

Solarização do solo na microbiota e no desenvolvimento inicial do abacaxizeiro com diferentes lâminas de irrigação

João Batista Ribeiro da Silva Reis^{1*}, Alniusa Maria de Jesus², Jair Lucas Oliveira Júnior³

Resumo

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da solarização do solo e de diferentes lâminas de irrigação sobre a microbiota e o desenvolvimento inicial do abacaxizeiro cv. Golden 'MD-2'. O experimento foi conduzido em Mocambinho-MG. O delineamento experimental foi em faixas. Todas as avaliações foram feitas no esquema fatorial 2x2x4, sendo dois tratamentos referentes às áreas solarizada e não solarizada, dois referentes às camadas de profundidades do solo (0 a 20 cm e 20 a 40 cm) e quatro consistindo das lâminas de irrigação de 50, 75, 100 e 125% da Evapotranspiração da cultura. Em relação aos resultados e conclusões obtidos, têm-se os seguintes: a solarização reduziu a população de *Criconemella* spp., *Rotylenchulus reniformis* e *Helicotylenchus* spp.; a associação da lâmina de 50% com a solarização reduziu o número de *R. reniformis* na camada de 20 a 40 cm; as demais lâminas não alteraram a população de nematoides, fungos e bactérias; a solarização reduziu a população de fungos e aumentou, inicialmente, a população de bactérias no solo, porém, esta última, reduziu 120 dias após a solarização; e a solarização promoveu maior desenvolvimento inicial do cv. 'Golden MD-2' aos 180 dias após o plantio.

Palavras-chave: Tratamento do solo. Cultivo de frutíferas. Microrganismos.

Solarization associated with irrigation depths in the soil microbiota and early growth of the pineapple

Abstract

The objective in this study was to evaluate the effect of soil solarization and different irrigation's depths on microbiota and early development of pineapple Golden MD-2. The experiment was carried out in Mocambinho-MG. The experimental design was strips. All evaluations were made in the factorial design 2x2x4, being two treatments referring to the solarized and non-solarized areas, two referring to the layers of soil depths (0 to 20 cm and 20 to 40 cm) and four consisting of the irrigation depths of 50, 75, 100 and 125% of the crop Evapotranspiration. In relation to the results and conclusions obtained, have the following: the solarization reduced population of *Criconemella* spp., *R. reniformis* and *Helicotylenchus* spp.; the association of 50% depth with solarization reduced the number of *R. reniformis* in the layer

¹Pesquisador D. Sci. Irrigação e Drenagem, EPAMIG Norte- Rodovia MGT 122 km 155 - Caixa Postal: 12 - Zona Rural de Nova Porteirinha - MG

*Autor para correspondência: jbrsreis@epamig.br

²Pesquisadora D.Sci. Nematologia, EPAMIG Norte.

³Analista, Engenheiro Agrônomo, CONAB

Recebido para publicação em 15 de dezembro de 2016

Aceito para publicação em 03 de abril de 2017.

of 20 to 40 cm; the remaining depths did not affect the population of nematodes, fungi and bacteria; the solarization reduced the population of fungi and increased, initially, the population of bacteria in the soil, however, this latter reduced 120 days after solarization; and the solarization promoted higher initial development of cv. 'Golden MD-2' to 180 days after planting.

Keywords: Soil treatment. Fruit cultivation. Microrganisms.

Introdução

O Brasil se destacou como o segundo maior produtor mundial de abacaxi com uma produção de 2.483.831 toneladas (FAO, 2013). Em Minas Gerais a área colhida correspondeu a 7896 ha e a produção de 239.565 frutos. O Estado de Minas Gerais foi responsável por 14,47% da produção nacional no ano de 2013 (IBGE, 2013). Novos materiais genéticos, dentre eles o 'Golden MD-2', vem se destacando com grande aceitação no mercado externo. A região Norte de Minas, em virtude do clima e condições de solo favoráveis, apresenta elevado potencial produtivo desta fruteira.

