

Seropédica, RJ / Junho, 2026

Manejo da hérnia das crucíferas em ambientes de montanha do município de Nova Friburgo, RJ



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN 3086-0326

Documentos 330

Junho, 2026

**Manejo da hérnia das crucíferas
em ambientes de montanha do
município de Nova Friburgo, RJ**

*Eduardo Spitz de Carvalho
Renato Linhares de Assis
Adriana Maria de Aquino (in memoriam)*

***Embrapa Agrobiologia
Seropédica, RJ
2026***

Embrapa Agrobiologia

Rodovia BR 465, km 7
CEP 23891-000 - Seropédica, RJ
Caixa Postal 74.505
Fone: (21) 3441-1500
Fax: (21) 2682-1230
www.embrapa.br/agrobiologia
www.embrapa.br/sac

Comitê Local de Publicações**Presidente**

Bruno José Rodrigues Alves

Secretária-executiva

Carmelita do Espírito Santo

Membros

Ederson da Conceição Jesus,

Janaina Ribeiro Costa Rouws,

Luc Felicianus Marie Rouws,

Luis Cláudio Marques de Oliveira,

Luiz Fernando Duarte de Moraes,

Márcia Reed Rodrigues Coelho,

Marta dos Santos F. Ricci de Azevedo e

Nátia Élen Auras

Edição executiva

Ederson da Conceição Jesus

Normalização bibliográfica

Carmelita do Espírito Santo

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Maria Christine Saraiva Barbosa

Foto da capa

Renato Linhares de Assis

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agrobiologia

C331m CARVALHO Eduardo Spitz de. Manejo da hérnia das crucíferas em ambientes de montanha do município de Nova Friburgo, RJ. / Eduardo Spitz de Carvalho, Renato Linhares de Assis, Adriana Maria de Aquino (*in memoriam*). – Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2026.

PDF (41 p.): (Documentos / Embrapa Agrobiologia, 330 - ISSN 3086-0326).

1. Hortaliça. 2. Doença de planta. 3. Manejo agroecológico. I. Assis, Renato Linhares de. II. Aquino, Adriana Maria de (*in memoriam*). III. Série. IV. Embrapa Agrobiologia.

635.049 CDD 23. ed.

Autores

Eduardo Spitz de Carvalho

Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Doutor em Agrobiologia pelo PPGCTIA/UFRRJ, Professor CEFFA CEA Rei Alberto I, Nova Friburgo, RJ.

Renato Linhares de Assis

Engenheiro agrônomo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Doutor em Economia Aplicada (área de concentração Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) pela Universidade Estadual de Campinas, Pesquisador Embrapa Agrobiologia, Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores, Nova Friburgo, RJ.

Adriana Maria de Aquino (*in memoriam*)

Bióloga pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Doutora em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pesquisadora aposentada Embrapa Agrobiologia, Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores, Nova Friburgo, RJ.

Apresentação

A hérnia das crucíferas é uma doença causada pelo protozoário *Plasmodiophora brassicae*. Exclusiva das plantas da família Brassicaceae, que inclui algumas hortaliças de importância econômica como couve-flor, brócolos, couve, repolho e rúcula. Essa doença compromete o sistema radicular, determinando atrofia do crescimento vegetal, podendo levar à morte da planta.

Endêmica nas áreas tradicionais de cultivo dessas hortaliças, é uma doença que não possui estratégia efetiva de controle, o que determina que seja fundamental conhecer os impactos positivos e negativos de diferentes estratégias de manejo sobre a infestação e o desenvolvimento do patógeno nas áreas de cultivo dessas hortaliças.

No estado do Rio de Janeiro, o município de Nova Friburgo destaca-se como importante polo produtor de hortaliças, com grande relevância para cultivos de couve-flor e brócolos. Sendo assim, temos a satisfação de apresentar a presente publicação, *Manejo da hérnia das crucíferas em ambientes de montanha do município de Nova Friburgo, RJ*, que traz conhecimentos estabelecidos a partir de pesquisas desenvolvidas localmente por pesquisadores da Embrapa Agrobiologia e parceiros locais, constituindo importante base orientadora para a ação de profissionais que atuam na área agrícola do município em questão.

Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio
Chefe-Geral da Embrapa Agrobiologia

Sumário

Introdução	9
A hérnia das crucíferas	11
Histórico da doença	11
Ciclo do patógeno <i>Plasmodiophora brassicae</i>	12
Danos e sintomas da doença	13
Fatores que favorecem o patógeno e o aparecimento da doença	14
Meios de disseminação do patógeno	20
Estratégias de manejo dos sistemas de cultivo para redução da incidência da hérnia das crucíferas	22
Experiências com o cultivo de brássicas em Nova Friburgo <i>vis a vis</i> a incidência da hérnia das crucíferas	23
Considerações finais	31
Referências	32

Introdução

Localizado na Região Serrana Fluminense, o município de Nova Friburgo possui 2.057 unidades agrícolas, cuja área média é de 11,3 ha (IBGE, 2017), e uma estrutura agrária que inclui proprietários, arrendatários e meeiros. Em geral esses locais seguem um modelo de agricultura que tem como característica altas produtividades, a utilização intensiva do solo, com esgotamento de seus nutrientes, tornando-o incapaz de suprir as necessidades das culturas. Dessa forma, os agricultores são levados a aplicarem insumos químicos sintéticos de forma recorrente para assegurarem a produtividade. Esse procedimento, em diversas situações, determina desordens nutricionais que favorecem a emergência de organismos com grande potencial de causar danos às culturas. Estudos realizados na região mostram que o uso generalizado de agrotóxicos tem levado também à contaminação do lençol freático e comprometido a saúde dos agricultores (Peres, 2001; Levigard, 2001; Moreira et al., 2002; Gasparini e Freitas, 2013). Além disso, esse modelo de agricultura tem levado a uma vulnerabilidade social e a um acentuado processo de degradação ambiental que termina por comprometer a capacidade produtiva das unidades familiares, que são predominantes na estrutura agrária do município (Assis e Aquino, 2014).

O clima de Nova Friburgo é definido como tropical de altitude, com chuvas intensas, com 1.808 mm anuais, e grande variação entre verão e inverno, com 328 mm em janeiro e 33 mm em julho, respectivamente meses mais chuvosos e secos. Os granitos predominam nas rochas do subsolo que muitas vezes afloram no relevo, especialmente nas áreas mais íngremes e, por sua vez, nas áreas mais planas conferem características de pouca permeabilidade para as áreas de cultivo do município, onde a ocorrência de alagamentos é frequente no período de verão (Grisel e Assis, 2015).

A produção de hortaliças em Nova Friburgo, está entre as maiores no território fluminense e se destaca como principal atividade agrícola municipal. Entre os principais cultivos estão os de couve flor, brócolos,

tomate, repolho, inhame e ervilha, que são responsáveis por 78,8% do faturamento bruto do setor agrícola de Nova Friburgo (Emater-Rio, 2018). Verifica-se ainda que entre as hortaliças citadas, três são brássicas, nas quais se tem observado enormes prejuízos devido à incidência constante da hérnia das crucíferas nas áreas de produção. O patógeno causador da doença ataca praticamente todas as espécies de brássicas cultivadas e causa perdas que podem chegar a 100% (Manitoba Agriculture, 2009).

A hérnia das crucíferas é um dos principais problemas em áreas de produção de brássicas em todo o mundo, principalmente em regiões úmidas, com clima ameno, como zonas temperadas austrais e setentrionais ou regiões montanhosas de países tropicais (Dixon, 2006, 2009a).

No Brasil, essa doença ocorre principalmente na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, em Minas Gerais, em São Paulo e em todos os estados do Sul onde as condições climáticas são favoráveis (Marigoni, 1997).

Assim, Nova Friburgo possui um clima favorável ao cultivo de brássicas, mas também ao desenvolvimento da hérnia das crucíferas, que está amplamente disseminada em seu território. Embora o plantio de brássicas no município ocorra ao longo de todo ano, observa-se que os cultivos de outono/inverno são favorecidos pelo clima mais adequado ao desenvolvimento das plantas e a ocorrência da hérnia é menor; ao contrário, nos cultivos de primavera/verão as dificuldades são maiores, face às condições de temperatura mais elevada, associada à umidade, que favorecem a ação do patógeno, provocando maiores prejuízos. Porém, para os agricultores, os cultivos de primavera/verão, mesmo apresentando riscos de perda da cultura, representam possibilidades de maiores ganhos econômicos, posto que a maior dificuldade de produção determina menor oferta de produto e, conseqüentemente, maiores preços.

