

Efeito de coberturas do solo sobre a podridão cinzenta do caule em *Vigna unguiculata*

Cheyla Magdala de Sousa Linhares¹, Francisco Cláudio Lopes de Freitas², Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio¹, Glauber Henrique de Sousa Nunes¹, Kaliane de Souza Silva¹

¹Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Centro de Ciências Agrárias, Campus Mossoró, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil.

²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Campus Viçosa, 36570-900, Viçosa, MG, Brasil.

Autor para correspondência: Cheyla Magdala de Sousa Linhares (cheyla_magdala@hotmail.com)

Data de chegada: 26/04/2017. Aceito para publicação em: 02/01/2018.

10.1590/0100-5405/174041

RESUMO

Linhares, C.M.S.; Freitas, F.C.L.; Ambrósio, M.M.Q.; Nunes, G.H.S.; Silva, K.S. Efeito de coberturas do solo sobre a podridão cinzenta do caule em *Vigna unguiculata*. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.2, p.148-155, 2018.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de coberturas do solo sobre a incidência e severidade da podridão cinzenta do caule em feijão-caupi. Foram conduzidos dois ensaios em esquema fatorial 5 x 2 x 2, com cinco coberturas de solo (*Brachiaria brizantha* (Braquiária), *Pennisetum glaucum* (Milheto), *Crotalaria spectabilis* (Crotalária), filme de polietileno e solo sem cobertura), duas formas de utilização do solo (esterilizado e não esterilizado) e duas condições de infestação do solo (infestado e não infestado com *Macrophomina phaseolina*). No primeiro experimento, as plantas de cobertura foram cultivadas em vasos e dessecadas com glifosato, para posterior plantio do caupi. O segundo consistiu do novo plantio do caupi nos mesmos vasos. A avaliação da incidência e severidade da doença

foi realizada aos 60 dias após o plantio. Determinou-se a massa seca do feijão em estufa e o monitoramento da temperatura do solo com dataloggers Campbell CR 1000. Os tratamentos com cobertura vegetal reduziram o aquecimento e a amplitude térmica em relação ao solo sem cobertura. O filme de polietileno proporcionou incremento nos referidos índices. No primeiro cultivo, o *P. glaucum* proporcionou a maior produção de massa da matéria seca do feijão-caupi. A massa de matéria seca das plantas de feijão-caupi foi maior em solo não esterilizado. O solo não esterilizado e infestado com *M. phaseolina* causou maior incidência da doença. Em solo não esterilizado, *B. brizantha* foi a cobertura que proporcionou maior incidência da doença.

Palavras-chave: Cobertura vegetal, *Macrophomina phaseolina*, Incidência, Severidade.

ABSTRACT

Linhares, C.M.S.; Freitas, F.C.L.; Ambrósio, M.M.Q.; Nunes, G.H.S.; Silva, K.S. Effect of soil cover on charcoal rot in *Vigna unguiculata*. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.2, p.148-155, 2018.

The objective of the present study was to evaluate the effect of soil covers on the incidence and severity of charcoal rot in cowpea. Two trials were conducted in 5 x 2 x 2 factorial arrangement, with five soil covers (*Brachiaria brizantha*, (*Brachiaria*) *Pennisetum glaucum*, (Millet) *Crotalaria spectabilis*, (*Crotalaria*), polyethylene film and bare soil), two ways of using the soil (sterilized and unsterilized) and two infestation conditions (soil infested with *Macrophomina phaseolina* and not infested). In the first trial, the cover plants were grown in pots and desiccated with glyphosate for subsequent planting of cowpea. The second trial consisted of new planting of cowpea in the same pots. Evaluation of the incidence

and severity of the disease was carried out at 60 days after planting. The dry mass of cowpea in a stove was determined and the soil temperature was monitored with data loggers Campbell CR 1000. The treatments with vegetal cover reduced heating and thermal amplitude relative to bare soil. The polyethylene film provided an increase in the respective rates. In the first cultivation, *P. glaucum* provided the greatest cowpea dry matter production. The dry matter mass of cowpea was higher in unsterilized soil. The unsterilized soil infested with *M. phaseolina* caused higher incidence of the disease. In unsterilized soil, *B. brizantha* was the cover that provided the highest incidence of the disease.

Keywords: Vegetal cover, *Macrophomina phaseolina*, incidence, severity.

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma planta herbácea, autógama, anual, sendo um importante alimento e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos (27). No Brasil, sua produção concentra-se nas regiões Norte e Nordeste (25). Apesar de ser considerada uma cultura rústica é acometida por diversas doenças, dentre elas, a podridão cinzenta do caule causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* (28). Este patógeno pode sobreviver em restos de culturas e hospedeiros alternativos, devido a sua capacidade saprofítica e produção de escleródios (7).

Sistemas de cultivo como o plantio direto (SPD) são conhecidos por afetar patógenos habitantes do solo (2, 23) devido ao aumento da comunidade microbiana do solo e a liberação de substâncias

tóxicas pelos materiais decompostos. Adubos verdes com alta relação C/N tendem a inibir a germinação de fungos habitantes do solo, pelo fato de imobilizarem o nitrogênio mineral, indisponibilizando-o para o patógeno (16).