Quanto aos tratos culturais a irrigação é essencial para aumentar a produção, ter melhor padronização dos frutos e melhorar sua qualidade resultando em maior retorno econômico, além de permitir colocar frutos no mercado no período de entressafra e exploração de uma segunda safra, aumentando em até 30% a produtividade comparada ao cultivo de sequeiro (SOUZA; SILVA e AZEVEDO, 2007).

Dentre os métodos empregados na irrigação, a irrigação por gotejamento superficial é o método que mais se desenvolveu e expandiu nos últimos anos em razão da sua alta eficiência no uso da água. A utilização do gotejamento subterrâneo adicionado às vantagens do gotejamento superficial, evita que a demanda evaporativa da atmosfera interfira na distribuição de íons no bulbo molhado reduzindo o acúmulo de sais fertilizantes na superfície do solo em torno do ponto de emissão propiciando, desta forma, uma produtividade melhor das culturas em função da melhor distribuição espacial desses íons no sistema radicular da planta (MONTEIRO *et al.*, 2007).

As necessidades hídricas do abacaxizeiro estão ligadas às condições climáticas, umidade do solo e estádio de desenvolvimento da planta. A demanda diária de água pode variar de 1,3 a 5,0 mm (ROTONDANO e MELO, 2011).

Melo *et al.* (2006), evidenciaram que a

irrigação balanceada para o cultivo do abacaxizeiro contribui para um maior desenvolvimento vegetativo, assim como também na produção da fruta. Este autor encontrou maior comprimento de folha "D" (88,9 cm) na variedade Smooth Cayenne com lâmina de irrigação de 523,7 mm ano⁻¹. O manejo inadequado da irrigação favorece também maior incidência de doenças, entre elas as causadas por fitonematoïdes.

Os principais microrganismos do solo são representados pelas bactérias, fungos, arqueias, algas, protozoários e microfauna, dentre estes os nematoïdes.

Os nematoïdes causam severos danos às raízes reduzindo a absorção de água e nutriente e diminuem a eficiência das adubações (RITZINGER, 2013; BARBOSA *et al.*, 2014). São relatadas mais de 100 espécies de nematoïdes fitoparasitas associadas ao abacaxizeiro. Sendo *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne javanica* e *Rotylenchulus reniformis* os mais agressivos (RITZINGER, 2013) e de difícil controle (SILVA, 2011).

A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nessas camadas, os microrganismos ocupam uma fração menor que 0,5 % do volume total do solo e representam menos que 10 % da matéria orgânica (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A presença de um microrganismo em determinado solo é função das condições ambientais dominantes e dos limites da sua bagagem genética. Existem fatores ambientais (abióticos) que limitam a sobrevivência e a atividade dos microrganismos do solo, tais como, temperatura, pH, salinidade, substratos orgânicos, etc., portanto, são vários os componentes responsáveis pela supressividade do solo (HORNBY, 1983). As interações microbianas no solo podem ser importantes para os diferentes processos microbiológicos e bioquímicos, proporcionando aumento na produção de alimentos, além da conservação da qualidade ambiental.

A solarização é um método que desinfesta o solo por meio de seu aquecimento através de cobertura com plástico transparente, em pré-plantio, durante o período de maior intensidade de radiação solar (KATAN; DEVAY, 1991). Consiste na cobertura do solo úmido provocando um efeito estufa que eleva a temperatura do solo causando a morte ou enfraquecimento dos propágulos de fitopatógenos. A solarização induz processos microbianos que promovem a supressividade do solo, associada à ação de microrganismos com potencial para o controle biológico, tolerantes às altas temperaturas, o que aumenta a eficiência dessa prática (KATAN; DEVAY, 1991). Ocorre também uma influência positiva sobre plantas daninhas e sobre as características químicas do solo, e também no desenvolvimento das culturas desfavorecendo sua sobrevivência no solo (KATAN, 1981).

A solarização tem-se mostrado viável para diversas culturas, apresentando principalmente a vantagem decorrente do fato de não ser um método químico (GUINI, 2001).