Diante da importância que a hérnia das crucíferas tem para essa família de plantas hortícolas, esse documento tem como objetivo, logo após breve revisão bibliográfica sobre esta fitomoléstia, apresentar discussão acerca da relação de diferentes estratégias de manejo

dos sistemas de cultivo de brássicas com a incidência da doença em questão, com ênfase em experiências desenvolvidas pela pesquisa acad mica e agricultores no município de Nova Friburgo, RJ.

A hérnia das crucíferas

A doença hérnia das crucíferas é causada por um patógeno biot rfico de solo, *Plasmodiophora brassicae* Woronin, que   taxonomicamente caracterizado como um protozoário (Braselton, 1995) e que foi identificado em 1878 por Michael Stepanovitch Woronin, na Rússia (Woronin, 1934).

Histórico da doença

Desde meados do século XIII, já se conhecia essa doença como causadora de danos às brássicas. No início do século XIX, mesmo com os poucos conhecimentos   época sobre microbiologia, o desenvolvimento da doença foi relacionado às condições de solo, sobretudo ao nível de sua fertilidade (Dixon, 2009a).

No século XVIII, a disseminação da doença foi ampliada com a Revolução Agrícola iniciada na Inglaterra, e que teve o incentivo ao cultivo de nabo, espécie susceptível   doença, como uma das principais estratégias do sistema de rotação denominado “Norfolk”, base das mudanças, e que eliminou a necessidade do pousio, até então preconizado no sistema de rotação trienal (Romeiro, 1998). Posteriormente, ao longo do século XIX, o aumento da incidência da hérnia das crucíferas foi associado   disseminação da Revolução Industrial, que determinou a expansão da demanda de alimentos, em que as brássicas eram utilizadas tanto para a alimentação humana como dos animais. No final do século XIX, a doença em questão já havia chegado a América do Norte e Austrália. No nordeste da Europa a produção de repolho para atender o consumo de inverno elevou a

hérnia das crucíferas a condição de endemia. Já na primeira metade do século XX foi possível demonstrar o ciclo de vida desse patógeno e, a partir de meados do século XX, a hérnia passou a ser considerada como um dos principais limitantes à produção de brássicas em todo mundo (Tommerup e Ingram, 1971).

Relata-se que na Ásia, as plantações de couve chinesa, importante fonte para a alimentação local, são consideradas ameaçadas pela hérnia das crucíferas. A expansão da doença tem sido assinalada em diversos países. O maior impacto econômico conhecido foi, possivelmente, o surto da doença no cultivo de canola no Canadá, em que as perdas chegaram a 96 % em alguns cultivares. Na Índia a doença é o principal problema na produção de mostarda, ao passo que Bangladesh e China são consideradas zonas de alto risco para disseminação da doença (Dixon, 2009a).

Em Nova Friburgo os agricultores desconhecem quando a doença surgiu, ou começou a provocar prejuízos à produção local, não obstante, há relatos que remontam a mais de 30 anos. E, de modo claro, percebe-se que o problema se agravou desde quando os cultivos se tornaram mais frequentes, e com intensidades que sobrecarregam particularmente o ambiente do solo, em decorrência da pressão provocada pelos sistemas de cultivo locais, o que gera condições favoráveis à conservação *in situ* do potencial de inóculo de *P. brassicae*.

Ciclo do patógeno *Plasmodiophora brassicae*

Considerava-se que o ciclo de vida desse patógeno se dividia em duas fases: uma nos pelos radiculares; e outra nas células corticais da raiz principal das plantas hospedeiras, que leva à formação de hipertrofia celular, com a consequente formação de galhas (Tommerup e Ingram, 1971). Porém, estudos atuais consideram que o ciclo de vida de *P. brassicae* compreende três fases: a primeira relacionada aos esporos de resistência; a segunda nos pelos radiculares das plantas hospedeiras; e a terceira no córtex das raízes principais.

A primeira fase inicia-se a partir do inóculo primário que ocorre nos tecidos de plantas hospedeiras mortas, que ao serem degradados no solo expõem os esporos, que são esféricos ou subesféricos e medem em torno de 3,0 μm (Buczacki e Cadd, 1976).

O processo de infecção dos pelos radiculares constitui a segunda fase desse patógeno, quando, a partir dos esporos há liberação de zoósporos primários biflagelados, que apresentam forma fusiforme ou piriforme e medem aproximadamente 2,8 a 5,9 μm de comprimento. Os dois flagelos são diferentes, um curto e outro longo. Estes zoósporos penetram nos pelos radiculares atravessando a parede celular e formam o plasmódio primário (Kageyama e Asano, 2009). Nessa fase ocorrem divisões nucleares que dão origem a plasmódios multinucleados que sofrem clivagem, formando zoosporângios. Em cada zoosporângio¹ são produzidos vários zoósporos secundários que são liberados no solo, iniciando a terceira fase (Tommerup e Ingram, 1971).

Em sequência, ocorre a infecção do córtex da raiz, que é a terceira fase e quando os zoósporos secundários penetram nos tecidos corticais e evoluem para plasmódios secundários que se multiplicam. Assim, após divisões nucleares, estes passam de binucleados para multinucleados, provocando a hipertrofia celular. Ao final dessa fase, os plasmódios secundários multinucleados desenvolvem estruturas de resistência, na forma de esporos, que são liberados no solo, reiniciando o ciclo (Kageyama e Asano, 2009).

Danos e sintomas da doença

Quando ocorre na fase de muda, a infecção causada por *P. brassicae* pode levar à morte da planta. Porém, se a infecção nessa fase ocorre tardiamente não há interrupção do crescimento, mas o padrão de desenvolvimento da muda se altera. Os sintomas da infecção estão relacionados à murcha reversível nas horas mais quentes do dia, subdesenvolvimento da parte aérea, floração

¹ Esporângio no qual se formam zoósporos.

acelerada, avermelhamento, clorose, necrose e abscisão das folhas. No sistema radicular ocorre a formação de galhas devido à hipertrofia das células dos tecidos colonizados (Marigoni, 1997; Dixon, 2009a). Em decorrência da formação de galhas, a manifestação da doença é conhecida como hérnia das crucíferas.

Assis e Aquino (2018) relatam que a hérnia das crucíferas é um problema fitossanitário exemplar, no que tange ao nível de desequilíbrio ambiental regional, que impacta os níveis de produtividade e, sobretudo, os custos monetários dos sistemas de produção de brássicas em Nova Friburgo, particularmente de couve-flor. Não há estudo disponível avaliando de forma precisa os danos dessa doença à economia da cadeia envolvendo o negócio local de hortaliças, porém, relatos de agricultores dão conta de que, em plantios na estação de verão, as perdas representam de 40 a 60%, fato que pode ser notado empiricamente em visitas às áreas de produção do município na época em questão.

Fatores que favorecem o patógeno e o aparecimento da doença

A hérnia das crucíferas é uma doença que pode ter relação direta com a intensidade do cultivo ao longo dos anos. Esta asserção é baseada em levantamentos, descritos por Dixon (2009a), de infecção do patógeno em rabanete, brássica que geralmente apresenta uma menor incidência da doença, mas que em locais onde seu cultivo é recorrente, apresenta mais registros de problemas com *P. brassicae*.

Temperatura e umidade do solo

Nas regiões de latitude ou altitude alta, em boa parte do ano ocorrem faixas de temperatura que favorecem a atividade de *P. brassicae*. Rosa et al. (2010), trabalhando em um cultivo de couve chinesa, verificaram que a condição ótima para infecção e disseminação desse

patógeno e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da doença, ocorreu quando as temperaturas alcançaram valores entre 20 e 25 C.

Hourich e Hori (1980) (apud Penalber, 2009) observaram que a incidência da doença é maior quando na camada de 0 a 20 cm do solo ocorreram teores de umidade acima de 46,5%, ao passo que nenhuma incidência foi observada em solos com teores de umidade abaixo de 11,8%. A severidade da doença aumenta na medida em que o teor de umidade excede 50% da capacidade de campo (Marigoni, 1997).

