo. In: **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

CHARRON, C.S.; SAMS, C.E. Inhibition of *Pythium ultimum* and *Rhizoctonia solani* by shredded leaves of Brassica species. **Journal American Society Horticulture Science**, v. 124, p. 462-467, 1999.

CHUNG, W.C., HUANG, J.W., HUANG, H.C. & JEN, J.F. Effect of ground *Brassica* seed meal on control of *Rhizoctonia* damping off of cabbage. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 24, p. 211-221, 2002.

COHEN, M.F.; YAMASAKI H.; MAZZOLA, M. *Brassica napus* seed meal soil amendment modifies microbial community structure, nitric oxide production and incidence of *Rhizoctonia* root rot. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 1215-1227, 2005.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Estatística experimental e matrizes. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006.

DANDURAND, L.M.; MOSHER, R.D.; KNUDSEN, G.R. Combined effects of *Brassica napus* seed meal and *Trichoderma harzianum* on two soilborne plant pathogens. **Canadian Journal Microbiology**, v. 46, p. 1051-1057, 2000.

DAS, S.; TYAGI, A. K.; KAUR, H. Cancer modulation by glucosinolates: a review. **Current Science**, v. 79, p. 1665-1671, 2000.

DIAB, H. G. et al. Suppression of *Rhizoctonia solani* on impatiens by enhanced microbial activity in composted swine waste-amended potting mixes. **American Phytopathological Society**, v. 93, 2003.

DHINGRA, O.D.; COSTA, M.L.N.; SILVA, G. J.; MIZUBUTI, E. S. G. Essential oil of mustard to control *Rhizoctonia solani* causing seedling damping off and seedling blight in nursery. **Fitopatologia brasileira**, v. 29, p. 683-686, 2004.

FAHEY, J. W.; ZALCMANN, A.T.; TALALAY, P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. **Phytochemistry**, v. 56, p. 5-51, 2001.

FAN, C.M.; XIONG, P.Q.; JI, G.H.; HE, Y. Potential Biofumigation Effects of *Brassica oleracea* var. *caulorapa* on Growth of Fungi. **Journal Phytopathology**, v. 156, p. 321-325, 2005.

FAYZALLA, E.A.; EL-BAROUGY, E.; EL-RAYES, M.M. Control of Soilborne pathogenic fungi of soybean by biofumigation with mustard seed meal. **Journal of Applied Sciences**, v. 12, p 2272-2279, 2009.

GAMLIEL, A.; STAPLETON, J.J. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. **Phytopathology**, St. Paul, v.83, n.9, p.899-905, Sept. 1999.

GAMLIEL, A.; AUSTERWEIL, M.; KRITZMAN, G. Non-chemical approach to soilborne pest management, organic amendments. **Crop Protection**, v. 19, p. 847-853, 2000.

GEORGAKOPOULOS, D.G. ; FIDDAMAN, P.; LEIFERT, C. ; MALATHRAKIS, N.E. Biological control of cucumber and sugar beet damping-off caused by *Pythium ultimum* with bacterial and fungal antagonists. **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, p. 1078-1086, 2002.

GHINI, R. Solarização do solo para cultivo de hortaliças. In: **Anais**, III Reunião Intinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico. Mogi das Cruzes. p. 23-27, 2000.

GIMSING, A.L.; SORENSEN, J.C.; TOVGAARD,L.; JORGENSEN, A.M.F.; HANSEN, H.C.B. Degradation kinetics of glucosinolates in soil.**Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, p. 2038-2044, 2006.

GIMSING, A.L; KIRKEGAARD, J.A. Glucosinolate and isothiocyanate concentration in soil following incorporation of *Brassica* biofumigants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, p. 2255-2264, 2006.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. **Compendium of soybean diseases**. Fourth Edition. APS Press. Minnesota, USA. 1999.

HOOPE, P.E. *Pythium* species still viable after 12 years in air-dried muck soil. **Phytopathology**, v. 65, p.14-11, 1966.

KATAN, J; DEVAY, J.C. **Soil Solarization**. Boca Raton : CRC Press, 1991. 267p.

