

Contribuição ao estudo da influência dos fatores físicos do solo, sobre a incidência da murcha do algodoeiro, causada por *Fusarium oxysporum* f. *vasinfectum* (Atk.) Snyder & Hansen¹

E. BALMER², E. J. KIEHL³, F. GALLI², H. CAMPOS⁴,
C. SALGADO⁵ e E. CIA.⁵

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

1 — Trabalho realizado com auxílio da Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e da Fundação Rockefeller; 2 — Cadeira de Fitopatologia e Microbiologia da E.S.A. Luiz de Queiroz; 3 — Cadeira de Solos da E.S.A. Luiz de Queiroz; 4 — Cadeira de Matemática da E.S.A. Luiz de Queiroz; 5 — Bolsista da Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional.

RESUMO

A finalidade do trabalho, foi obter dados para o melhor conhecimento dos fatores físicos do solo, que influenciam a incidência de murcha do algodoeiro, causada por *Fusarium oxysporum f. vasinfectum* (Atk.) Snyder & Hansen.

Foi estudada a influência do tamanho das partículas de areia e porcentagem da mesma no solo.

O primeiro ensaio mostrou que, a porcentagem de areia tinha um efeito sobre a incidência de murcha na variedade IAC — 12. A maior incidência de murcha, foi notada nos tratamentos que possuíam maior porcentagem de areia.

No segundo ensaio, foi notado o efeito do tamanho das partículas de areia sobre a incidência de murcha na variedade IAC — 12. A incidência foi mais intensa nos substratos com Areias Fina e Média.

O terceiro ensaio mostrou que a resistência da variedade RM₁, ao *Fusarium*, aparentemente não foi afetada pela porcentagem de areia ou pelo tamanho das partículas.

1. INTRODUÇÃO

A murcha do algodoeiro, também conhecida como murcha fusariana, é considerada como a doença mais grave que pode ocorrer na cultura dessa malvácea. Tem-se procurado coligir observações que correlacionem a maior incidência da doença com o tipo de solo. Tudo indica que os solos arenosos, de reação ácida, são os mais favoráveis à disseminação do fungo causador da murcha; todavia, a doença já tem sido constatada em solos argilosos, de reação neutra ou alcalina, como é o caso das observações feitas no Estado do Paraná, na região de Assaí, onde houve incidência de murcha em culturas algodoeiras, causadas, provavelmente por *F. oxysporum f. vasinfectum*.

Não são ainda conhecidos os fatores que influem na intensidade da infecção da murcha do algodoeiro, ligados aos diferentes tipos de solos. Observações esparsas têm indicado, também, serem as propriedades físicas dos solos, as quais são rígidas em grande parte pela sua textura, serem as que mais influenciam na incidência da doença.

O presente trabalho representa um estudo preliminar do assunto; nêle, procurou-se estudar o possível efeito do

tamanho e da porcentagem das partículas de areia do solo sobre a intensidade da incidência da murcha do algodoeiro.

2. MATERIAL E MÉTODO

- 2.1. *Composição do solo.* Para êste experimento foi tomado por base a composição granulométrica de um solo do município de Paraguassú, Estado de São Paulo, justamente onde foi constatada uma grande incidência de murcha, e cuja análise apresentou os seguintes resultados:

Areia total	85,8%
Limo	0,36%
Argila	13,81%

Pela análise acima verifica-se tratar-se de um solo de textura grosseira, classificado como *areia barrenta*, SOIL SURVEY MANUAL (1951); analisando-se a areia total separadamente, para se conhecer sua subdivisão, encontrou-se os dados abaixo:

Denominação	Diâmetros em mm	Porcentagem
Areia grossa	1,0 — 0,5	4,16
Areia média	0,5 — 0,25	31,89
Areia fina	0,25 — 0,10	56,71
Areia muito fina	0,10 — 0,05	7,24

Como era desejo dos autores criar um solo sintético, com textura e porcentagem de separados que variassem em torno da composição do solo de Paraguassú, determinou-se o módulo de finura das partículas de areia, BROSCHE (1952), ou seja, a granulação média, representativa do tamanho do grão ideal médio de uma dada amostra. Tomando-se por base o módulo encontrado, 0,260 mm, correspondente à classe Areia Média, procurou-se compor solos sintéticos, contendo areias de duas classes texturais, uma acima (areia grossa) e outra abaixo (areia fina) desta.