A cobertura do solo com material vegetal no SPD constitui-se em uma barreira física, evitando a incidência direta da radiação solar e reduzindo as oscilações diárias da temperatura do solo (10). No SPD é importante a utilização de plantas de cobertura com alta capacidade de produção de massa seca para manter o solo coberto (9). Dentre as espécies empregadas, as poáceas apresentam facilidade de cultivo, potencial de produção de massa seca e maior teor de lignina, que retarda a taxa de decomposição, destacando-se as espécies *Brachiaria*

e *Pennisetum*. Embora em menor escala, devido a sua rápida decomposição, as leguminosas também são empregadas na formação de palhada.

Outra forma de cobertura do solo empregada em culturas sensíveis ao fungo *M. phaseolina* como melão e melancia é o filme de polietileno, que promove aquecimento do solo (10), podendo potencializar a ocorrência da doença. Cunha et al. (14) relatou que esta cobertura propiciou aumento de danos provocados pelo fungo *M. phaseolina* em plantas de pimentão em SPD.

Diante do exposto objetivou-se avaliar as coberturas do solo sobre a incidência e severidade da podridão cinzenta do caule em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos: o primeiro, de março a maio de 2013 e, o segundo, de junho a agosto de 2013, em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró-RN (5° 11' 17" Sul, 37° 20' 39" Oeste), sendo o segundo uma repetição do primeiro, porém utilizando as mesmas coberturas.

Primeiro experimento

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 x 2, e quatro repetições. Utilizaram-se cinco tipos de cobertura do solo: *Brachiaria brizantha* (Braquiária); *Pennisetum glaucum* (Milheto); *Crotalaria spectabilis* (Crotalária); filme de polietileno e solo sem cobertura; duas formas de utilização do solo (esterilizado e não esterilizado) e, duas formas de infestação (solo infestado e não infestado com *M. phaseolina*), com quatro repetições.

A unidade experimental foi constituída por vasos com 18 L de solo coletado em área nativa da Caatinga, sem histórico de doença, em Mossoró-RN. Posteriormente, o solo foi passado em peneira de 4,0 mm, e para os tratamentos com esterilização, o mesmo foi umedecido e autoclavado (duas vezes, em intervalos de 24 horas, durante uma hora a 120°C).

Incorporou-se aos solos, com e sem esterilização, 2,0 kg m⁻³ de N-P-K (04-14-08) e 3,0 kg m⁻³ de superfosfato simples. Foram realizadas duas adubações com 5,0 g vaso⁻¹ de N-P-K (10-14-10), aos 10 e 25 dias após o plantio do feijão-caupi. O plantio das coberturas foi realizado em épocas distintas, por terem ciclos diferentes. Por ocasião da floração da crotalária e do milheto, 50 dias após o semeio destas e 70 dias após o da braquiária, as plantas foram dessecadas com o herbicida glifosato (1.020 g ha⁻¹).

Os tratamentos solo sem cobertura e filme de polietileno foram mantidos sem vegetação, sendo que o filme de polietileno (lona de plástico preto – 0,3 micra) foi colocado sobre a superfície dos vasos, antes da semeadura do caupi. Aos 15 dias após a dessecação, as coberturas foram cortadas rente ao solo e secas à temperatura de 65 °C até obtenção de massa constante. Posteriormente, estas foram pesadas e recolocadas sobre os respectivos vasos. A semeadura do caupi, BRS Guariba, foi realizada colocando-se seis sementes por vaso a 3,0 cm de profundidade, efetuando-se o desbaste e mantendo três plantas por vaso.

O inóculo foi produzido com isolado de *M. phaseolina* do laboratório de Fitopatologia da UFERSA, que foi obtido de caupi com sintomas de podridão. O patógeno foi cultivado em meio BDA (batata-dextrose-ágar) + tetraciclina (0,05g/L) e repicado para substrato areno-orgânico umedecido com 20 mL de água destilada para cada 100 mL de substrato (18). Vinte frascos (500 mL) contendo o inóculo

(8 discos por frasco) foram mantidos no escuro, em BOD a 32°C, por quinze dias. Foi realizado, antes da infestação do solo, o plaqueamento do inóculo para testar a viabilidade. O solo (1/3 do volume do vaso) das parcelas pré-determinadas foi infestado na superfície antes do plantio das coberturas.

Foram instalados sensores termopares, a 5 cm de profundidade, para cada tratamento com a finalidade de monitorar a temperatura do solo. As coletas ocorreram a cada 10 min e, os dados armazenados em *dataloggers* Campbell CR 1000. Registrou-se as temperaturas para cada intervalo de uma semana durante o período de 03 a 10 semanas.

Ao final do ciclo da cultura (60 dias após o plantio) todas as plantas foram lavadas em água corrente e avaliadas quanto à incidência da doença. Para avaliação da severidade utilizou-se a escala de notas de 1-9 (1). Das plantas que apresentaram sintomas foram retirados fragmentos da área limítrofe, desinfestados com álcool 70% e hipoclorito de sódio 0,5%. Estes fragmentos foram plaqueados em meio BDA com tetraciclina (0,05 g L⁻¹). As placas foram acondicionadas em B.O.D a 28 ± 2 °C por sete dias. Após este período, os patógenos foram identificados por meio de microscópio óptico e, confirmado a presença de *M. phaseolina* nas plantas sintomáticas.