KIRKEGAARD, J.A.; SARWAR, M. Biofumigation potential of brassicas - I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. **Plant Soil**, v. 201, p. 71–89, 1998.

KIRKEGAARD, J.A.; WONG, P. J.W.; DESMARCHELIER, J.M. *In vitro* suppression of fungal root pathogens of cereals by *Brassicac*s tissues. **Plant Pathology**, v. 45, p. 593-603, 1996.

LAEGDSMAND, M.; GIMSING, A.L.; STROBEL, B. W.; SORENSEN, J.C.; JACOBSEN, O. H.; CHRISTIAN, H.; HANSEN, B. Leaching of isothiocyanates through intact soil following simulated biofumigation. **Plant Soil**, v. 291, p. 81–92, 2007.

LARKIN, R. P.; GRIFFIN, T. S. Control of soilborne potato diseases using *Brassica* green manures. **Crop Protection**, v. 26, p. 1067–1077, 2007.

LAZAROVITS, G.; ABASSI, P.; CONN, K. Managing soil agro-ecosystems for environmental and plant health: back to the future. **Summa Phytopathologica**, v.32, p.153-156, 2006.

LEONI, C.; GHINI, R. Efeito do lodo de esgoto na indução de supressividade *in vitro* a *Phytophthora nicotianae*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, 2003.

LIMA, A.O. **Biofumigação do solo com *Brassica rapa* para o controle de fitonematóides**. 2006. p.56. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) –Setor de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

LODHA, S.; SHARMA, S.K.; AGGARWAL, R.K. Solarization and natural heating of irrigated soil amended with cruciferous residues for improved control of *Macrophomina phaseoli*. **Plant Pathology**, v. 46, p. 186-190, 1997.

LOPES, M.E.B.M.; GHINI, R.; TESSARIOLLI, J.; PATRÍCIO, F.R.A. Solarização do solo para o controle de *Pythium* spp. na cultura do pepino em cultivo protegido. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 26, p. 224-227, 2000.

LOURD, M.; ALVES, M. L. B.; BOUHOT D. Análise qualitativa e quantitativa de espécies De *Pythium* patogênicas dos solos no município de Manaus, solos de terra firme. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, p. 479-485, 1986.

LUZ, W.C. da. Classificação dos seres vivos para o novo milênio. Parte II – classificação dos fungos. In. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.9, Passo Fundo: 2000. p.441.

MANICI, L.M.; LAZZERI, L.; BARUZZI, G.; LEONI, O.; GALLETTI, S.; PALMIERI, S. Suppressive activity of some glucosinolate enzyme degradation products on *Pythium irregulare* and *Rhizoctonia solani* in sterile soil. **Pest Management Science**, v. 56, p. 921–926, 2000.

MATTHIESSEN, J. N.; WARTON, B.; SHACKLETON, M. A. The importance of plant maceration and water addition in achieving high *Brassica*-derived isothiocyanate levels in soil. **Agroindustria**, v. 3, p. 277–280, 2004.

MATTHIESSEN, J. N.; KIRKEGAARD, J. A. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. **Critical Reviews of Plant Science**, v. 25, p. 235–265, 2006.

MAYTON, H.S.; OLIVER, C.; VAUGHN, S.V.; LOIRA, R. Correlation of fungicidal activity of *Brassica* species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. **Phytopathology**, v. 86, p. 267-271, 1996.

MAZZOLA, M., GU, Y.H. Impact of wheat cultivation on microbial communities from replant soils and apple growth in greenhouse trials. **Phytopathology**, v. 90, p. 114–119, 2000.

MITHEN, R.F. Glucosinolates and their degradation products. **Advances in Botanical Research**, v. 35, p. 213–262, 2001.

MOCCELLIN, R. **Efeito de resíduos orgânicos de repolho no controle de *Sclerotium rolfsii***. 2008. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2008.

MORRA, M. J.; BOREK, V. Glucosinolate preservation in stored Brassicaceae seed meals. **Journal of Stored Products Research**, v. 46, p. 98-102, 2010.