- 2.2. *Obtenção dos componentes do substrato artificial.* Partindo de areia de rio, devidamente lavada e passada em peneira de 1 mm, obtiveram-se os 3 grupos de separados abaixo discriminados:

Denominação	Tamiz n.º	Diâmetro das partículas
Areia grossa	35	1,0 a 0,50 mm
Areia média	60	0,5 a 0,25 mm
Areia fina	140	0,25 a 0,10 mm

Para obtenção das frações argila e limo, utilizou-se amostras de uma Terra Roxa Estruturada, Lemos et al (1960), provenientes da Fazenda Areião, Município de Piracicaba.

- 2.3. *Preparo do substrato artificial.* Partindo da Terra Roxa Estruturada, cujos teores de argila e limo foram determinados, juntou-se quantidades variáveis das diferentes classes de areia, de modo a se obter solos compostos sinteticamente e que viriam a constituir o substrato para os vasos do experimento. O Quadro 1 indica para os diferentes tratamentos, quais os componentes empregados e suas qualidades.

QUADRO 1
Composição dos tipos de solo

N.º Trata- mento	Tipo de areia	% Areia	% Limo + % Argila	Quantidade de areia por 100 gramas de solo
1	Areia grossa	32,5	67,5	20
2	Areia grossa	59,5	40,5	100
3	Areia grossa	86,5	13,5	500
4	Areia fina	32,5	67,5	20
5	Areia fina	59,5	40,5	100
6	Areia fina	86,5	13,5	500
7	Areia média	32,5	67,5	20
8	Areia média	59,5	40,5	100
9	Areia média	86,5	13,5	500
10	Terra roxa	19,0	81,0	—

Foram utilizados vasos de barro com a capacidade de 3,7 litros. A esterilização do substrato e dos vasos foi em autoclave a 1 atmosfera por 2 horas.

- 2.4. *Patógeno e Inoculação do solo.* De material proveniente da região de Presidente Prudente, Estado de São

Paulo, foram feitos isolamentos de fungos, conservando-os a seguir em solo estéril mantido a 5°C, sendo que a cultura utilizada está identificada na Cadeira de Fitopatologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pelo código PPA₂H.

Para o crescimento e a multiplicação do fungo utilizou-se o meio líquido recomendado por ARMSTRONG e ARMSTRONG (1948), ARMSTRONG e ARMSTRONG (1958), sendo contudo, introduzidas algumas modificações na concentração de nitrato de cálcio, cujo teor foi abaixado para 0,015 M, e como fonte de carbono foi utilizado o açúcar comum.

Um disco de 0,5 cm de diâmetro do meio de Martin modificado, contendo o fungo, era colocado em 1,1 litros de solução nutritiva, e deixado no laboratório em temperatura ambiente por 3 dias.

A distribuição da cultura do fungo nos substratos de cada um dos vasos foi feita mediante a técnica seguinte: primeiramente fêz-se uma depressão circular na superfície de cada substrato com auxílio de um funil, cuja boca era calcada contra o solo do vaso; nessa depressão eram despejados os 250 ml da cultura do fungo, cobrindo-a, em seguida, com o substrato do próprio vaso. Nos dois dias seguintes e novamente após 7 dias, cada vaso recebeu como irrigação, 400 ml de água. Decorridos 25 dias foi realizada uma segunda inoculação, obedecendo-se a mesma técnica empregada na primeira.

2.5. *Solução nutritiva para as plantas.* A solução nutritiva usada no experimento foi preparada segundo recomendação de ARMSTRONG e ARMSTRONG (1948), ARMSTRONG e ARMSTRONG (1958), tendo sido feitas duas aplicações semanais de 400 ml em cada vaso. Nos demais dias da semana as regras foram com água de torneira, na quantidade de 400 ml ou mais, evitando-se que as plantas se apresentassem murchas.

2.6. *Variedades de algodão utilizadas, e ferimento das raízes*

Foram feitos três ensaios, sendo que, no primeiro e no segundo foi utilizada a variedade IAC-12, a qual é suscetível ao *Fusarium*. No terceiro ensaio foi utilizada a variedade RM₄, a qual é resistente ao mesmo fungo. Os três ensaios, feitos seguidamente, foram conduzidos no mesmo substrato.