As plantas com e sem sintomas foram acondicionadas em sacos de papel e, encaminhadas à estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 65 °C. Após a obtenção de peso constante, foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca.

Segundo experimento

Aos 20 dias após a colheita do primeiro ciclo do caupi procedeu-se a nova pesagem das coberturas (Tabela 1) e, realizou-se a segunda semeadura da cultura nos mesmos vasos com as respectivas coberturas da fase anterior, para verificar a persistência do patógeno e o efeito residual das coberturas sobre a doença. O manejo da cultura e as avaliações seguiram os mesmos procedimentos do primeiro cultivo.

Os dados da incidência e severidade da doença, de ambos os experimentos foram analisados pelo teste não paramétrico para o modelo com dois fatores (26). A massa da matéria seca foi analisada pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o Sistema de Análise Estatística SAS (*Statiscal Analisys System*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve variação na produção de massa seca das coberturas para as variáveis esterilização e infestação do solo, porém, houve diferença entre a massa seca da palhada produzida pelas coberturas do solo (CS), na ordem decrescente: milheto, braquiária e crotalária (Tabela 1).

Maior produção de biomassa de milheto para formação de palhada também foi verificado por Silva Hirata et al. (27). Esta espécie apresenta rápido desenvolvimento, ciclo curto e grande produção de massa vegetal (19), indicado para situações onde se deseja rápida produção de massa seca em curto período entre o semeio e a dessecação. Além disso, no segundo plantio do caupi, o milheto e a braquiária também apresentaram maior quantidade de palhada (Tabela 1), devido ao maior volume de massa seca e menor perda por decomposição, em relação à crotalária (4).

As palhadas reduziram o aquecimento do solo e a perda de calor durante a noite, diminuindo a amplitude térmica em relação ao solo mantido sem cobertura (Figura 1). Esta redução foi de 3,4, 2,9 e 1,8 °C para milheto, braquiária e crotalária, respectivamente, em relação ao solo sem cobertura. Por outro lado, o filme de polietileno proporcionou

Tabela 1. Massa da matéria seca de palhada (gramas vaso⁻¹) por ocasião do plantio do feijão-caupi no primeiro e segundo experimento, para as diferentes coberturas em solos com e sem esterilização e infestados com *Macrophomina phaseolina* e não infestados.

Coberturas do solo	Solo infestado		Solo não infestado	
	Primeiro Experimento		Segundo Experimento	
	Solo esterilizado			
Braquiária	154,00 b	156,50 b	26,975 b	29,55 b
Crotalária	19,25 c	8,75 c	2,0375 c	4,1925 c
Milheto	357,75 a	176,75 a	53,5 a	39,975 a
Filme de polietileno	-	-	-	-
Sem cobertura	-	-	-	-
Solo não esterilizado				
Braquiária	125,5 b	108,5 b	27,825 b	38,575 b
Crotalária	92,75 c	50,25 c	25,975 b	10,575 c
Milheto	280,25 a	268,25 a	43,61 a	40,60 a
Filme de polietileno	-	-	-	-
Sem cobertura	-	-	-	-
CV(%)	31,4		37,23	

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação

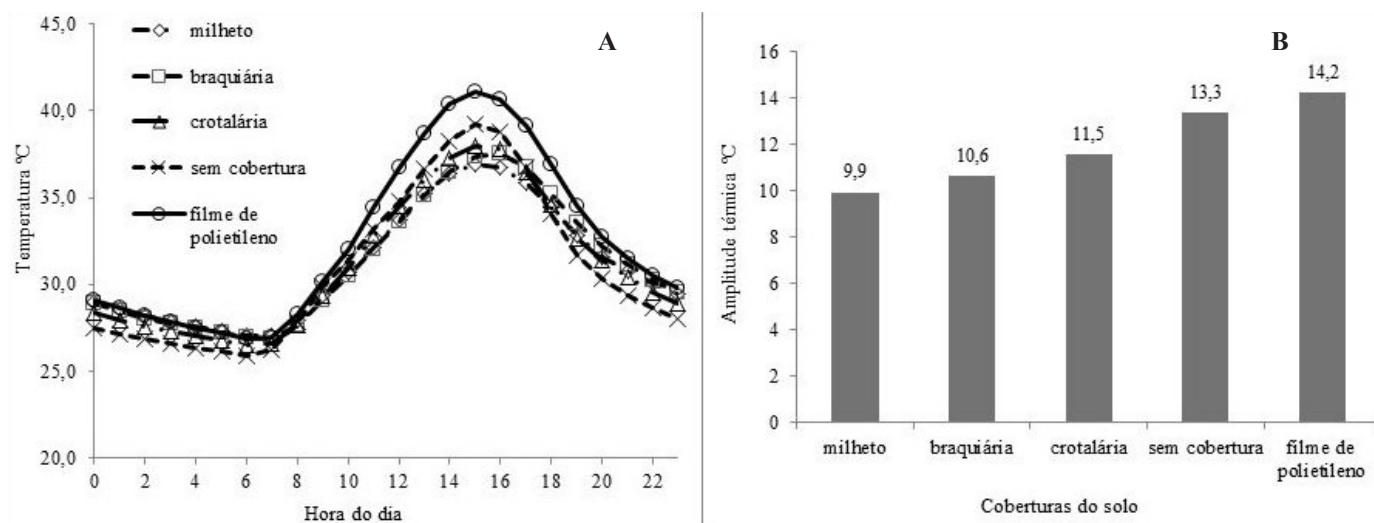


Figura 1. Temperatura média do solo ao longo do dia (A) e amplitude térmica do solo (B) para as diferentes coberturas no período de 14 a 60 dias após o plantio do feijão-caupi, no primeiro cultivo.

maior aquecimento e amplitude térmica do solo em relação aos demais, como observado também por Coelho et al. (10).