Segundo Penalber (2009), a germinação do esporo de resistência   favorecida quando em solo arenoso com teores de umidade variando de 60 a 90%. Em adendo, Dobson (1982) destaca que a classe estrutural influencia no processo de infecção, e que solos orgânicos, por possuírem maior capacidade de retenção de umidade do que solos siltosos e arenosos, devido a alta porosidade, têm a movimentac  o de *P. brassica* facilitada, tanto do zoósporo primário, responsável pela infecção no pelo radicular, quanto do zoósporo secundário, responsável pela infecção no córtex da raiz.

Movimentac  o de solo

Esporos de *P. brassicae* localizam-se nas camadas mais superficiais do solo, o que facilita a disseminação. Isso implica que sua movimentac  o pode ocorrer por meio de implementos agrícolas, pneus de veículos diversos, calçados, ferramentas, bandejas de isopor e pela movimentac  o da água da chuva e derivada da irrigação.

Acidez e Disponibilidade de Nutrientes no Solo

A acidez do solo favorece o desenvolvimento de *P. brassicae* (Araujo et al., 2009) e valores de pH em torno de 5,7 favorecem a severidade da doença. Webster (1986) verificou que tanto o número de infecções, quanto a maturac  o nos pelos radiculares são negativamente influenciados pela exposição em pH alcalino por três dias após a inoculação de *P. brassicae*. Na mesma direção, a redução

na incidência da hérnia em resposta à elevação do pH foi observada por Donald e Porter (2009) durante um período de 3-7 dias após a inoculação de *P. brassicae*.

O pH é possivelmente a característica físico-química do solo com maior influência no desenvolvimento desta doença, porém, os teores de Ca e Mg não devem ser negligenciados, posto que resultados denotam o controle da doença em valores de pH abaixo de 7,2, notadamente quando os teores de Ca e Mg no solo são elevados (Fletcher et al., 1982; Myers, 1985).

Há, possivelmente, sinergia envolvendo o pH alcalino e o alto teor de cálcio no solo no que se refere a alterações no tecido da espécie de brássica hospedeira e no desenvolvimento do ciclo do patógeno (Dixon e Webster, 1988). Em um primeiro momento, a premissa aceita acerca da função do Ca nessa questão era alicerçada no fato desse nutriente conferir rigidez às paredes celulares das raízes, tornando-as mais resistentes à infecção, e não a um efeito direto sobre o patógeno (Palm, 1958). Porém, o efeito do cálcio aparentemente extrapola sua função estrutural na planta, haja vista reduzir concomitantemente a infecção da raiz e inibir a produção de zoosporângios (Webster e Dixon, 1991).

Além do cálcio, estudos reportam resultados que evidenciam a ação antagonista no ciclo do patógeno associada a outros elementos químicos, como boro (B), nitrogênio (N) e potássio (K). Dixon e Page (1998) observaram o atraso no crescimento de plasmódios primários em zoosporângios de *P. brassicae* na presença de N, na forma de nitrato, e do B (Dixon e Webster, 1988; Dixon et al., 1987, apud Rosa et al., 2010). Em adendo, Ruaro et al. (2009) relataram que o aumento na quantidade de B na planta reduz a incidência da hérnia das crucíferas.

O B é um micronutriente essencial de indiscutível importância nutricional para as brássicas. Conforme Lima et al. (2013) esse elemento é constituinte da hemicelulose das paredes celulares e, entre outras, exerce função no transporte de açúcares pelas membranas. A sua deficiência traz prejuízos como: pontuações

escuras na inflorescência, medula oca e escurecida, e a podridão parda, necrose corticosa nas principais nervuras da folha (May et al., 2007). A disponibilidade desse elemento no solo é dependente do pH, sendo inversamente relacionada com este (Malavolta, 1989; Souza et al., 2004; Batista et al., 2018).

A deficiência de B no solo afeta o alongamento celular (Webster, 1986; Webster e Dixon, 1991). Por meio da regulação da atividade da auxina, o B contribui para a manutenção da integridade da parede celular, reduzindo a circulação do patógeno entre as células da planta hospedeira. Um efeito mais direto da regulação mediada por B no desenvolvimento de sintomas no córtex pode ser verificado por meio de hipertrofia das células infectadas, mediada por auxina (Dixon e Webster, 1988). Efeito interativo envolvendo o B e o Ca foi relatado por Palm (1958) ao observar que a deficiência desse micronutriente limita a ação do Ca no que tange a inibição do desenvolvimento de *P. brassicae*. Assim, níveis adequados de B nos tecidos vegetais são requeridos também com o intuito de alcançar melhor convivência com a hérnia das crucíferas, porém, torna-se necessário, no caso de solos ácidos, que se faça a correção da acidez de forma a elevar o pH, aumentar os teores de Ca trocável e a disponibilidade de B no solo.

Cabe salientar que a utilização de fontes de nutrientes que favoreçam de forma localizada a acidificação do solo no ambiente da rizosfera pode favorecer a ocorrência dessa patologia (Dobson, 1982; Donald, 2005).

Em relação ao K, há evidências de que influencia positivamente a incidência da hérnia das crucíferas. Após o processo de infecção, o fornecimento desse elemento favorece a expansão dos tecidos infectados (Palm, 1958). Em contrapartida, há relatos de que a deficiência de K leva à redução de até 60% no desenvolvimento dessa patologia (Pryor, 1940; Walter e Hooker, 1945). Por sua vez, estudo realizado em Nova Friburgo, indicou que aplicação no preparo do solo de altas doses de K pode ter compensado o desenvolvimento radicular de plantas colonizadas por *P. brassicae*, em solos com elevado índice de Al^{+3} (Bhering et al., 2017).

Vários autores têm reportado que o aporte de matéria orgânica no solo através da adubação verde tem algum efeito supressivo para doença (Penalnier, 2009). Isso ocorre, por conta do papel da matéria orgânica na conservação da biodiversidade das populações microbianas e da fauna invertebrada que vivem no solo. Dessa forma, a matéria orgânica atua multifuncionalmente em relação às características químicas, físicas e biológicas do solo (Costa et al., 2013).

Plantas hospedeiras e não hospedeiras de *Plasmodiophora brassicae*

Tendo em vista que o tempo de meia-vida do inóculo² de *P. brassicae* é de 3,6 anos (Wallenhammar, 1996), verifica-se que há necessidade de implementar, por longos períodos, estratégias de manejo envolvendo rotações de cultivos com espécies não hospedeiras, para a efetiva diminuição do número de esporos desse patógeno no solo. De acordo com este autor, estudos controlados em ensaios biológicos dão conta que são necessários 17,3 anos para que o número de esporos de *P. brassicae* não seja detectável a partir de um nível inicial de infestação de 100%.

Não obstante a necessidade de se adotar rotações culturais excluindo-se espécies hospedeiras (Niwa et al., 2008), espécies não hospedeiras também podem estimular a germinação dos esporos de *P. brassicae* (Kowalski e Bochow, 1996 apud Dixon, 2009b; Friberg e Lagerlöf, 2005; Friberg et al., 2006). Nesse sentido, há estudos mostrando que exsudados de, por exemplo, azevém (*Lolium perene*) (Friberg e Lagerlöf, 2005; Friberg et al., 2006), de coentro (*Coriandrum sativum*) (Rosa et al., 2010) e de mamão (*Carica papaya*) (Ludwig-Muller et al. 1999) foram responsáveis pelo estímulo à germinação de esporos desse patógeno.

² Tempo necessário para que o número de esporos (inóculo) de *P. brassicae* atinja o valor equivalente à 50% daquele observado inicialmente por ocasião de um surto.

Com abordagem diferente, outros estudos indicam que o aporte de matéria orgânica oriundo da biomassa vegetal produzida *in situ* promove modificações na abundância, na diversidade e na organização funcional da biota edáfica, devido às mudanças de habitat, disponibilidade de alimento, formação de microclimas e competição intra e interespecífica (Assad, 1997; Aquino et al., 2008; Zhu e Zhu, 2015), aspectos que podem contribuir para a supressividade do solo, qual seja, aumentar a inospitalidade natural do solo para o desenvolvimento de *P. brassicae*, que, de acordo com Bettiol e Ghini (2005) pode ser classificada em três níveis: (1) o patógeno não se estabelece ou se estabelece com pouca intensidade; (2) o patógeno se estabelece, mas o desenvolvimento da doença é limitado; e (3) o patógeno se estabelece e causa a doença, mas com severidade reduzida.