Seis dias após a segunda inoculação, foram plantadas 15

sementes da variedade IAC-12 por vaso. As sementes deslindadas com ácido sulfúrico, foram colocadas em uma depressão em círculo previamente marcado com um funil invertido. Foi feita a raleação, deixando-se 10 plantas por vaso, tão logo apareceram as primeiras folhas verdadeiras.

Doze dias após o plantio, com um escalpêlo, provocou-se ferimento nas raízes, mediante a escarificação do substrato.

- 2.7. *Condições ambientais.* Os ensaios foram realizados em casa de vegetação. Procurou-se manter a temperatura do solo nos vasos, dentro da faixa de 25°C — 32°C.

A disposição dos vasos, inicialmente ao acaso, foi durante os ensaios mudada 2 vezes por semana seguindo-se um rodízio sistemático, com a finalidade de diminuir o possível efeito ambiente.

- 2.8. *Delimitação e colheita dos dados.* O ensaio constou de 10 tratamentos dispostos em blocos casualizados, além de outros 2 tratamentos que serviram apenas de controle, não recebendo a inoculação do fungo.

A análise da variância foi feita baseando-se na média aritmética dos índices, de coloração dos tecidos, atribuídos às plantas de cada parcela.

Os ensaios foram colhidos na 6ª ou 7ª semana após o plantio. O critério usado para a coleta foi o índice de coloração do sistema vascular das plantas. Foram dadas notas de 1 a 6 conforme a coloração deste sistema e a altura da coloração na planta. A nota zero (0) era dada quando não havia coloração nos vasos da raiz. Quando a raiz apresentava coloração escura era dada a nota (1) um. A nota dois (2) era dada quando a coloração dos vasos atingia a altura das folhas cotilidônias. As notas (3) três, (4) quatro e (5) cinco eram dadas quando a coloração dos vasos atingia respectivamente a 1.ª, 2.ª, 3.ª folhas verdadeiras. Às plantas mortas foi atribuída a nota seis (6).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- 3.1. *Primeiro ensaio.* Os dados obtidos para o primeiro ensaio, e apresentados pela incidência média de murcha por parcela de 10 plantas, são mostrados no Quadro 2.

QUADRO 2

Incidência média de murcha, por parcela de 10 plantas, para o primeiro ensaio com a variedade IAC-12.

	% de areia no substrato	1.º Bloco	2.º Bloco	3.º Bloco	4.º Bloco
Areia grossa	32,5	2,0 ⁺	3,5	3,2	1,5
	59,5	3,5	4,4	1,5	1,8
	86,5	4,5	4,5	4,1	5,1
Areia fina	32,5	1,8	3,0	3,8	3,5
	59,5	3,6	2,7	2,2	2,6
	86,5	3,2	3,6	4,0	2,7
Areia média	32,5	2,8	1,8	2,6	3,9
	59,5	2,8	3,1	2,9	2,5
	86,5	2,2	3,6	3,6	3,1
Terra Roxa	19,0	3,1	0,7	0,7	1,7

+ Média Aritmética das notas atribuídas a cada planta da parcela.

Com os dados acima foi feita a análise de variância, obtendo-se o resultado mostrado no Quadro 3.

QUADRO 3

Análise de variância, para o primeiro ensaio com a variedade IAC-12, baseada na incidência de murcha do algodoeiro.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F'
Blocos	3	0,39		
Inoculação	1	8,51	8,51	11,20**
Tipos de Areia	2	0,94	0,47	0,62
Teores de Areia	2	6,37	3,18	4,18*
Tipos x Teores	4	4,15	1,04	1,37
Resíduos	27	20,51	0,76	
Total	39	40,87		

Dos resultados acima observa-se que houve um efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para "inoculação" ou seja, para a incidência de murcha no substrato de terra roxa quando comparada com os demais tratamentos.

Houve também um efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para "Teores ou porcentagem de areia".

Desdobrando-se os dois graus de liberdade para Teores de Areia, conforme mostra o esquema abaixo:

32,5% e 59,5% vs 86,5% 1 g.l.
32,5% vs 59,5 1 g. l.,

observou-se um efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para a comparação 32,5% e 59,5% vs 86,5%.