Para as variáveis incidência e severidade da doença houve interação significativa entre os fatores cobertura, infestação e esterilização do solo. Sendo assim, os dados foram analisados em três condições, na primeira, fixaram-se as coberturas, na segunda a infestação e, por último, a esterilização. Para braquiária, não foi constatado efeito da infestação do solo sobre as variáveis da doença nos dois cultivos do feijão-caupi (Tabela 2). Pesquisadores têm relatado efeito da braquiária no controle de patógenos habitantes do solo em feijoeiro (12), uma das justificativas é que a palhada funciona como barreira física impedindo a germinação de estruturas de fungos (13).

A braquiária, utilizada como cobertura no primeiro cultivo do caupi causou maior incidência e severidade da doença em solo não esterilizado. Provavelmente o solo estava infestado com *M. phaseolina* e, outros patógenos causadores de podridões (*Fusarium* sp.

e *Rhizoctonia solani*). Almeida et al. (3) também apontaram que *M. phaseolina* é naturalmente encontrado em solos de mata nativa, como observado no presente trabalho.

No milheto, não foi verificado efeito significativo nos parâmetros da doença, nos dois experimentos (Tabela 2), certamente devido ao menor aquecimento, manutenção da umidade do solo, liberação de compostos tóxicos e estímulo a antagonistas. Quando utilizaram palhada de milheto pesquisadores observaram controle de patógenos habitantes do solo (8, 20, 24). Pereira Neto & Blum (24) justificam que a redução da doença deve-se ao aumento de *Pseudomonas* do grupo fluorescente.

No primeiro cultivo do caupi, quando utilizou-se crotalária como cobertura, foi constatado maior incidência da doença em solo infestado. Já o fator esterilização do solo, não influenciou as variáveis estudadas (Tabela 2). Portanto, dentre os materiais orgânicos, crotalária causou menor efeito na redução da doença, possivelmente pela menor quantidade de palhada e maior decomposição (Tabela 1).

Tabela 2. Incidência e severidade da podridão cinzenta do caule para os níveis dos fatores esterilização e infestação do solo dentro de cada cobertura, para o primeiro e segundo experimento.

Coberturas do solo		Braquiária	Crotalária	Milheto	Filme de polietileno	Sem cobertura
Incidência da doença¹						
Infestação do solo						
Primeiro Experimento	Infestado	5,12(45,9) a	6,25(37,5) a	5,0(16,5) a	6,0(29,1) a	5,25(46,0) a
	Não infestado	3,87(8,4) a	2,75(25,1) b	4,0(8,3) a	3,0(0,0) b	3,75(4,1) a
	Esterilização do solo					
	Esterilizado	3,0(0,0) b	4,12(29,1) a	5,0(12,4) a	5,13(16,6) a	3,0(20,9) a
	Não Esterilizado	6,0(54,3) a	4,87(33,4) a	4,0(12,4) a	3,88(12,5) a	6,0(29,3) a
Infestação do solo						
Segundo Experimento	Infestado	5,25(66,6) a	4,75(54,0) a	5,25(37,5) a	4,62(29,1) a	5,25(62,4) a
	Não infestado	3,75(37,5) a	4,25(33,3) a	3,75(37,5) a	4,37(12,4) a	3,75(8,3) a
	Esterilização do solo					
	Esterilizado	5,75(54,1) a	6,0(33,3) a	4,0(25,0) a	3,87(12,5) a	3,25(29,1) a
	Não Esterilizado	3,25(50,0) a	3,0(24,9) a	5,0(50,0) a	5,12(29,0) a	5,75(41,6) a
Severidade da doença²						
Coberturas do solo		Braquiária	Crotalária	Milheto	Filme de polietileno	Sem cobertura
Infestação do solo						
Primeiro Experimento	Infestado	4,25(1,8) a	4,75(3,3) a	4,25(1,3) a	6,0(2,3) a	5,25(2,6) a
	Não infestado	4,75(2,3) a	4,25(2,8) a	4,75(1,7) a	3,0(1,0) b	3,75(1,2) a
	Esterilização do solo					
	Esterilizado	3,0(1,0) b	4,12(2,2) a	4,88(1,5) a	4,25(1,5) a	3,75(1,8) a
	Não Esterilizado	6,0(2,5) a	4,87(4,7) a	4,13(1,5) a	4,75(1,8) a	5,75(2,0) a
Infestação do solo						
Segundo Experimento	Infestado	5,63(4,4) a	6,0(3,9) a	3,75(3,5) a	5,13(2,9) a	5,75(5,2) a
	Não infestado	3,38(3,5) a	3,0(3,6) a	5,25(3,9) a	3,88(1,8) a	3,25(1,7) a
	Esterilização do solo					
	Esterilizado	5,0(4,1) a	4,88(3,0) a	3,75(2,6) a	3,0(1,9) b	3,5(3,3) a
	Não Esterilizado	4,0(3,8) a	4,13(2,3) a	5,25(4,8) a	6,0(2,8) a	5,5(3,6) a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ¹ Valores referentes à incidência são “rank” médios obtidos por análise não paramétrica fatorial, com valores reais em porcentagem apresentados entre parêntese. ² Valores referentes à severidade são “rank” médios obtidos por análise não paramétrica fatorial, com valores reais apresentados entre parênteses, em notas com escala de 1 a 9.