Há ainda estudos demonstrando que plantas cultivadas para fins medicinais e aromáticos como bardana (*Arctium minus*), salsa (*Petroselinum hortense*), cebolinha (*Allium fistulosum*), sálvia (*Salvia officinalis*), menta (*Mentha piperita*), calêndula (*Calendula officinalis*) e alfavaca (*Ocimum basilicum*), quando cultivadas em pré-plantio às brássicas reduzem a severidade da hérnia das crucíferas (Hasse et al., 2007).

Dentre os vários usos das plantas aromáticas nos sistemas de produção, destaca-se o uso no controle de pragas e doenças na horticultura, através de metabólicos secundários, especialmente óleos essenciais, obtidos a partir dos extratos aquosos produzidos com a maceração da biomassa fresca da parte aérea (Saito, 2004). Vidal (2010) mostrou que plantas de salsa, cebolinha, alho porró, hortelã e coentro, aplicados na forma de extrato em couve chinesa inoculada com *P. brassicae*, foram capazes de reduzir a infecção do patógeno devido à presença de compostos bioativos característicos das cumarinas e flavonóides, metabolitos secundários envolvidos nos sistemas de defesa das plantas. E, de acordo com Carvalho (2016), a ação antagonista de algumas espécies medicinais e aromáticas também pode ser observada por meio da aplicação de extratos produzidos a partir delas.

Meios de disseminação do patógeno

Os esporos de resistência são as estruturas responsáveis pelo nível de infecção observado nas lavouras de brássicas. O número de esporos no solo e as condições ambientais determinam o nível de formação de zoósporos primários e influenciam o transporte desses até próximo às raízes das plantas.

No solo os esporos encontram-se predominantemente na camada superficial, posto que 97% estão localizados na profundidade de 0 a 5 cm, o que favorece o carregamento dessas estruturas de resistência do patógeno concomitantemente às partículas de solo, a partir de fatores naturais, como a chuva e o vento. A dispersão pela água da chuva alcança maiores distâncias nas áreas de cultivo declivosas. Em adendo, nos solos argilosos desestruturados e secos o carregamento dos esporos é facilitado pela ação do vento (Dixon, 2009b).

Implementos agrícolas, pneus de veículos automotores, calçados de trabalhadores, ferramentas e cascos de animais são fatores inerentes à atividade agrícola e, na maioria das vezes, de difícil controle, porém, provocam a movimentação de partículas de solo entre áreas distintas, representando importante fonte de disseminação do patógeno (Dixon, 2009a; Donald e Porter, 2009). Isso pode ser observado nas unidades agrícolas onde a infestação inicial é normalmente verificada junto aos acessos das áreas de cultivo (Manitoba Agriculture, 2009).

As condições climáticas e as características do solo que favorecem a retenção de umidade também contribuem para a disseminação do patógeno, haja vista que *P. brassicae* se movimenta e é movimentado na água presente no solo. A irrigação mal dimensionada, ao elevar excessivamente a umidade do solo, também pode contribuir para potencializar a movimentação desse patógeno.

A água atua como agente de disseminação ao possibilitar o contato entre as estruturas reprodutivas de *P. brassicae* e as raízes do hospedeiro. Além de representar o meio no qual os zoósporos se dispersam no solo, a água é importante para sua formação e secreção, podendo influenciar decisivamente o processo de infecção. No entanto, tomando como base outros organismos com características semelhantes, a distância percorrida pelo zoósporo varia de 10 a 20 mm, indicando que o movimento do patógeno possivelmente depende mais de fatores externos do que do seu próprio movimento (Watson, 1967).

Cumpra salientar que a água utilizada para a irrigação pode conter esporos e, portanto, vir a contaminar novas áreas. *P. brassicae* já foi encontrado em lagoas (Datnoff, 1984), barragens e poços utilizados para irrigação (Faggian et al., 1998), permitindo hipotetizar que a fonte de contaminação seja a água de drenagem de solos infestados, que servem esses reservatórios. Donald (2005) avaliou a viabilidade de esporos de resistência na água, verificando após 34 meses a ocorrência de galhas nas raízes das plantas irrigadas com água contendo apenas 10 esporos/ml.

As bandejas utilizadas na produção de mudas também podem ser meios de disseminação, posto que, em várias etapas até o local de transplante são apoiadas no solo, possibilitando a contaminação em terrenos onde haja a presença do patógeno (Faggian et al., 1998). Isso pode ser minimizado incorporando-se o hábito de isolamento do contato direto com solo e da desinfestação das bandejas. Nesse sentido, Donald et al. (2002) demonstraram que a solução de hipoclorito na concentração de 0,1% é eficaz na desinfestação da bandeja antes do uso, sendo que, quando há presença de matéria orgânica, Donald e Porter, 2009, acrescentam que esse processo deve ser associado à lavagem sob alta pressão.

Destaque-se que, mesmo na ausência do hospedeiro, os esporos podem permanecer viáveis no solo por muitos anos (Wallenhammar,

1996), o que é ampliado pela presença contínua do cultivo de brássicas na área de produção (Murakami et al., 2004).

Estratégias de manejo dos sistemas de cultivo para redução da incidência da hérnia das crucíferas

No que se refere a estratégias de controle da hérnia das crucíferas, a necessidade de prevenção da doença é primordial, posto que ainda não há medida tecnicamente viável disponível para a erradicação de *P. brassicae* em solos infestados.

Nesse sentido, uma nova concepção local de manejo que busque efetivamente priorizar o enfrentamento da doença se torna imprescindível, visto os prejuízos diretos que esta provoca, agravado pelo fato de sua ocorrência apontar para desequilíbrios no ambiente de cultivo.

A base para a mudança está em definir um marco zero, ou seja, conhecer o estado das condições gerais do solo no momento inicial de diagnóstico. E, a partir desse marco, propor práticas no sentido de buscar o novo estado de equilíbrio sustentável, acompanhado de ferramentas que possibilitem ao próprio agricultor acompanhar a evolução do sistema de cultivo.

Dentre os instrumentos disponíveis ao alcance dos agricultores há a análise química de rotina de solo. A partir da análise química torna-se possível saber como se encontra o estado atual, bem como o equilíbrio envolvendo os teores da maioria dos macronutrientes essenciais, exceto o N e o enxofre, além do nível de acidez e da presença de alumínio tóxico. Desse modo, o resultado da análise de rotina de solo é fundamental para nortear práticas de correção e

de fertilização necessárias à manutenção da capacidade produtiva. Nesse caminho, uma medida importante é facilitar o acesso e incentivar os agricultores a coletarem as amostras de solo em intervalos trienais e encaminhá-las para análise. Concomitantemente, é essencial instrumentalizar tecnicamente os agricultores, fornecendo subsídios que os permita avaliar, cotidianamente, a evolução das condições do solo de suas unidades produtivas.

Destaca-se que a diminuição da acidez é um dos métodos mais antigos e mais praticados para reduzir a incidência desse patógeno (Karling, 1942). O calcário é o principal insumo utilizado para isso, porém, para obter bons resultados é necessário, como destacado por Campos et al. (2013), que o corretivo tenha alto poder de neutralização; ser bem distribuído e incorporado ao solo 60 dias antes do plantio da cultura comercial; e, sempre que possível, aplicado parceladamente, dividindo-se a dose recomendada de forma equânime antecedendo a aração e a gradagem.

Conquanto a incidência da doença dependa em grande medida da distribuição do inóculo de *P. brassicae* no solo, a efetividade da aplicação do calcário na redução da incidência de doença está relacionada à textura e ao teor de umidade do solo, bem como à quantidade e ao período transcorrido entre a aplicação e o plantio da cultura comercial (Donald e Porter, 2009).

Já, no que se refere à fertilização nitrogenada sintética, Dobson (1982) e Donald (2005), verificaram que a aplicação de nitrato de cálcio contribuiu para reduzir a incidência da hérnia das crucíferas e, por isso, tem sido preconizada em cultivos de brássicas.

Experiências com o cultivo de brássicas em Nova Friburgo *vis a vis* a incidência da hérnia das crucíferas

Observa-se nos ambientes de montanha do município de Nova Friburgo, que nas áreas novas de cultivo ou que permanecem em pousio por um longo período, os prejuízos decorrentes da hérnia das

crucíferas são menores, assim como em áreas de empréstimo de solo e aterradas, prática comum na região, onde o corte de morros é realizado para tornar mecanizáveis áreas muito íngremes, ou para “refazer” o solo aterrando áreas onde há problema fitossanitário como a hérnia das crucíferas. Isso realizado em função do entendimento dos agricultores de que nas áreas onde há o cultivo intensivo a incidência da doença é muito maior.