O coeficiente de variação, relativamente alto foi de 29,6%.

Os resultados mostram que os substratos de Areia Grossa, Fina e Média, de um modo geral, apresentaram maior incidência de murcha do algodoeiro, que o substrato de Terra Roxa.

Os substratos com 86,5% de areia, independente do tamanho das partículas, mostraram maior incidência de murcha quando comparados com os substratos contendo 32,5% e 59,5% de areia. Não houve diferença na incidência de murcha nos substratos contendo 32,5% e 59,5% de areia.

Não foram observadas diferenças entre os tamanhos das partículas, havendo uma concordância de comportamento para os 3 tipos de areia.

3.2. *Segundo ensaio.* Os dados obtidos para o 2.º ensaio, e representados pela incidência média de murcha por parcela de 10 plantas, são mostrados no Quadro 4.

QUADRO 4

Incidência média de murcha, por parcela de 10 plantas, para o segundo ensaio com a variedade IAC-12.

	% de areia no substrato	1.º Bloco	2.º Bloco	3.º Bloco	4.º Bloco
Areia grossa	32,5	3,8 +	4,3	4,5	3,6
	59,5	5,0	4,0	5,0	4,3
	86,5	5,4	3,1	3,8	5,0
Areia Fina	32,5	5,1	4,6	4,8	4,7
	59,5	5,4	4,5	5,6	4,5
	86,5	6,0	4,0	5,5	5,4
Areia média	32,5	3,7	4,9	5,6	5,6
	59,5	5,3	5,4	4,7	4,9
	86,5	4,6	3,0	3,9	5,0
Terra Roxa	19,0	5,3	3,9	5,5	5,0

+ Média Aritmética das notas atribuídas a cada planta da parcela.

Foi feita a análise da variância com os dados acima mencionados, obtendo-se os resultados apresentados no Quadro 5.

QUADRO 5

Análise da variância baseada na incidência de murcha do algodoeiro, para o segundo ensaio com a variância IAC-12.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	3,95		
Inoculação	1	0,21	0,21	0,53
Tipos de Areia	2	2,90	1,45	3,63*
Teores de Areia	2	0,76	0,38	0,95
Tipos x Teores	4	2,29	0,57	1,43
Resíduo	27	10,67	0,40	
Total	39			

Os dados da análise mostram um efeito significativo, ao nível de 5% de probabilidade para tipos de areia. Desdobrando-se os graus de liberdade para tipos de areia, observou-se que houve um efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para o contraste Areia Grossa vs Areia Média e Fina. No entanto, não foi constatada diferença significativa entre Areia Média e Fina.

O coeficiente de variação foi de 13,4%.

Os resultados para o segundo ensaio mostraram que não houve diferença na incidência de murcha entre o substrato de terra roxa quando comparada com os demais substratos contendo diferentes porcentagens de areia.

Considerando-se os tipos de areia, os dados mostraram que a maior incidência de murcha ocorreu nos substratos de Areias Fina e Média, quando comparadas com a Areia Grossa. A incidência de murcha nas Areias Finas e Média foi praticamente a mesma. A porcentagem de areia não influi na intensidade de murcha.

Também não foram notadas diferenças na incidência de murcha, que pudessem ser atribuídas à interação. Tipos de Areia vs. Teores de Areia.

3.3. *Terceiro ensaio.* Para o terceiro ensaio, no qual foi usada a variedade resistente RM₄, os dados referentes

à incidência média de murcha, por parcela de 10 plantas, são mostrados no Quadro 6.

QUADRO 6

Incidência média de murcha, por parcela de 10 plantas, para o terceiro ensaio com a variedade RM₄.

	% de areia no substrato	1.º Bloco	2.º Bloco	3.º Bloco	4.º Bloco
Areia Grossa	32,5	1,7+	1,7	1,0	1,7
	59,5	1,9	1,9	1,3	1,0
	86,5	2,9	1,4	1,9	4,0
Areia Fina	32,5	1,6	1,9	1,8	1,7
	59,5	1,8	0,8	1,9	2,6
	86,5	1,8	1,7	1,1	2,7
Areia Média	32,5	1,9	1,1	1,1	3,0
	59,5	1,0	2,0	2,0	1,7
	86,5	1,9	1,7	1,4	2,0
Terra Roxa	19,0	1,3	2,1	1,2	2,7

+ Média Aritmética das notas atribuídas a cada planta da parcela.