MOTISI, N.; MONTFORT, F ; FALOYA, V ; LUCAS, P ; DORÉ, T. *Growing Brassica juncea* as a cover crop, then incorporating its residues provide complementary control of *Rhizoctonia* root rot of sugar beet **Field Crops Research**, v. 113, p. 238-245, 2009.

NEVES, W.; FREITAS L. G.; COUTINHO, M. M.; PARREIRA, D. F.; FERRAZ, S.; COSTA, M. D. Biofumigação do Solo com Espécies de Brássicas para o Controle de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 31, p. 195-201, 2007.

NORSWORTHY, J.K; MEEHAN, J.T. Herbicidal activity of eight isothiocyanates on Texas panicum (*Panicum texanum*), large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*), and sicklepod (*Senna obtusifolia*). **Weed Science**, v. 53, p. 515–520, 2005.

OERLEMANS, K; BARRETT, D. M.; SUADES, C. B.; VERKERK, R.; DEKKER, M. Thermal degradation of glucosinolates in red cabbage. **Food Chemistry**, v. 95, p. 19–29, 2006.

OLIVIER, C.; VAUGHN, S.F.; MIZUBUTI, E.S.G.; LORIA, R. Variation in allyl isothiocyanate production within Brassica species and correlation with fungicidal activity. **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, p. 2687-2701, 1999.

PAPAVIZAS, G.C.; LEWIS, J.A. Effect of amendments and fungicides on *Aphanomyces* root rot of peas. **Phytopathology**, v. 61, p. 215-220, 1971.

POTTER, M. J.; DAVIES, K.; RATHJEN, A. J. Suppressive impact of glucosinolates in Brassica vegetative tissues on root lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. **Journal Chemical Ecology**, v. 24, p. 67-80, 1998

PULLMAN, G.S., DEVAY, J.E., GARBER, R.H., Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 71, n. 9, p. 959-964, 1981.

PUNJA, Z.K. The Biology, Ecology and Control of *S. rolfsii*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 97-127, 1985.

PUNJA, Z.K; YIP, R. Biological control of damping-off and root rot caused by *Pythium aphanidermatum* on greenhouse cucumbers. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 25, p. 411-417, 2003.

R Development Core Team R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>, 2010.

RAKARIYATHAM, N.; BUTRINDR, B.; NIAMSUP, H.; SHANK, L. Screening of filamentous fungi for production of myrosinase. **Brazilian Journal Microbiology**, v. 36, p. 242–245, 2005.

RAMIREZ-VILLAPUDUA, J.; MUNNECKE, D.E. Solar heating and amendments control cabbage yellows. **California Agriculture**, p. 11-12, 1986.

RAMIREZ-VILLAPUDUA, J.; MUNNECKE, D.E. Effect of solar heating and soil amendments of cruciferous residues on *Fusarium oxysporum* f. sp. *Conglutinans* and other organism. **Phytopathology**, v. 78, p. 289-295, 1988.

RUMBERGER, A; MARSCHNER, P. 2-Phenylethylisothiocyanate concentration and microbial community composition in the rhizosphere of canola. **Soil Biology Biochemical**, v. 35, p. 445–452, 2003.

SAKORN, P.; RAKARIYATHAM, N.; NIAMSUP, H.; NONGKUNSARN, P. Rapid detection of myrosinase-producing fungi: a plate method based on opaque barium sulphate formation. **World Journal Microbiology Biotechnology**, v.18, p. 73–74, 2002.

SARWAR, M.; KIRKEGAARD, J. A.; WONG, P. T. W.; DESMARCHELIER, J. M. Biofumigation potential of brassicas. III. *In vitro* toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens. **Plant Soil**, v. 201, p. 103-112, 1998.

SCHOENMAKER, I.A.S.; GUINI, R. Biofumigação do solo para o controle de *Pythium* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 27, p. 308-312, 2001.