Essa prática de trazer para a parte de cima do terreno camadas subsuperficiais do solo, como estratégia de evitar a ocorrência da doença em questão, é frequente nas áreas agrícolas de Nova Friburgo, o que agrava o quadro descrito por Assis et al. (2018) de altas taxas de erosão verificadas nos ambientes de montanha locais. Segundo esses autores, em decorrência há elevação dos riscos econômicos para os agricultores, já elevados em decorrência do modelo de produção predominante altamente dependente de agroquímicos que oneram fortemente seus cultivos, bem como pela incerteza de preço que remunere adequadamente sua produção.

Os processos envolvidos com a mecanização podem indiretamente provocar a disseminação de inóculos de *P. brassicae*. A maioria das áreas ocupadas com o cultivo de brássicas em Nova Friburgo apresenta o relevo acidentado, sendo predominante o preparo do solo motomecanizado, normalmente feito no sentido do declive e com uso intensivo de enxada rotativa. Como consequência, a camada superficial do solo sofre intensa fragmentação tornando-o mais suscetível à erosão laminar, tanto por meio do carreamento das partículas de solo na água da chuva ou derivada da irrigação, quanto pelo vento transportando as partículas finas de solo. Verifica-se que o solo fragmentado, que perdeu agregados estáveis na camada superficial, apresenta a estrutura fortemente modificada tornando-se mais susceptível à compactação, o que dificulta a infiltração da água, amplificando o escoamento superficial e o arraste das partículas de solo em suspensão acompanhadas de estruturas de resistência de *P. brassicae*.

Deve-se distinguir o papel da irrigação na disseminação da hérnia das crucíferas, considerando que o método de aspersão, normalmente adotado nas lavouras de brássicas da região, favorece

a dispersão dos inóculos de *P. brassicae*. Isto se dá pelo uso de água contaminada, que é agravado em decorrência da elevada lâmina de água aplicada, visto que a irrigação em excesso acarreta o escoamento superficial, carreando estruturas de propagação do patógeno. Outras questões relevantes que levam à dispersão e ampliam a capacidade de disseminação da doença relacionada à irrigação são, respectivamente, a deriva da água pelo vento e o mal estado de conservação das tubulações e conexões do material de irrigação, que é responsável pelo transporte de inóculos para áreas circunvizinhas, ou ainda para os cursos d'água e reservatórios que abastecem a irrigação de outras unidades de produção (Watson, 1967; Dobson, 1982; Datnoff, 1984; Faggian et al., 1998; Donald 2005; Rosa et al., 2010).

No que tange a experiências dos agricultores de Nova Friburgo, torna-se relevante relatar, que a partir de um processo combinado de observação e ação cotidiana, diante dos prejuízos provocados pela hérnia das crucíferas em suas lavouras, verifica-se a prática da aplicação localizada de cal virgem, que apresenta alta concentração de Ca, no berço de transplântio das mudas. Esta prática visa minimizar os danos provocados às plantas pela infecção de *P. brassicae*. Contudo, em face da reação fortemente alcalina no solo, é comum notar-se o efeito de “queima” de raízes relacionado à alteração osmótica no rizoplane. Essa prática ainda carece de validação científica que evidencie tanto os mecanismos envolvidos no possível controle da patologia, quanto aos efeitos na comunidade microbiana e na fauna edáfica. Também, do ponto de vista tecnológico, não há recomendações relativas a doses ótimas aplicadas e a intervalos de tempo adequados desde a aplicação ao plantio das diferentes espécies comerciais de brássicas.

Por sua vez, segundo Assis e Romeiro (2005), práticas agroecológicas têm um potencial positivo como referencial teórico e instrumental importante, na implementação de processos de desenvolvimento agrícola sustentável, que tenham a agricultura familiar como foco prioritário. Nesse sentido, Assis et al. (2018), colocam que Nova Friburgo apresenta-se com experiências pioneiras, tanto

de produção como de pesquisa, articulando agricultores, agentes de desenvolvimento rural e pesquisadores no entendimento dos processos agroecológicos utilizados na região.

No que se refere às estratégias de manejo agroecológico que favoreçam a menos incidência da hérnia das crucíferas, Carvalho (2016) ressalta a importância de conhecer a qualidade do solo e, a partir disso, propor práticas agrícolas que busquem minimizar o impacto causado pela hérnia das crucíferas, além da necessidade de instrumentalizar o agricultor para gerir de forma autônoma o próprio sistema de produção no caminho da sustentabilidade.

Dentre as alternativas que se colocam, destacam-se as estratégias que favoreçam o aporte de matéria orgânica ao solo (Murakami et al. 2000). Uma estratégia interessante, visando ampliar a autonomia do agricultor pode ser alcançada, na escala da unidade de produção agrícola, por meio da intensificação da gestão *in situ* da produção de biomassa vegetal a partir da utilização de rotações de cultivos que incluam espécies de plantas para cobertura de solo e adubação verde, preferencialmente em cultivos com preparo mínimo de solo.

Em Nova Friburgo, Assis e Aquino (2018), verificaram que o incremento do nível de matéria orgânica do solo obtido com a realização de rotações de cultivo que incluam a adubação verde, proporcionou progressiva redução da incidência da hérnia das crucíferas. Isso culminou no terceiro ano da sucessão, em que nas áreas com adubação verde, a couve-flor não apresentou incidência da hérnia.

Carvalho (2016), com base em estudo de caso na principal região produtora de couve-flor do município de Nova Friburgo, coloca que relatos de agricultores a partir de suas observações cotidianas, indicam que a inserção do cultivo de milho e principalmente da aveia preta, como plantas de cobertura de solo nas rotações de cultivo com brássicas, contribui para a redução da incidência da hérnia das crucíferas. Os relatos evidenciaram que este problema fitossanitário tem influenciado a tomada de decisão a respeito do plantio de brássicas no verão, notadamente de couve-flor, visto ser o período mais propício ao aparecimento da doença e, simultaneamente, o mais favorável à comercialização. Assim, quando persistem com o

cultivo no verão procuram fazê-lo em áreas mais elevadas do terreno, evitando, portanto, que a ascensão de água do lençol freático aflore e provoque encharcamento.

No que se refere ao uso de aveia preta, em pré-cultivo de brássicas, como planta de cobertura de solo, diferentes estudos em Nova Friburgo corroboram essas experiências, ao indicar a contribuição do uso da aveia preta para a redução da incidência da hérnia das crucíferas nas áreas de cultivo de hortaliças do município (Aquino et al., 2014; Carvalho, 2016; Santos et al., 2016; Antonio et al., 2019; Assis et al., 2019; Assis et al., 2018; Salles et al., 2022). Aquino et al. (2014) destacaram a importância do “saber fazer” dos agricultores para que esses adotassem o uso da aveia preta como planta de cobertura de solo, pois passou a fazer sentido para eles.

No trabalho supracitado, Carvalho (2016) relata algumas práticas cotidianamente adotadas pelos agricultores que podem provocar o aumento da incidência e da disseminação da hérnia das crucíferas na região, com destaque para: o cultivo intensivo de brássicas, principalmente couve flor e brócolos; a utilização de mudas infectadas produzidas em estufas; a ausência ou a deficiência na correção da acidez do solo, e o emprego da fertilização sem critérios técnicos; as operações de preparo de solo e de manejo da irrigação favoráveis ao maior acúmulo de água; a origem da água de irrigação; o emprego de máquinas e equipamentos compartilhados; as rotações culturais deficientes; e a incorporação no solo do restolho de plantas doentes.

Percebe-se que, em geral os agricultores de Nova Friburgo têm clareza acerca da necessidade de evitar o plantio sucessivo da mesma espécie em uma mesma área, principalmente quando há histórico recente de perdas causadas pela hérnia das crucíferas. Os agricultores inclusive procuram manter em pousio algumas áreas com forte infestação. Todavia, verifica-se que estratégias de rotações de cultivos são implantadas de forma aleatória e com limitados níveis de planejamento, sendo a disponibilidade momentânea da área o principal fator determinante da escolha do momento para cultivo da aveia preta, bem como do seu manejo como planta de cobertura de solo (Carvalho, 2016; Antonio, 2017; Assis et al., 2018; Salles et al., 2022).