A decomposição de crotalária no solo pode liberar amônia e ácido nítrico que pode ocasionar um efeito tóxico a patógenos (17). No caso do fungo *M. phaseolina*, certamente estes compostos liberados, ou a suposta baixa concentração, não causam toxicidade ou, este material pode ser hospedeiro deste fungo, como relatam Basu-Chaudhary & Pal (6). Outros pesquisadores também indicam aumento de doença quando utilizaram crotalária (20, 29).

Contrariamente, Oliveira (23) e Cruz et al. (15), verificaram que a cobertura a partir da crotalária proporcionou menor porcentagem de podridão radicular em caupi e meloeiro, respectivamente. Portanto, pode-se afirmar que a eficiência da cobertura vegetal varia, também, com o patógeno a ser controlado.

A cobertura com filme de polietileno preto causou maior incidência e severidade da doença no solo infestado com *M. phaseolina*, no primeiro experimento (Tabela 2). Esta é amplamente utilizada no Nordeste brasileiro em cultivos de melão e melancia, no entanto, a

elevação da temperatura pode criar condições propícias à incidência de patógenos termotolerantes. Cunha et al. (14) relataram que o filme de polietileno causou maior incidência de *M. phaseolina* em plantas de pimentão em relação à braquiária, devido ao maior aquecimento do solo proporcionado por esta cobertura.

No solo sem cobertura, não foi constatada diferença entre os fatores, tanto na incidência quanto na severidade da doença (Tabela 2). A cobertura vegetal, em muitos casos, tende a reduzir a população do patógeno, por vários fatores já enfatizados anteriormente. Porém, quando não se tem cobertura, há uma baixa concentração de nutrientes que estimulariam os antagonistas no solo.

No primeiro experimento, na incidência da doença, solo sem cobertura, houve interação entre os fatores, esterilização e infestação, (Tabela 3). No solo esterilizado, não houve diferença entre infestado e não infestado. Porém, quando o solo não foi esterilizado a incidência da doença foi maior em solo infestado (Tabela 3). Provavelmente devido

à ocorrência de *M. phaseolina* no solo não esterilizado, que ao ser infestado artificialmente, aumentou o potencial de inóculo.

Houve interação entre os fatores esterilização e infestação do solo quando utilizou-se o milho como cobertura, para a incidência e severidade da doença no segundo experimento. A incidência da podridão foi maior quando o solo não foi esterilizado e, quando infestado (Tabela 4). É provável que os compostos oriundos da decomposição do milho, bem como o estímulo aos antagonistas, não foram suficientes para redução do potencial de inóculo de *M. phaseolina* que havia naquela condição. O milho é um material promissor para controle de patógenos radiculares (7) e, apresentou efeito no presente trabalho, porém, o

Tabela 3. Incidência da podridão cinzenta do caule, pela interação entre os fatores esterilização e infestação do solo, para o solo sem cobertura no primeiro experimento.

Infestação do solo	Esterilização do solo	
	Esterilizado	Não esterilizado
Infestado	3,0(25,0) aB	7,5(50,0) aA
Não infestado	4,5(33,3) aA	3,0(16,8) bA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Incidência e severidade da podridão cinzenta do caule para os fatores coberturas e esterilização do solo, fixando-se a infestação do solo, para o primeiro e segundo experimento.

Cobertura	Incidência da doença ¹			
	Infestação do solo			
	Primeiro Experimento		Segundo Experimento	
	Infestado	Não infestado	Infestado	Não infestado
Braquiária	11,0 (45,9) a	11,75(8,4) a	14,25(66,6) a	10,75(37,5) a
Crotalária	10,25(37,5) a	15,4(25,0) a	12,25(54,0) a	7,63(4,1) a
Milho	9,75 (16,5) a	10,38 (8,3) a	6,75(37,5) a	16,0(37,5) a
Filme	9,75 (29,5) a	7,5(0,0) a	6,25(29,1) a	9,13(12,4) a
Sem cobertura	11,75(46,5) a	7,5(4,1) a	13,0(62,4) a	9,0(8,4) a
Esterilização do solo				
Esterilizado	7,1(21,7) b	10,35(8,4) a	13,5(56,6) a	9,25(5,0) a
Não esterilizado	13,9(48,4) a	10,65(10,0) a	7,5(43,3) b	11,75(35,0) a
Coberturas	Severidade da doença ²			
	Infestação do solo			
	Primeiro Experimento		Segundo Experimento	
	Infestado	Não infestado	Infestado	Não infestado
Braquiária	9,13(1,8) a	10,13(1,7) ab	12,25(4,4) a	11,0(3,5) a
Crotalária	13,0(3,3) a	17,13(3,6) a	12,25(3,9) a	12,75(3,9) a
Milho	8,13(1,3) a	11,25(1,7) ab	9,75(3,5) a	9,0(1,3) a
Filme	10,5(2,3) a	7,0(1,0) b	4,38(2,9) a	10,13(1,8) a
Sem Cobertura	11,75(2,6) a	7,0(1,2) b	13,88(5,2) a	9,63(1,7) a
Esterilização do solo				
Esterilizado	6,85(1,6) b	9,6(1,5) a	9,3(3,4) a	7,0(1,4) b
Não esterilizado	14,15(2,9) a	11,4(2,1) a	11,7(4,5) a	14,0(3,5) a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.^{1/} Valores referentes à incidência são “rank” médios obtidos por análise não paramétrica fatorial, com valores reais em porcentagem apresentados entre parêntese.^{2/} Valores referentes à severidade são “rank” médios obtidos por análise não paramétrica fatorial, com valores reais apresentados entre parênteses, em notas em escala de 1 a 9.