SILVA, A. ; SANTOS, I. ; MALAGI, G. ; SOUZA, A. C. . Efeito de resíduo de repolho e da solarização do solo sobre as doenças causadas por *Sclerotium rolfsii* em feijão-vagem. In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2007, Curitiba. **ANAIS...** Curitiba : UTFPR, 2007. v. 1. p. 11-14.

SMOLINSKA, U. Survival of *Sclerotium cepivorum* sclerotia and *Fusarium oxysporum* chlamydospores in soil amended with cruciferous residues. **Journal Phytopathology**, v. 148, p. 343-349, 2000.

SMOLINSKA, U.; HORBOWICZ, M. Fungicidal activity of volatiles from selected cruciferous plants against resting propagules of soil-borne fungal pathogens. Institute of vegetable crops, konstytucji 3 maja 1/3, 96-100 Skierniewice, Poland, 1999.

STANGHELLINI, M.E.; HANCOCK, J.G. The sporangium of *Pythium ultimum* as a survival structure in soil. **Phytopathology**, v. 61, p. 157-164, 1971.

SULTANA, T.; SAVAGE, G. P.; MCNEIL, D. L.; PORTER, N. G.; MARTIN J., DEO, B. Effects of fertilisation on the allyl isothiocyanate profile of above-ground tissues of New Zealand-grown wasabi. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1477–1482, 2002.

SUTTON, J.C.; SOPHER, C.R.; OWEN-GOING, T.N.; LIU, W.; GRODZINSKI, B.; HALL, J.C.; BENCHIMOL, R.L. Etiology and epidemiology of *Pythium* root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa Phytopathologica**, v. 32, p. 307-321, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 722.

TOPPE, B.; THINGGAARD, K. Influence of copper ion concentration and electrical conductivity of the nutrient solution on *Phytophthora cinnamomi* in ivy grown in ebb-and-flow systems. **Journal of Phytopathology**, v. 148, p. 579-585, 2000.

TSAI, S. M. et al. Efeito dos fatores do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N. et al. **Microbiologia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1ª ed. p. 59-72. Campinas, 1992.

UTKHEDE, R.S.; LÉVESQUE, C.A.; DINH, D. *Pythium aphanidermatum* root rot in hydroponically-grown lettuce and the effect of chemical and biological agents on its control. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 22, p. 138-144, 2000.

WARTON, B.; MATTHIESSEN, J. N. e SHACKLETON, M. A. Cross-enhancement: enhanced biodegradation of isothiocyanates in soils previously treated with metham sodium. **Soil Biology Biochemical**, v. 35, p. 1123-1127, 2003.

WEST, P.V.; APPIAH, A.A.; NEIL, A.R.G. Advances in research on oomycete root pathogens. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 62, p. 99-113, 2003.

YORINORI, J. T. **Doenças fúngicas e anomalias da soja**. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR, 2000. 61 p.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. In: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.1, p. 275- 318, 1993.

ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise da variância para a variável crescimento micelial de fitopatógenos de solo submetidos ao efeito de doses crescentes de farelo de canola e de mostarda. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011. ...	59
APÊNDICE B – Resumo da análise de regressão para a variável crescimento micelial de diferentes patógenos habitantes do solo, quando submetidos a doses crescentes de farelo de canola. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	59
APÊNDICE C – Resumo da análise de regressão para a variável crescimento micelial de diferentes patógenos habitantes do solo, quando submetidos a doses crescentes de farelo de mostarda. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	59
APÊNDICE D –Resumo da análise de variância para as variáveis germinação e tombamento de plântulas de pepino e atividade microbiana de solo tratado com biofumigação com doses crescentes de repolho, realizado em dois cultivos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	59
APÊNDICE E – Resumo da análise de regressão para as variáveis de germinação e tombamento de plântulas de pepino e atividade microbiana de solo tratado com biofumigação com doses crescentes de repolho, realizado em dois cultivos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	60
APÊNDICE F – Resumo da análise de variância para as variáveis, P, Mn, K., M.O., Ca, pH, Mg, H+Al, Cu, SB, Fe, V, Zn e CTC, retiradas da análise de solo das amostras tratadas com biofumigação e doses crescentes de repolho triturado para o primeiro cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011. ...	60
APÊNDICE G – Resumo da análise de variância para as variáveis, P, Mn, K., M.O., Ca, pH, Mg, H+Al, Cu, SB, Fe, V, Zn e CTC, retiradas da análise de solo das amostras tratadas com biofumigação e doses crescentes de repolho triturada para o segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011....	60
APÊNDICE H – Resumo da análise de regressão para a variável potássio (K) do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de repolho triturado, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....	61
APÊNDICE I – Resumo da análise de variância para as variáveis, emergência, peso seco de plântulas de pepino; atividade microbiana e condutividade elétrica do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturada. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....	61
APÊNDICE J – Resumo da análise de regressão para a variáveis condutividade elétrica do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturada; peso seco e emergência de plântulas de pepino. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	61