A abordagem que será apresentada neste artigo científico tem importância significativa pois, além de terem poucos trabalhos associando a presença de microrganismos provenientes do solo com a condução da água de irrigação, o efeito da água é notório, pois, a microbiota do solo, para sua sobrevivência, requer a influência da água, e dependendo do manejo que é realizado, uma maior lâmina de irrigação pode promover um acentuado desenvolvimento e locomoção dos nematoides, como também de fungos e bactérias. Visto que, para a cultivar de abacaxi estudada, será muito importante este trabalho, pois ela não é muito difundida comercialmente no Brasil e os resultados a serem obtidos poderão expressar indicativos de utilização no mercado agropecuário.

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da solarização do solo e de diferentes lâminas de irrigação sobre a microbiota (nematoides, fungos e bactérias) e o desenvolvimento inicial do abacaxizeiro cv. Golden 'MD-2'.

Materiais e métodos

O experimento foi conduzido na região semiárida de Minas Gerais, na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Campo Experimental de Mocambinho (CEMO), município de Jaíba – MG, nas coordenadas geográficas: latitude 15°05'34" S, longitude 43°58'44" W e altitude 452 m. A área experimental apresenta

temperatura média de 25,5°C, com mínima média de 18,7°C e máxima média de 32,3°C, insolação de 2.987 horas anuais, umidade relativa de 65,5% e pluviosidade média da região de aproximadamente 750 mm anuais, concentrados nos meses de outubro a março. O solo da área é de textura franco-arenosa.

Os dados meteorológicos foram coletados por uma Estação Meteorológica Automática instalada a 50 m da área experimental, onde foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e precipitação pluvial.

O preparo do solo consistiu de uma aração e uma gradagem. Inicialmente, as parcelas foram demarcadas e coletaram-se amostras de solo em cada parcela para análise microbiológica e nematológica, caracterizando a 1^a avaliação, denominada de A1.

No mês de novembro de 2013, a instalação do filme plástico foi feita manualmente, após preparo e irrigação do solo. O plástico foi esticado e fixado, enterrando-se as bordas nas extremidades, cobrindo toda a área tratada. Foi utilizado plástico difusor, com 8 m de largura e 10 µm de espessura. O período da solarização foi de 70 dias, retirando o plástico em janeiro de 2014. Durante esse período, a temperatura do ar foi registrada a 10 cm de profundidade por meio de termômetros instalados na área solarizada (plástico) e na área não solarizada (solo natural sem plástico). Após esse período da solarização, o plástico foi retirado e posteriormente foi realizada outra coleta de solo em cada parcela para análises textural e de fertilidade, e análises microbiológica e nematológica em cada parcela, caracterizando a 2^a avaliação, denominada de A2, que corresponde a 0 Dias Após Plantio (DAP).

O plantio das mudas do abacaxizeiro Golden MD-2 foi realizado no mesmo dia da retirada do plástico. As mudas, com aproximadamente 0,30 m de altura, foram adquiridas em uma Empresa do município de Jaíba-MG. O plantio foi realizado no espaçamento de 1,2 m entre fileiras x 0,5 m entre plantas na linha x 0,4 m entre linhas, com 12 plantas por parcela em duas fileiras de plantas, tendo em cada área quatro fileiras duplas, cada uma recebendo um tratamento de lâmina de irrigação. Para as avaliações foram consideradas as 10 plantas centrais da parcela como área útil.

Logo após o plantio foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento. Foi utilizado

um tubo gotejador com emissores espaçados a 0,30 m, vazão dos emissores de 1 Lh^{-1} , pressão de serviço variando de 2 a 2,5 kgf cm $^{-2}$, e fertirrigação realizada pelo sistema de injeção Venturi.