Tabela 4. Incidência da podridão cinzenta do caule, pela interação entre os fatores esterilização e infestação do solo, para o milho no segundo experimento.

Infestação do solo	Esterilização do solo	
	Esterilizado	Não esterilizado
Infestado	aB (16,5)5,0	aA (16,5)7,5
Não infestado	aA (8,3)3,0	bA (8,3)2,5

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Severidade da podridão cinzenta do caule, pela interação entre os fatores esterilização e infestação do solo, para o milho no segundo experimento.

Infestação do solo	Esterilização solo	
	Esterilizado	Não esterilizado
Infestado	3,0(1,3) aA	3,0(1,3) bA
Não infestado	4,5(1,7) aB	7,0(1,7) aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

estímulo aos antagonistas ocorre de forma lenta, o que pode justificar o retardo no controle deste fungo quando em alto potencial de inóculo.

Observou-se que a severidade da doença foi maior quando o solo não foi esterilizado e, quando não se procedeu a infestação (Tabela 5). Uma explicação para tal fato deve-se a presença de *M. phaseolina* no solo não esterilizado. Como relatado anteriormente, este fitopatógeno estava adaptado ao ambiente e quando encontrou o hospedeiro, seus mecanismos de ataque foram ativados rapidamente. Em contrapartida, esperava-se que a severidade da doença fosse maior quando se infestou o solo. Porém, ressalta-se a suposição de que o patógeno produzido artificialmente precisa de um tempo para se adaptar ao ambiente ao qual foi introduzido e não conseguirá ser tão hábil quanto aquele que já se encontra no habitat natural. Além disso, o patógeno enfrenta a competição com outros microrganismos que se encontram no solo e são estimulados pela cobertura vegetal.

Na incidência da doença, observa-se que não houve efeito das coberturas quando se procedeu a infestação ou não do solo, nos dois experimentos (Tabela 6), embora no primeiro experimento tenha ocorrido menor incidência no solo com palhada de milho em relação as demais coberturas vegetais. Observou-se ainda, em ambos os experimentos, que a maior incidência da doença ocorreu no solo não esterilizado, certamente por *M. phaseolina* já se encontrar no solo.

No caso da severidade (Tabela 6), constata-se que só houve efeito significativo das coberturas quando não se procedeu a infestação no primeiro experimento, sendo que a cobertura de crotalária causou maior severidade da doença em relação ao filme de polietileno e ao solo sem cobertura. Foram verificadas plantas doentes em solo não infestado e esterilizado devido, provavelmente, a ocorrência de *M. phaseolina* nas sementes do caupi. Alguns estudos também revelam a presença deste fungo em sementes de feijão-caupi (5, 11).

No solo não infestado, primeiro ensaio, não houve diferença entre solo esterilizado e não esterilizado, para a incidência e severidade da doença. Sendo que, em ambos os experimentos, a maior severidade ocorreu no solo não esterilizado (Tabela 6).

Na tabela 7, primeiro experimento, verifica-se que as coberturas influenciaram a incidência e severidade da doença em solo não esterilizado. No segundo experimento, braquiária causou maior incidência da doença em relação ao filme de polietileno preto, efeito contrário foi observado por Cunha et al. (14) onde relataram menor incidência de *M. phaseolina* no pimentão quando utilizaram cobertura de braquiária.

Na tabela 8, no experimento 1, a cobertura de milho proporcionou maior massa da matéria seca de caupi, porém não diferiu estatisticamente da cobertura de braquiária e do filme de polietileno preto. O solo sem

Tabela 7. Incidência e severidade da podridão cinzenta do caule para os fatores coberturas e infestação do solo, fixando-se a esterilização do solo, para o primeiro e segundo experimento.