O preparo mínimo do solo e o plantio direto de hortaliças têm como suas principais características o reduzido revolvimento do solo, e quando associado ao uso de espécies de cobertura e adubação verde para a formação de cobertura vegetal morta sobre a superfície do solo, pode se tornar uma prática tecnicamente importante na contenção da disseminação da hêmia das crucíferas. Além do exposto, as práticas em questão promovem a proteção do solo quanto à erosão laminar, diminuem as oscilações térmicas, aumentam a capacidade de retenção de umidade, favorecem a atividade biológica e aumentam a capacidade de ciclagem de nutrientes no solo favorecendo a nutrição mineral dos cultivos comerciais (Antonio et al., 2019; Assis et al., 2018; Madeira e Lima, 2018).

Segundo, Aquino et al. (2014), no município de Nova Friburgo existem várias ações visando à introdução do plantio direto de hortaliças, sendo a aveia preta a planta de cobertura mais disseminada e objeto de apropriação pelos agricultores. Por um lado, isso decorre da dificuldade de se encontrar no mercado regional sementes de outras espécies para adubação verde, concomitantemente ao fato dos agricultores frequentemente já terem como *práxis* o cultivo de uma gramínea, milho, no período de verão.

Por fim, abordagens de socialização de conhecimentos agroecológicos, particularmente voltadas à agricultura familiar, que contemplem estratégias de experimentação participativa apresentam maiores possibilidades de apropriação pelos agricultores. O método participativo, fazendo uso de indicadores de fácil visualização com o apoio de materiais ilustrativos e didáticos, possibilita que o agricultor, notadamente àquele cujo desenho do sistema de produção seja simplificado, obtenha um entendimento mais claro acerca da importância do manejo e da conservação da agrobiodiversidade, bem como do papel relevante dos aspectos que compõem a biologia do solo e sua relação com a dinâmica dos cultivos (Pinto et al., 2019).

Nessa perspectiva, o monitoramento participativo da fauna edáfica subsidiou diálogo sobre processos ecológicos do solo com agricultor em cuja unidade agrícola foi conduzido um trabalho

de pesquisa por Assis e Aquino (2018), no qual observaram que, embora os agricultores já notassem vários “bichos do solo” em suas áreas de cultivo, principalmente minhocas, gongolos e formigas, e considerassem que esses são importantes para a qualidade do solo, não possuíam até então um entendimento em relação ao papel que estes organismos desempenhavam no ambiente agrícola. A prática incluiu discussão acerca de gráficos coloridos ilustrativos (Figura 1) dos diferentes grupos funcionais da fauna do solo encontrados, e observação dos “bichos” na lupa, o que possibilitou que os agricultores desenvolvessem uma percepção mais ampla acerca dos organismos de solo, entendendo o papel ecológico e as diferenças entre predadores (aranhas, alguns coleópteros, formigas), saprófagos (colêmbolos, formigas, gongolos, tatuzinho de jardim, baratas) e herbívoros (formigas, gafanhotos, percevejos), assim como foram capazes de concluir acerca da importância da diversidade para o controle de pragas.

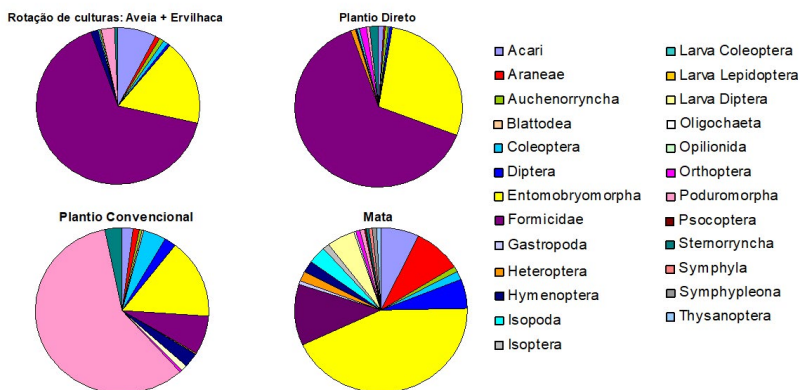


Figura 1. Fauna de artrópodes do solo encontrada em agroecossistemas sob três diferentes manejos e em área de vegetação natural de Nova Friburgo, RJ. Gráfico utilizado para diálogo com agricultor acerca dos tipos de organismos do solo. Fonte: Assis e Aquino (2018).

Segundo Assis e Aquino (2018), para a manutenção de uma dinâmica biológica favorável ao incremento dessa diversidade, foi possível para os agricultores associarem a importância da conservação em sua unidade agrícola de uma área de mata, de forma que esta servisse de refúgio para a fauna edáfica benéfica, possibilitando posteriormente a migração para as áreas de lavoura. Além disso, os agricultores afirmaram que os tratamentos com uso de adubação verde contribuíram para aumentar o número de “bichos” na terra, proporcionando um solo e uma produção de melhor qualidade, pois a terra era preta e mais macia.

Esses resultados reforçam as afirmações de Antonio et al. (2016), ao analisar processo de disseminação da adubação verde junto aos sistemas de produção familiares de Nova Friburgo, de que a capacidade de contribuir para a recuperação do solo foi o principal aspecto disseminador dessa prática na região, notadamente com o uso de aveia preta, que, por ser uma cultura de inverno, se adaptou muito bem ao período de menor produção e maior disponibilidade de terras em descanso.

De acordo com Assis e Aquino (2018), a melhoria da qualidade do solo se apresenta de forma perceptiva por parte dos agricultores, quando lhes é possível associá-la a seguintes aspectos de fácil visualização no solo tais como: maior “maciez”; raízes com desenvolvimento mais abundante; presença de invertebrados benéficos; melhor retenção de umidade e redução de escoamento de água superficial; e economia na irrigação. Concluem então que é possível para os agricultores relacionarem essa melhoria da qualidade do solo de suas unidades de produção com a diminuição da incidência da hérnia das crucíferas, bem como a um aumento da produtividade e qualidade das brássicas colhidas em áreas em que as rotações de cultivos com a inserção de plantas de cobertura de solo e adubação verde, favoreçam a regeneração e reequilíbrio das condições biológicas, físicas e químicas do solo.

Considerações finais

Verifica-se na realidade agrícola de Nova Friburgo (RJ), que a problemática da hérnia das crucíferas é reflexo, principalmente, da forma de produção local, percebendo-se a necessidade de trabalhos conjuntos envolvendo agricultores, pesquisadores e agentes de assistência técnica e extensão rural, gerando um ambiente de aprendizado mútuo e de confiança que leve a reflexões críticas a respeito da necessidade de adequações nos sistemas produtivos, tanto nos aspectos relativos ao manejo do solo quanto das culturas. Assim, torna-se possível construir localmente estratégias que envolvam princípios agroecológicos, buscando-se mudanças efetivas na gestão dos agroecossistemas, no sentido de ampliar a sustentabilidade das unidades agrícolas familiares locais.

Estratégias de manejo agrícola para a convivência e a minimização dos prejuízos causados pela hérnia das crucíferas são fundamentais, haja vista a importância socioeconômica dos cultivos de brássicas na região. Isso deve considerar a necessidade de mudanças na concepção do sistema produtivo local predominante, apontando caminhos cujo equilíbrio biótico e nutricional do complexo solo-planta seja favorecido, em detrimento do fitopatógeno *P. brassicae*. Assim, é importante compreender a doença não apenas a partir da relação de causa e efeito, mas principalmente como indicadora de desequilíbrios ambientais dos agroecossistemas locais, de forma a avançar com a gestão produtiva das unidades agrícolas da região.

Referências

ANTONIO, G. J. Y.; ASSIS, R. L. de; AQUINO, A. M. de; RIFAN, A. M.; PINTO, M. C. E. The adoption of green manure processes applied to vegetable cultivation systems in mountainous environments of Rio de Janeiro State, Brazil. **Open Agriculture**, Berlin, v. 4, p. 446-451, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335346723_The_adoption_of_green_manure_processes_applied_to_vegetable_cultivation_systems_in_mountainous_environments_of_Rio_de_Janeiro_State_Brazil. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

ANTONIO, G. J. Y.; ASSIS, R. L. de; AQUINO, A. M. de; RIFAN, A. M.; PINTO, M. C. E. Inovação agroecológica em sistemas de produção: experiência em ambientes de montanha no município de Nova Friburgo-RJ. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 11., 2016, Pelotas. **Anais...** [Florianópolis]: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2016.