Todos os tratos culturais e fitossanitários foram realizados no momento oportuno conforme recomendações técnicas.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas, com quatro repetições. Todas as avaliações foram feitas no esquema fatorial 2x2x4, sendo dois tratamentos referentes às áreas solarizada e não solarizada, dois tratamentos referentes às camadas de profundidades do solo (0 a 20 cm e 20 a 40 cm) e quatro tratamentos consistindo das lâminas de irrigação de 50, 75, 100 e 125% da Evapotranspiração da cultura (ETc).

Decorridos 120 dias após o plantio das mudas, realizou-se outra coleta de solo em cada parcela para análise nematológica e microbiológica, caracterizando a 3^a avaliação, denominada de A3 (120 DAP).

As avaliações de quantificação da população de nematoides foram realizadas na EPAMIG Norte, Nova Porteirinha-MG. O processo de amostragem foi realizado, retirando com auxílio de um trado holandês, três amostras simples a 10 cm da linha de plantio na área útil em cada parcela, formando uma amostra composta.

De cada amostra composta de solo foram utilizados 250 cm 3 para a extração dos nematoides pelo método de flotação em solução de sacarose segundo Jenkins (1964). As estimativas populacionais foram efetuadas a partir de contagens realizadas em lâmina de Peters e no microscópio óptico, e a identificação dos gêneros foi feita com o auxílio da chave de Mai e Mullin (1996).

As análises para quantificação da população de fungos e bactérias foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia da EPAMIG Norte. Amostras de solo de cada tratamento foram secas ao ambiente, peneiradas e recolhida uma amostra de cinco gramas por tratamento. Esta amostra foi colocada em Erlenmeyer contendo 45 mL de solução salina (0,85%) e autoclavada. Em seguida foi submetida a agitação em Shaker à rotação de 175 rpm por 1 hora e levada à câmara de fluxo laminar para se proceder as diluições.

A quantificação de fungos e bactérias foi realizada pela técnica de contagem de colônias em placa, após a diluição em série do solo até

10^{-2} . Para fungos utilizou-se o meio de Martin com peptona (5,0g), dextrose (10,0g), fosfato de potássio monobásico - KH₂PO₄ (1,0g), sulfato de magnésio heptahidratado -MgSO₄ (0,5g), rosa de bengala (0,033g), ágar (15,0g) e água destilada (1000mL). Após a autoclavagem a 121°C por 15 minutos, adicionou-se 0,03mg de estreptomicina a uma temperatura de aproximadamente 45°C, sendo posteriormente vertido em placas de Petri esterilizadas.

O meio BDA (batata-dextrose-ágár) para bactérias foi preparado com 39g de Ágar Batata juntamente com 1000mL de água destilada. O meio foi levado ao microondas para total homogeneização por cinco minutos e em seguida, autoclavado por 15 minutos a 121°C. Esse procedimento foi feito para garantir a ausência de outros microrganismos no meio, exceto os desejáveis. Após o resfriamento o meio foi vertido em placas de Petri esterilizadas.

Após a diluição, depositou-se sobre os meios de cultura vertidos na placa de Petri uma alíquota de 100 µL da suspensão de solo diluída. Esta foi espalhada sobre o meio de cultura com auxílio de alça de Drigalsk, previamente flambada e esfriada na tampa da placa. Após a uniformização do inóculo na superfície do meio, a placa foi invertida (tampa para baixo e base para cima) e levada para incubação a 28°C por três e cinco dias, para bactérias e fungos, respectivamente. Em cada diluição foram utilizadas cinco placas para a diluição de 10^{-2} para os diferentes microrganismos.

Após a incubação, realizou-se a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) de fungos e bactérias que cresceram no meio de cultura. A avaliação da contagem de UFC de bactérias e fungos foi feita três e cinco dias após o plaqueamento, respectivamente.

Para análise de textura e de fertilidade das duas áreas, coletou-se uma amostra de solo de cada parcela na camada de 0 a 20 cm, logo após a retirada do plástico na área solarizada. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da EPAMIG Norte.

As características de crescimento avaliadas aos 90 e 180 DAP foram: altura da planta e comprimento da folha "D", obtidos com uso de trena e expressos em cm, e o número de folhas emitidas.