Incidência da doença¹				
Esterilização do solo				
Coberturas	Primeiro Experimento		Segundo Experimento	
	Esterilizado	Não esterilizado	Esterilizado	Não esterilizado
Braquiária	13,5(0,0) a	18,0(54,3) a	25,81(54,1) a	25,81(50,0) a
Crotalária	26,19(29,1) a	14,0(33,4) a	21,38(33,3) ab	21,38(50,0) ab
Milheto	20,06(12,4) a	5,0(12,4) b	18,88(25,0) ab	18,88(29,0) ab
Filme	20,94(16,3) a	7,5(12,5) b	15,75(12,5) b	15,75(24,9) b
Sem cobertura	21,81(20,9) a	8,0(29,3) b	20,69(29,1) ab	20,69(41,6) ab
Infestação do solo				
Infestado	22,78(21,7) a	13,33(48,2) a	28,25(56,6) a	28,25(43,3) a
Não infestado	18,23(10) a	6,25(8,4) b	12,75(5,0) b	12,75(35,0) b
Severidade da doença²				
Esterilização do solo				
Coberturas	Primeiro Experimento		Segundo Experimento	
	Esterilizado	Não esterilizado	Esterilizado	Não esterilizado
Braquiária	13,0(1,0) a	14,25(2,0) ab	24,88(4,1) a	12,75(3,8) a
Crotalária	26,31(2,2) a	15,25(4,7) a	21,06(3,0) a	6,38(2,3) a
Milheto	19,94(1,5) a	4,0(1,5) c	18,88(2,6) a	15,25 (4,8) a
Filme	20,19(1,5) a	6,25(1,8) c	16,13(1,9) a	8,0(2,8) a
Sem Cobertura	23,06(1,8) a	12,75(2,5) ab	21,56(3,3) a	10,13(3,6) a
Infestação do solo				
Infestado	22,38(1,6) a	11,08(2,9) a	28,08(4,5) a	12,0(3,5) a
Não infestado	18,63(1,5) a	9,63(2,1) a	12,92(1,4) b	8,25(3,4) a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.^{1/} Valores referentes à incidência são “rank” médios obtidos por análise não paramétrica fatorial, com valores reais em porcentagem apresentados entre parêntese.^{2/} Valores referentes à severidade são “rank” médios obtidos por análise não paramétrica fatorial, com valores reais apresentados entre parênteses, em notas em escala de 1 a 9.

Tabela 8. Massa da matéria seca das plantas de feijão-caupi, submetidas às fontes de variação: solo (esterilizado e não esterilizado); infestação (solo infestado e não-infestado com *Macrophomina phaseolina*) e coberturas (braquiária; crotalária; milheto; filme e solo sem cobertura).

Coberturas	Primeiro	Segundo
	Experimento	Experimento
Braquiária	17,91 ab	7,99 b
Crotalária	14,44 bc	9,69 ab
Milheto	24,3 a	8,6 b
Filme	19,64 ab	12,37 a
Sem cobertura	9,81 c	7,11 b
Esterilização do solo		
Esterilizado	14,29 b	7,39 b
Não esterilizado	20,15 a	10,92 a
Infestação do solo		
Infestado	21,03 a	9,32 a
Não infestado	13,41 b	8,99 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Interação entre os fatores coberturas e infestação do solo, sobre a produção de matéria seca no primeiro experimento.

Coberturas do solo	Infestação do solo	
	Infestado	Não infestado
Braquiária	16,76 ab	22,89 ab
Crotalária	10,97 ab	19,84 ab
Milheto	17,19 ab	26,88 a
Filme	21,29 a	19,6 ab
Sem cobertura	8,64 b	16,0 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

cobertura foi o que proporcionou menor média da MS, no entanto, não diferiu da crotalária (Tabela 8).

No fator esterilização solo, em ambos os experimentos, constata-se maior MS em solo não esterilizado (Tabela 8). Assim como Cruz et al. (15) este resultado pode ser explicado pela presença de microrganismos no solo não esterilizado, pertencentes à comunidade nativa deste solo. Estes podem liberar substâncias promotoras de crescimento e favorecer a decomposição dos adubos verdes. Portanto, solos esterilizados têm a biomassa microbiana eliminada, seguida por redução drástica na ciclagem de nutrientes e mineralização da matéria orgânica, prejudicando o desenvolvimento das plantas (21). Para o fator infestação, ocorreu maior MS quando o solo foi infestado apenas no primeiro experimento (Tabela 8).

Quando o solo foi infestado, o filme de polietileno preto (Tabela 9) proporcionou a maior MS, não diferindo das coberturas vegetais, porém, diferindo do solo sem cobertura. Entretanto, quando o solo não foi infestado, a cobertura de milheto proporcionou maior valor numérico de MS, diferindo estatisticamente apenas do solo sem cobertura, que foi o que propiciou menor valor numérico de MS.

O presente estudo demonstrou que as coberturas vegetais reduziram o aquecimento e a amplitude térmica do solo. O filme de polietileno

proporcionou incremento nos referidos índices. A massa da matéria seca do feijão-caupi foi superior em solo não esterilizado, sendo que, no primeiro cultivo, o *P. glaucum* proporcionou maior produção de massa. O solo não esterilizado e infestado com *M. phaseolina* causou maior incidência da doença. Em solo não esterilizado, *B. brizantha* foi a cobertura que proporcionou maior incidência da doença. E a massa da matéria seca das plantas de feijão-caupi foi maior em solo não esterilizado.