ANTONIO, G. J. Y. Constituição de tecnologias sociais a partir de processo de desenvolvimento territorial endógeno: a experiência de ações participativas junto a sistemas de produção familiares em ambientes de montanha em Nova Friburgo (RJ). 116 f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Orgânica). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017.

AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de; FERREIRA, M. S. T.; PEREIRA, M. da S.; TEIXEIRA, O. A. Disseminação da aveia-preta como cobertura do solo em sistemas de cultivo de hortaliças em unidades de produção familiar na Região Serrana Fluminense. In: X Congresso da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, p. 1718-1723, 2014.

AQUINO, A. M. de; SILVA, R. F. D A; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARAES, M. de F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, New Jersey, v. 44, p. 191-197, 2008.

ARAUJO, M. A.; SOUZA, J. L. M.; LIMA NETO, V. D. C.; BRONDANI, G. E. Estimativa da incidência e severidade da hérnia das crucíferas em função do pH do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 6, p. 499-505, 2009.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: Vargas, M. A. T.; Hungria, M. (Org.): **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1997, p. 363-443.

ASSIS, R. L. de; ANTONIO, G. J. Y.; AQUINO, A. M. de. Ambientes de montanha: experiência de desenvolvimento endógeno e agricultura na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro (Brasil). **Cultura Científica**, v. 17: p. 10-17, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343272968_Ambientes_de_montana_experiencia_de_desarrollo_endogeno_y_agricultura_en_la_Region_Serrana_de_Distrito_de_Rio_de_Janeiro_Brasil. Acesso em: 04/01/2020.

ASSIS, R. L. de; AQUINO, A. M. de. The participatory construction of agro-ecological knowledge as a soil conservation strategy in the mountain region of Rio de Janeiro state (Brazil). **Open Agriculture**, Berlin, v. 3: p. 17-24, 2018. Disponível em: <https://www.degruyter.com/view/journals/opag/3/1/article-p17.xml>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

ASSIS, R. L. de; AQUINO, A. M. de. Geração participativa de conhecimentos entre pesquisadores e agricultores familiares na Região Serrana Fluminense: a experiência da Embrapa com o núcleo de pesquisa para agricultores. In: **CAMINHOS AGROECOLÓGICOS DO RIO DE JANEIRO: caderno de experiências agroecológicas**. Rio de Janeiro: Aspta, 2014. p. 133-142.

ASSIS, R. L. de; NETTO, A. L.; AQUINO, A. M. de. Construção participativa do conhecimento agroecológico em ambientes de montanha – experiências na Região Serrana Fluminense. In: Aquino, A. M. de; Netto, A. L.; Assis, R. L. de. (Org.): **Desenvolvimento sustentável em ambientes de montanha: estratégias e experiências**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Niterói: Programa Rio Rural, 2018, p. 141-161.

ASSIS, R. L. de; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura familiar na Região Centro-Sul do estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 155-177, 2005.

BATISTA, M. A.; INOUE, T. T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A. S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: Brandão Filho, J. U. T., Freitas, P. S. L., Berian, L. O. S., Goto, R. (Org.): **Hortalças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, p. 113-162. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos supressivos. In: Michereff, S. J.; Andrade, D.E.G.T.; Menezes, M. (Org.): **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, 2005. p. 125-152.

BHERING, A. S.; CARMO, M. G. F. do; MATOS, T. S.; LIMA, E. S. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do. Soil factors related to the severity of Clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 101, n. 8, p. 1345-1353, 2017.

BRASELTON, J. P. Current status of the plasmodiophorids. Abingdon: **Critical Reviews in Microbiology**, v. 21, n. 4, p. 263-275, 1995. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8688155> \n <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/10408419509113543>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

BUCZACKI, S. T.; CADD, S. E. Glasshouse evaluation of systemic compounds, derivatives of dithiocarbamic acid and other fungicides for the control of clubroot. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 84, n. 1, p. 43-50, 1976. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-7348.1976.tb01727.x>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

CAMPOS, D. V. B. de; FREIRE, L. R.; ZONTA, E.; EIRA, P. A. da; DUQUE, F. F.; DE-POLLI, H.; SOUTO, S. M.; SANTOS, G. de A.; ANJOS, L. H. C. dos. Adubos e corretivos. In: FREIRE, L. R. (coord.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica: Universidade Rural, 2013. cap. 5, p. 107-130.

CARVALHO, E. S. de. **Avaliação participativa da qualidade do solo e sanidade dos cultivos para o manejo integrado da hêmia de crucíferas em ambiente de montanha**. 2016. 111 f. Tese. (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>. Acesso em: 18 de dezembro de 2021.

DATNOFF, L. E. Occurrence and populations of *Plasmodiophora brassicae* in sediments of irrigation water sources. **Plant Disease**, Saint Paul. v. 68, n. 1, p. 200-203, 1984. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1984Articles/PlantDisease68n03_200.PDF. Acesso em: 12 de dezembro de 2015.

DIXON, G. R. *Plasmodiophora brassicae* in its environment. **Journal of Plant Growth Regulation**, Cham, v. 28, p. 212-228, 2009a.

DIXON, G. R. The Occurrence and economic impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. **Journal of Plant Growth Regulation**, Cham, v. 28, p. 194-202, 2009b.

DIXON, G. R. The biology of *Plasmodiophora brassicae* Wor. - a review of recent advances. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 706, n. 706, p. 271-282, 2006. Disponível em: http://www.actahort.org/members/showpdf?booknr=706_32. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

DIXON, G. R.; PAGE, L. V. Calcium and nitrogen eliciting alterations to growth and reproduction of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 459, p. 343-350, 1998. Disponível em: http://www.actahort.org/books/459/459_40.htm. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

DIXON, G. R.; WEBSTER, M. A. Antagonistic effects of boron, calcium and pH on pathogenesis caused by *Plasmodiophora brassicae* Woronin (clubroot) - a review of recent work. **Crop Research**, Ahmedabad, v. 28, p. 83-95, 1988.

DOBSON, R. Soil Water Matric Potential requirements for root-hair and cortical infection of chinese cabbage by *Plasmodiophora brassicae*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 72, n. 12, p. 1598, 1982. Disponível em: http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1982Articles/Phyto72n12_1598.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

DONALD, E. C. A.; LAWRENCE, J. M. A.; PORTER, I. J. A. Evaluation of a fluorescent staining technique as an indicator of pathogenicity of resting spores of *Plasmodiophora brassicae*. **Australian Plant Pathology**, Toowoomba East, v. 31, n. 4, p. 373-379, 2002.

DONALD, C.; PORTER, I. Integrated control of clubroot.: **Journal of Plant Growth Regulation**, Cham, v. 28, n. 3, p. 289–303, 2009. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00344-009-9094-7>. Acesso em: 12 de dezembro de 2015.

DONALD, E. C. **The influence of abiotic factors and host plant physiology on the survival and pathology of *Plasmodiophora brassicae* of vegetable brassicas**. 216 f. Tese (Doutorado), University of Melbourne, 2005.

EMATER-RIO. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. **Relatório por municípios do sistema ASPA/AGROGEO – ano 2018**. Niterói: Emater-Rio, 2018. Disponível em: <http://www.emater.rj.gov.br/images/munic2017.htm>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

FAGGIAN, R.; BULMAN, S. R.; LAWRIE, A. C.; PORTER, I. J. Specific polymerase chain reaction primers for the detection of *Plasmodiophora brassicae* in soil and water. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, n. 5, p. 392-397, 1998.

FLETCHER, J. T.; HIMS, M. J.; ARCHER, F. C.; BROWN, A. Effects of adding calcium and sodium salts to field soils on the incidence of clubroot. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 100, n. 2, p. 245-251, 1982. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-7348.1982.tb01936.x>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

FRIBERG, H.; LAGERLÖF, J.; RÄMERT, B. Usefulness of nonhost plants in managing *Plasmodiophora brassicae*. **Plant Pathology**, London, v. 55, n. 5, p. 690-695, 2006. Disponível em: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3059.2006.01408.x>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

FRIBERG, H.; LAGERLÖF, J. R. B. Germination of *Plasmodiophora brassicae* resting spores stimulated by a non-host plant. **European Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 113, p. 275-281, 2005.