APÊNDICE K – Resumo da análise da variância para as variáveis emergência e tombamento de pepino, na avaliação da sobrevivência de <i>Pythium aphanidermathum</i> . UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....	62
APÊNDICE L –Resumo da análise de regressão para o percentual de tombamento de pepino, na avaliação da sobrevivência de <i>Pythium aphanidermathum</i> . UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....	62
APÊNDICE M - Resumo da análise de variância para as variáveis, P, Mn, K., M.O., Ca, pH, Mg, H+Al, Cu, SB, Fe, V, Zn e CTC, retiradas da análise de solo de parcelas tratadas com biofumigação e doses crescentes canola triturada para os dois cultivos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	62
APÊNDICE N - Resumo da análise de regressão para a variável potássio (K) do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturado, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	63
APÊNDICE O – Resumo da análise da variância para as variáveis emergência e peso seco de plântulas de pepino, semeadas diretamente nas parcelas onde o solo foi tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturada, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	63
APÊNDICE P - Resumo da análise da variância para as variáveis condutividade elétrica e atividade microbiana realizadas no solo retirado das parcelas que foram tratadas com biofumigação e doses crescentes de canola triturada, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.	63

APÊNDICE A – Resumo da análise da variância para a variável crescimento micelial de fitopatógenos de solo submetidos ao efeito de doses crescentes de farelo de canola e de mostarda após sete dias. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causas de variação	GL	Quadrado médio
Doses (D)	5	80,71*
Substratos (S)	1	11,11*
Espécies (E)	2	0,24 ^{ns}
D x S	5	6,22*
D x E	10	2,15 ^{ns}
S x E	2	48,12*
D x S x E	10	8,52*
Resíduo	90	1,30
C.V.(%)		23,21

* significativo a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE B – Resumo da análise de regressão para a variável crescimento micelial de diferentes patógenos habitantes do solo, quando submetidos a doses crescentes de farelo de canola. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		<i>P. aphanidermathum</i>	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>
1º grau	1	863,03 ^{ns}	46,33*	81,86*
2º grau	1	0,52*	0,06 ^{ns}	8,64*
3º grau	1	0,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,09 ^{ns}
Resíduo	90	1,30	1,30	1,30

* significativo a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE C – Resumo da análise de regressão para a variável crescimento micelial de diferentes patógenos habitantes do solo, quando submetidos a doses crescentes de farelo de mostarda. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		<i>P. aphanidermathum</i>	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>
1º grau	1	236,44*	59,21*	24,80*
2º grau	1	6,51*	0,56 ^{ns}	0,47 ^{ns}
3º grau	1	6,65 ^{ns}	3,71 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Resíduo	90	1,30	1,30	1,30