A análise de variância apresentou os resultados mostrados no Quadro 7.

QUADRO 7

Análise da variância baseada na incidência de murcha do algodoeiro, para o terceiro ensaio usando-se a variedade RM₄.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	3,98		
Inoculação	1	0,0036	0,0036	0,011
Tipos de Areia	2	0,11	0,055	0,17
Teores de Areia	2	1,11	0,056	1,71
Tipos x Teores	4	1,73	0,43	1,33
Resíduo	27	8,78	0,32	
Total	39	15,71		

Os resultados do 3.º ensaio mostram que não houve diferença de comportamento, quanto ao grau de infestação, entre os 10 tratamentos.

O aumento na incidência de murcha obtida no primeiro ensaio, devido a maior porcentagem de areia e ao uso de areias de um modo geral, poderá ser

atribuído a um possível efeito dos substratos mais arenosos em facilitar a distribuição do fungo no substrato. A melhor distribuição possivelmente redundaria em um número maior de infestações.

No segundo ensaio, após um período de tempo mais longo desde a inoculação de solo, com uma quantidade razoável de raízes com *Fusarium* que permaneceram no substrato, e devido a um maior número total de escarificações, o inóculo do fungo possivelmente já mais concentrado, e melhor distribuído, mudaria o efeito obtido no primeiro ensaio.

O efeito obtido para tipos de areia no segundo ensaio, possivelmente mostra um efeito ambiental do substrato sobre o fungo. Para isso se assume que o inóculo tenha boa concentração e esteja bem distribuído no substrato.

O resultado do terceiro ensaio mostrou que, provavelmente, a resistência genética da variedade RM₁ ao *Fusarium* não foi afetada pelas condições ambientais estudadas e representadas pelos diferentes substratos.

4. CONCLUSÕES

Foi observado que, de início, a maior incidência de murcha ocorreu nos substratos com maior porcentagem de areia. Isto provavelmente se deve ao fato do inóculo se distribuir mais facilmente em solos arenosos.

Posteriormente, foi notado o efeito do tamanho das partículas de areia sobre a incidência de murcha. A maior quantidade de murcha ocorreu nos substratos com partículas de Areias Média e Fina. Provavelmente, isto se deve ao fato de que poros menores condicionem um micro-clima com umidade e arejamento mais favorável à interação planta e fungo.

A resistência genética da variedade RM₁ ao *Fusarium* parece não ter sido influenciada pelas porcentagens e tamanho das partículas estudadas.

S U M M A R Y

Cotton wilt incidence, caused by *Fusarium oxysporum* f. *vasinfectum* (Atk.) Snyder & Hansen, was studied on different artificial soil-substrates in three consecutive experiments.

The physical factors of the soil studied were percentage of sand and the size of sand particles.

In the first experiment using IAC-12 a susceptible variety, the greatest wilt incidence occurred in the treatments having the highest percentage of sand.

In the second experiment using the same variety the highest wilt incidence occurred in the treatments consisting of fine and medium sized sand particles, when compared with the treatment consisting of coarse sand particles.

In the third experiment a wilt resistant variety, RM₁, was used and there were no differences in wilt incidence on the different substrates.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ARMSTRONG, G.M. & J.K. ARMSTRONG, 1948 — Non susceptible hosts as carriers of wilt *Fusaria*. *Phytopathology* 38: 808-826.
- ARMSTRONG, J.K. & G.M. ARMSTRONG, 1958 — A race of the cotton wilt *Fusarium* causing wilt of Yelredo Soybean and Flue-Cured Tobacco. *Plant. Dis. Repr.* 42: 147-151.
- BROSCI, C.D., 1952 — Áreas de fundição. *Boletim n.º 44 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Estado de São Paulo.*
- LEMOS, R. C. et al., 1960 — Levantamento de reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, *Boletim n.º 12 do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Comissão de Solos do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.*
- SOIL SURVEY MANUAL, 1951 — U.S. Department of Agriculture, Handbook n.º 18, Washington 25, D.C.

Composto e Impresso
GRAFICA CANTON LTDA.