GASPARINI, M. F.; FREITAS, C. M. de. Trabalho Rural, Saúde e Ambiente: as narrativas dos produtores de flor frente aos riscos ambientais. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 23-44, 2013.

GRISEL, P. N.; ASSIS, R. L. de. **Dinâmica agrária da região sudoeste do município de Nova Friburgo e os atuais desafios de sua produção hortícola familiar**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2015. 83p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 99).

HASSE, I.; MAY DE-MIO, L. L.; LIMA NETO, V. C. Efeito de pré-plantio com plantas medicinais e aromáticas no controle de *Plasmodiophora brassicae*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 1, p.74-79, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário de 2017**. 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

KAGEYAMA, K.; ASANO, T. Life Cycle of *Plasmodiophora brassicae*. **Journal of Plant Growth Regulation**, Cham, v. 28, p. 203-211, 2009.

KARLING, J. S. **Plasmodiophorales**. New York: Published by the author, 1942. 144p. Disponível em: <http://www.biodiversitylibrary.org/item/26596#page/7/mode/1up>. Acesso em: 25 de janeiro de 2016.

LEVIGARD, Y. E. **A interpretação dos profissionais de saúde acerca das queixas do sistema nervoso no meio rural**: uma aproximação ao problema das intoxicações por agrotóxicos. 90 f. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública), Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

LIMA, A. D.; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M. de; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. de L. Aducação borácica na cultura do girassol. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 3, p. 269-276, 2013. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/agroambiente/article/view/1237/1182>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

LUDWIG-MÜLLER, J.; BENNETT, R. N.; KIDDLE, G.; IHMIG, S.; RUPPEL, M.; HILGENBERG, W. The host range of *Plasmodiophora brassicae* and its relationship to endogenous glucosinolate content. **New Phytologist**, Lancaster, v. 141, p. 443-45, 1999. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1469-8137.1999.00368.x>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

MADEIRA, N. R.; LIMA, C. E. P. O sistema de plantio direto em hortaliças: aspectos gerais e uso nos ambientes de montanha da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. In: AQUINO, A. M. de; LÓPEZ NETTO, A; ASSIS, R. L. de. **Desenvolvimento sustentável em ambientes de montanha: estratégias e experiências**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Niterói: Programa Rio Rural, 2018. p. 187-203.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Ceres, 1989. 292p.

MANITOBA AGRICULTURE, F. A. R. **Clubroot of brassica crops**. 2009. Disponível em: <https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/plant-diseases/clubroot-brassica.html>. Acesso em: 12 de setembro de 2014.

MARINGONI, A. C. Doenças das crucíferas: brócolis, couve, couve chinesa, rabanete, repolho e rúcula. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas** 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 315-324.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO, M. Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: IAC, 2007. 36p.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; SARCINELLI, P. N.; BATISTA, D. F.; EGLER, M.; FARIA, M. V. C.; ARAÚJO, A. J. de; KUBOTA, A. H.; SOARES, M. de O.; ALVES, S. R.; MOURA, C. M.; CURTI, R. Avaliação Integrada do Impacto do uso de Agrotóxicos sobre a Saúde Humana em uma Comunidade Agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; AKIMOTO, T.; KUROYANAGI, Y.; SHISHIDO, Y. Quantitative studies on the relationship between plowing into soil of clubbed roots of preceding crops caused by *Plasmodiophora brassicae* and disease severity in succeeding crops. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 50, n. 8, p. 1307-1311, 2004. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.2004.10408609>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; SHISHIDO, Y. Soil suppressiveness to clubroot disease of Chinese cabbage caused by *Plasmodiophora brassicae*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11, p. 1637-1642, 2000.

MYERS, D. F. Lime and the Control of Clubroot of Crucifers: Effects of pH, Calcium, Magnesium, and Their Interactions. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, n. 6, p. 670, 1985. Disponível em: http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1985Abstracts/Phyto75_670.htm. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

NIWA, R.; NOMURA, Y.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Suppression of clubroot disease under neutral pH caused by inhibition of spore germination of *Plasmodiophora brassicae* in the rhizosphere. **Plant Pathology**, London, v. 57, n. 3, p. 445-452, 2008. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-3059.2007.01817.x>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

PALM, E. T. **Effect of mineral nutrition on invasiveness of *Plasmodiophora brassicae* Wor. and development of clubroot**. 75f. Tese (Doutorado). Oregon State College, Corvallis: 1958.

PENALBER, A. T. T. **Controle alternativo da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* em brócolis através de compostos orgânicos**. 158f. Tese. (Doutorado em Fitopatologia), Universidade de Brasília. 2009. Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9005/1/2009_AndrezaTavaresTomePenalber.pdf. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

PERES, F.; ROZEMBERG, B.; ALVES, S. R.; MOREIRA, J. C.; SILVA, J. J. O. Comunicação Relacionada ao uso de Agrotóxicos em Região Agrícola do Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 6, p. 564-570, 2001.

PINTO, M. C. E.; SCHEIFFER, T. G.; FRANCA, E. M.; AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. Metodologia participativa de indicadores de qualidade do solo: a conjunção do saber local e acad mico no processo de ensino-aprendizagem em agroecologia. In: SANTOS, C. C. (Org.). **Agroecologia: debates sobre a sustentabilidade**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, p. 51-58.

PRYOR, D. E. The effect of some mineral nutrients on the development of clubroot of crucifers. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 61, n. 2, p. 149-160, 1940.

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica das inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998. 272p.

ROSA, D. D.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L. Comportamento de híbridos de couve chinesa à isolados de *Plasmodiophora brassicae*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 4, p. 342-345, 2010.

RUARO, L.; LIMA NETO, V. da C.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Influência do boro, de fontes de nitrogênio e do pH do solo no controle de hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae*. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 34, p. 231-238, 2009.

SAITO, M. L. **As plantas praguicidas**: alternativa para o controle de pragas da agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004, 4p.

SALLES, R. E.; ASSIS, R. L. de; AQUINO, A. M. de. Conservação do solo na horticultura das regiões de Nova Friburgo (Brasil) e Buenos Aires (Argentina). **Revista Grifos**, Chapecó, v. 31, n. 56, p. 124-143, 2022.

SANTOS, C. A. dos; CARMO, M. G. F. do; BHERING, A. da S.; COSTA, E. S. P.; MATOS, T. de S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. do. **Queremos produzir couves ou batatas?** Seropédica: UFRRJ, 2016. 11p.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M. F. de; CASTIGLIONI, V. B. R. O boro na cultura do girassol. **Semana Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2216/1901>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

TOMMERUP, I. C.; INGRAM, D. S. The life cycle of *Plasmodiophora brassicae* Woron. in brassica tissue cultures and in intact roots. **New Phytologist**, Lancaster, v. 70, p. 327-332, 1971. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.1971.tb02531.x>. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

VIDAL, M. C. **Efecto de La Asociación de Plantas Aromáticas com *Brassica* spp. en el Control de La Hernia de Las Crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woron.)**. 152f. Tese (Doutorado), Universidad de Córdoba, 2010.

WALLENHAMMAR, A. C. Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. **Plant Pathology**, London, v. 45, n. 4, p. 710-719, 1996. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-3059.1996.d01-173.x>. Acesso em 15 de dezembro de 2015.

WALTER, J. C.; HOOKER, W. J. Plant nutrition in relation to disease development. II. cabbage clubroot. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 32, n. 8, p. 487-490, 1945.

WATSON A. G. The movement of *Plasmodiophora brassicae* in soil. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 57, p. 608, 1967.

WEBSTER, M. A. **pH and nutritional effects on infection by *Plasmodiophora brassicae* Wor. and on clubroot symptoms**. Tese. (Doutorado), University of Aberdeen, 1986. 276p. Disponível em: https://abdn.alma.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/44ABE_INST:44ABE_VU1/12152706900005941. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

WEBSTER, M. A.; DIXON, G. R. Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research**, London, v. 95, n. 1, p. 64-73, 1991. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)81363-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81363-4). Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

WORONIM, M. S. *Plasmodiophora Brassicae*: The Cause of Carbage H ria. **American Phytopathological Society**, Saint Paul, v. 4, p. 5-29, 1934.

ZHU, X.; ZHU, B. D. Diversity and abundance of soil fauna as influenced by long term fertilization in cropland of purple soil, China. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 146, p. 39-46, 2015.