* significativo a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE D –Resumo da análise de variância para as variáveis germinação e tombamento de plântulas de pepino e atividade microbiana de solo tratado com biofumigação com doses crescentes de repolho, realizado em dois cultivos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado médio			
		Germinação (%)		Tombamento (%)	
		1º cultivo	2º cultivo	1º cultivo	2º cultivo
Tratamento	4	2122,65**	2942,31**	866,89**	1249,80**
Resíduo	15	250,96 ^{ns}	345,81 ^{ns}	95,08 ^{ns}	53,75 ^{ns}
Total	19	-	-	-	-
C.V. (%)	-	30,57	35,66	39,72	22,19
Atividade microbiana (mg CO ₂ 100 g solo ⁻¹)					
		1º cultivo		2º cultivo	
Tratamento	4	16664,60**		2495,60**	
Resíduo	15	135,28 ^{ns}		179,75 ^{ns}	
Total	19	-		-	
C.V. (%)	-	10,66		12,13	

** significativo a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F. ^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE E – Resumo da análise de regressão para as variáveis de germinação e tombamento de plântulas de pepino e atividade microbiana de solo tratado com biofumigação com doses crescentes de repolho, realizado em dois cultivos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	Quadrado médio			
	Germinação (%)		Tombamento (%)	
	1º cultivo	2º cultivo	1º cultivo	2º cultivo
1º grau	5873,84*	7318,11*	2575,38*	4157,52*
2º grau	1163,71*	3296,87*	479,82*	520,21*
3º grau	1402,33 ^{ns}	792,81 ^{ns}	353,55 ^{ns}	314,72 ^{ns}
Resíduo	250,96	345,81	24,54	53,75

Causa de variação	Atividade microbiana (mg CO ₂ 100 g solo ⁻¹)	
	1º cultivo	2º cultivo
	1º grau	6568,97**
2º grau	54,07 ^{ns}	419,48 ^{ns}
3º grau	1,94 ^{ns}	445,33 ^{ns}
Resíduo	135,28	179,75

** e *: significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE F – Resumo da análise de variância para as variáveis, P, Mn, K., M.O., Ca, pH, Mg, H+Al, Cu, SB, Fe, V, Zn e CTC, retiradas da análise de solo das amostras tratadas com biofumigação e doses crescentes de repolho triturado para o primeiro cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		P (mg dm ⁻³)	Mn (mg dm ⁻³)	K (cmol _c dm ⁻³)	M.O (g dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)
Tratamento	4	5,488 ^{ns}	933,21**	1,11**	45,24 ^{ns}	0,52**
Resíduos	15	2,383	27,82	0,008	35,67	0,106*
Total	19	-	-	-	-	-
C.V.(%)	-	44,79	51,47	7,99	8,33	14,85

Causa de variação	GL	pH	Mg (mg dm ⁻³)	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Cu (mg dm ⁻³)	SB (cmol _c dm ⁻³)
		Tratamento	4	0,588**	0,229**	8,911**
Resíduos	15	0,026	0,026	1,090	0,238	110,51
Total	19	-	-	-	-	-
C.V.(%)	-	7,22	10,94	41,66	28,80	32,59

Causa de variação	GL	Fe (mg dm ⁻³)	V(%)	Zn (mg dm ⁻³)	CTC
		Tratamento	4	4952,1**	257,38*
Resíduos	15	10,20	11,01	0,51	2,01
Total	19	-	-	-	-
C.V.(%)	-	40,63	43,89	38,66	37,19

** e * significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE G – Resumo da análise de variância para as variáveis, P, Mn, K., M.O., Ca, pH, Mg, H+Al, Cu, SB, Fe, V, Zn e CTC, retiradas da análise de solo das amostras tratadas com biofumigação e doses crescentes de repolho triturada para o segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

(Continua)

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		P (mg dm ⁻³)	Mn (mg dm ⁻³)	K (cmol _c dm ⁻³)	M.O (g dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)
Tratamento	4	31,2 ^{ns}	607,98 ^{ns}	0,725**	55,75**	0,019 ^{ns}
Resíduos	15	19,2	81,88	0,102	11,319	0,091*
Total	19	-	-	-	-	-
C.V.(%)	-	18,82	89,06	29,05	46,96	13,90

(Conclusão)