REFERÊNCIAS

- Abawi, G.S.; Pastor-corrales, M.A. **Root rots of bean in Latin America and Africa:** diagnosis, research methodologies and management strategies. 35.ed. Bogotá: Centro de Agricultura Tropical, 1990.v.1, 114p.
- Abawi, G.S.; Widmer, T.L. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied Soil Ecology**, Netherlands, v.15, n.1, p.37-47, 2000.
- Almeida, A.M.R.; Torres, E.; Farias, J.R.B.; Benato, L.C.; Pinto, M.C.; Marin, S.R. R. **Macrophomina phaseolina em soja:** sistema de semeadura, sobrevivência em restos de cultura e diversidade genética. Londrina: Embrapa Soja. 2001. 47p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 34).
- Alvarenga, R.C.; Cabezas, W.A.L.; Cruz, J.C.; Santana, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- Araújo, E. Diagnóstico da patologia de sementes de caupi: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.7, n.1, p.91-103, 1985.
- Basu-Chaudhary K.C.; Pal,A.K.; Infection of sunn hemp *Crotalaria juncea* seeds by *Macrophomina phaseolina*. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, n.1, p.151-153, 1982.
- Bueno, C.J. **Produção e preservação de estruturas de resistência de fungos fitopatogênicos habitantes do solo.** 2004, 101f. Tese (Doutorado em proteção de plantas) – Universidade Estadual Paulista/ FCA, Botucatu.
- Cassiolato, A.M.R. Ecologia de fungos fitopatogênicos formadores de esclerócios. In: Melo, I.S.; Azevedo, J.L. **Ecologia microbiana.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998.v.1, cap.5, p.139-165.
- Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Flecha, A.M.T.; Pavinato, P.S.; Vieira, F.C.B.; Mai, M.E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.26, n.1, p.163-171, 2002.
- Coelho, M.E.H.; Freitas, F.C.L.; Cunha, J.L.X.L.; Silva, K.S.; Grangeiro, L.C.; Oliveira, J.B. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.31, n.2, p.369-378, 2013.
- Choudhury, M.M. Testes de sanidade de sementes de caupi. In: Soave, J.; Wetzel, M.M. (Ed.). **Patologia de sementes.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.16, p.371-385.
- Costa, J.L.S. Reconstrução do solo e manejo de culturas no controle de doenças radiculares. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, Suplemento, p.37-38, 2002.
- Costa, G.R.; Costa, J.L.S. Efeito da aplicação de fungicidas no solo sobre a germinação carpogênica e miceliogênica de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v.34, n.3, p.133-138, 2004.
- Cunha, J.L.X.L.; Freitas, F.C.L.; Ambrósio, M.M.Q.; Fontes, L.O.; Nascimento, P.G.M.L.; Guimarães, L.M.S. Comunidade microbiana do solo cultivado com pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional associado ao manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.32, n.3, p.543-554, 2014.
- Cruz, B.L.S.; Ambrósio, M.M.Q.; Porto, M.A.F.; Dantas, A.M.M.; Nascimento, S.R.C.; Nunes, G.H.S. Efeito de adubos verdes sobre a podridão radicular de *Fusarium* em meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v.59, n.1, p.39-46, 2016.
- Davet, P. **Microbial ecology of the soil and plant growth.** Enfield: Science Publishers, 2004. 392p.
- Lazarovits, G. Management of soilborne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. **Canadian**

- Journal of Plant Pathology**, Ontário, v.23, n.1, p.1-7, 2001.
18. Lefèvre, A.F.; Souza, N.L. Determinação da temperatura letal para *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii* e efeito da solarização sobre a temperatura do solo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.19, n.2, p. 107-112, 1993.
 19. Machado, L.A.Z.; Assis, P.G.G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.45, n.4, p.415422, 2010.
 20. Machado, L.P. **Indução da supressividade a rhizoctoniose do feijão-caupi pela rotação de cultura e adubação verde**. 2012.107f. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
 21. Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
 22. Napoleão, R.; Café Filho, A.C.; Nasser, L.C.B.; Lopes, C.A.; Silva, H.R. Intensidade do mofo branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.4, p.374-379, 2005.
 23. Oliveira, S.A.S. **Indução da supressividade à murcha-de-fusario do caupi pela adubação verde**. 2008. 64f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) -Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
 24. Pereira Neto, J.V.; Blum, L.E.B. Adição de palha de milho ao solo para redução da podridão do colo em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.3, p.354-361, 2010.
 25. SANTOS, J.A.S. et al. Desempenho agrônomico e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. **Bragantia**, v.73, n.4, p. 377-382, 2014.
 26. Shah, D.A.; Madden, L.V. Nonparametric Analysis of ordinal data in designed factorial experiments. **Phytopathology**, Saint Paul, v.94, n.1, p.33-34, 2004.
 27. Silva Hirata, A.C.I.; Hirata, E.K.; Monquero, P.A.; Golla, A.R.; Narita, N. Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.3, p.465-472, 2009.
 28. Sobrinho, C.A.; Moraes, M.H.D.; Menten, O.M. Detecção de *Macrophomina phaseolina* em sementes de caupi de diversos estados brasileiros. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, Suplemento, p.68, 2004.
 29. Stone, A.G.; Scheuerell, S.J.; Darby, H.M. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: Magdoff, F.; Weil, R. **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. v.1, cap.5, p.131-177.