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		pH CaCl ₂	Mg (mg dm ⁻³)	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Cu (mg dm ⁻³)	SB (cmol _c dm ⁻³)
Tratamento	4	2,04 ^{ns}	0,364 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,38*
Resíduos	15	0,99	0,468	0,55	0,30	0,44
Total	19	-	-	-	-	-
C.V.(%)	-	45,18	47,45	31,46	31,11	23,39
Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		Fe (mg dm ⁻³)	V(%)	Zn (mg dm ⁻³)	CTC	
Tratamento	4	3080,9 ^{ns}	102,33*	0,38 ^{ns}	91,80 ^{ns}	
Resíduos	15	434,76	20,88	0,60	9,20	
Total	19	-	-	-	-	
C.V.(%)	-	25,93	59,45	43,36	33,61	

** e *: significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE H – Resumo da análise de regressão para a variável potássio (K) do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de repolho triturado, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causas de variação	Quadrado médio	
	K (cmol _c dm ⁻³)	
	1º cultivo	2º cultivo
1º grau	3,86**	1,98**
2º grau	0,55**	0,893**
3º grau	0,01 ^{ns}	0,0319 ^{ns}
Resíduo	0,0087	0,102

** significativo a 1% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE I – Resumo da análise de variância para as variáveis, emergência, massa seca de plântulas de pepino; atividade microbiana e condutividade elétrica do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturada. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio			
		Emergência (%)	Massa seca (g)	Atividade microbiana (mg CO ₂ 100 g solo ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)
Bloco	4	282,55 ^{ns}	0.06800*	259,5 ^{ns*}	0,029 ^{ns}
Tratamento	1	2967,29**	0.16651**	28,6 ^{ns**}	1,660**
Cultivo	3	1265,62**	0.65357**	7401,9**	0,014 ^{ns}
Interação	4	110,84 ^{ns}	0.02600 ^{ns}	118,9 ^{ns*}	0,099**
Resíduo	27	216,72 ^{ns}	0.02208	195,1 ^{ns*}	0,016 ^{ns}
C.V. (%)	-	28,0	24,11	18,0	3,0

** e *: significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE J – Resumo da análise de regressão para a variáveis condutividade elétrica do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturada; massa seca e emergência de plântulas de pepino. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	Quadrado Médio		Massa seca (g)	Emergência (%)
	Condutividade Elétrica (µS cm ⁻¹)			
	Primeiro cultivo	Segundo cultivo		
1º grau	214329,60**	723610,00**	0,131869*	2566,47**
2º grau	22344,57**	5520,29**	0,000001 ^{ns}	14,75 ^{ns}
3º grau	1488,40 ^{ns}	27040,00 ^{ns}	0,027158 ^{ns}	369,20 ^{ns}
Resíduo	0,01653	0,01653	0,02208	216,72

** e * significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE K – Resumo da análise da variância para as variáveis emergência e tombamento de pepino, na avaliação da sobrevivência de *Pythium aphanidermathum*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		Emergência (%)	Tombamento (%)
Cultivo	1	1,8602 e ^{-4*}	0,0005164 ^{ns}
Tratamento	4	9,6110 e ^{-5 ns}	0,0080383**
Interação	4	5,3660 e ^{-5 ns}	0,0005426 ^{ns}
Resíduos	30	3,7991 e ⁻⁵	0,0006201
C.V.(%)	-	6,55	73,00

** e * significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE L –Resumo da análise de regressão para o percentual de tombamento de pepino, na avaliação da sobrevivência de *Pythium aphanidermathum*. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	Quadrado médio	
	Tombamento (%)	
1º grau	5119,36**	
2º grau	375,22**	
3º grau	22,26 ^{ns}	
Resíduo	6x10 ⁻⁴	

** significativo a 1% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE M - Resumo da análise de variância para as variáveis, P, Mn, K., M.O., Ca, pH, Mg, H+Al, Cu, SB, Fe, V, Zn e CTC, retiradas da análise de solo de parcelas tratadas com biofumigação e doses crescentes canola triturada para os dois cultivos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		P (mg dm ⁻³)	Mn (mg dm ⁻³)	K (cmol _c dm ⁻³)	M.O (g dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)
Cultivo	4	114,68*	2319,53**	3,24**	138,12*	0,01 ^{ns}
Tratamento	1	33,50 ^{ns}	650,86*	0,77**	81,25 ^{ns}	2,71*
Bloco	3	18,64 ^{ns}	179,18 ^{ns}	0,10*	85,55 ^{ns}	0,92 ^{ns}
Interação	4	33,74 ^{ns}	242,76 ^{ns}	0,25**	46,68 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Resíduos	27	20,76	159,48	0,02	24,19	0,94
C.V. (%)	-	18,87	11,54	14,47	79,42	42,35
Causa de variação	GL	pH	Mg	H+Al	Cu	SB
		CaCl ₂	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)
Cultivo	4	3,08*	6,68	20,33**	85,55**	3,71 ^{ns}
Tratamento	1	0,27*	9,78	1,83*	1,32 ^{ns}	6,55**
Bloco	3	0,07 ^{ns}	0,09	0,84 ^{ns}	4,15*	1,01 ^{ns}
Interação	4	0,08 ^{ns}	0,87	0,60 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,66 ^{ns}
Resíduos	27	0,04	0,78	0,36	1,20	1,27
C.V. (%)	-	8,84	34,56	28,22	45,36	38,54
Causa de variação	GL	Fe	V(%)	Zn	CTC	
		(mg dm ⁻³)		(mg dm ⁻³)		
Cultivo	4	13431**	240,29*	137,04**	41,31**	
Tratamento	1	329,6 ^{ns}	172,48*	11,54 ^{ns}	1,94 ^{ns}	
Bloco	3	1735,9 ^{ns}	37,85 ^{ns}	45,47*	1,07 ^{ns}	
Interação	4	282,6 ^{ns}	24,91 ^{ns}	11,04 ^{ns}	3,27 ^{ns}	
Resíduos	27	64,5	27,24	10,27	0,92	
C.V. (%)	-	11,10	64,58	12,79	26,52	

** e *: significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.
^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE N - Resumo da análise de regressão para a variável potássio (K) do solo tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturado, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causa de variação	Quadrado médio K (cmol _c dm ⁻³)	
	Primeiro cultivo	Segundo cultivo
1º grau	0,31*	3,56*
2º grau	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
3º grau	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Resíduo	0,02	0,02

* significativo a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE O – Resumo da análise da variância para as variáveis emergência e massa seca de plântulas de pepino, semeadas diretamente nas parcelas onde o solo foi tratado com biofumigação e doses crescentes de canola triturada, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causas de variação	GL	Quadrado médio	
		Emergência (%)	Massa seca (g)
Cultivo	1	30360,1**	14130,5**
Tratamento	4	103,3 ^{ns}	137,1 ^{ns}
Bloco	3	46,2 ^{ns}	42,4 ^{ns}
Interação	4	103,3 ^{ns}	317,4 ^{ns}
Resíduo	27	53,4	139,6
C.V.(%)	-	28,78	44,32

** significativo a 1% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE P - Resumo da análise da variância para as variáveis condutividade elétrica e atividade microbiana realizadas no solo retirado das parcelas que foram tratadas com biofumigação e doses crescentes de canola triturada, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Causas de variação	GL	Quadrado médio	
		Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	Atividade microbiana (mg CO ₂ 100 g solo ⁻¹)
Tratamento	4	23,974*	175,09 ^{ns}
Blocos	3	17,946 ^{ns}	446,60 ^{ns}
Resíduo	12	17527	231,81
C.V. (%)	-	62,29	20,02

* significativo a 1% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.

APÊNDICE Q -Resumo da análise de regressão para a variável condutividade elétrica realizada no solo retirado das parcelas que foram tratadas com biofumigação e doses crescentes de canola triturada, no primeiro e segundo cultivo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011

Causas de variação	Quadrado médio
1º grau	54877,48*
2º grau	409305,60*
3º grau	7409,28 ^{ns}
Resíduo	17,527

* significativo a 5% de probabilidade de erro tipo I pelo teste F.

^{ns} não significativo pelo teste F.