A análise estatística dos dados incluiu a

análise de variância com a realização do teste F, a seguir, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($P<0,05$) utilizando o programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011). Os dados, quando necessário, foram transformados em .

Resultados e discussão

Os dados de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar foram coletados diariamente. Já os dados da temperatura do solo com o efeito do plástico (solarizado) e a temperatura do solo natural (não solarizado) foram medidos diariamente às 16 horas na profundidade de 10 cm. A diferença média de temperatura entre o solo solarizado e não solarizado foi de 8,5°C e a temperatura máxima atingida no solo solarizado foi de 49°C.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância dos dados referentes ao número de *Helicotylenchus* spp., *Criconemella* spp. e *Rotylenchulus reniformis* em diferentes profundidades (Prof.) em solo após a solarização (0 DAP) e posterior aplicação de diferentes lâminas de irrigação por 120 dias no abacaxizeiro cv. Golden-MD2. Jaíba, MG

	GL	Quadrados médios					
		<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Criconemella</i> spp.	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	0 DAP	120 DAP	0 DAP
FV		0 DAP	120 DAP	0 DAP	120 DAP	0 DAP	120 DAP
Bloco	3	0,60 ns	1,61 ns	20,31*	37,41**	184,06**	30,07*
Solarização	1	1,57 ns	7,36*	209,72**	6,86 ns	333,20**	30,07*
Lâmina	3	0,64 ns	0,52 ns	3,51 ns	7,72 ns	10,01 ns	0,80 ns
Prof.	1	0,25 ns	0,90 ns	0,43 ns	8,91 ns	0,05 ns	2,15 ns
Solar.*Lâmina	3	0,64 ns	0,52 ns	5,02 ns	2,58 ns	16,98 ns	0,80 ns
Solar.*Prof.	1	0,25 ns	0,90 ns	2,06 ns	0,09 ns	0,82 ns	2,15 ns
Lâmina*Prof.	3	0,15 ns	0,20 ns	3,38 ns	0,52 ns	1,27 ns	3,91 ns
Solar.*Lâm.*Prof.	3	0,15 ns	0,20 ns	6,78 ns	13,91 ns	3,65 ns	3,91*
Erro	45	0,52	1,28	6,83	6,36	24,14	4,18
Total Corrigido	63	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	62,62	84,65	89,91	90,47	143,48	121,34
Média	-	0,84	1,98	17,40	14,40	43,04	7,17

**, * e ns- significativo ao nível de 1% e 5% de significância, pelo teste F, e não significativo, respectivamente. Dados originais apresentados para análise estatística, em que os dados foram transformados em $\sqrt{x+1}$

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

A determinação da população de nemátoides apresentou: *Helicotylenchus* spp. (6,07 espécimes/250 cm³ solo), *Criconemella* spp. (3,51 espécimes/250 cm³ solo), *R. reniformis* (39,06 espécimes/250 cm³ solo), *Meloidogyne* spp. (0,38 espécimes/250 cm³ solo) e *Pratylenchus* spp. (2,09 espécimes/250 cm³ solo).

Não houve efeito isolado das lâminas de irrigação para as variáveis avaliadas. Na análise nematológica, houve efeito significativo dos fatores isolados ao 0 DAP para *Criconemella* spp. e *R. reniformis*, e aos 120 DAP ¹para *Helicotylenchus* spp. e *R. reniformis*. A interação entre os fatores solarização, lâmina e profundidade foi significativa apenas para o nematoide *R. reniformis* na 3^a avaliação (TABELA 1).

Tabela 2 – Avaliação quantitativa da população de *Helicotylenchus* spp., *Criconemella* spp. e *Rotylenchulus reniformis* em solo com e sem solarização cultivado com abacaxizeiro cv. Golden MD-2. Jaíba, MG

Área	<i>Helicotylenchus</i> spp.		<i>Criconemella</i> spp.		<i>Rotylenchulus reniformis</i>	
	0 DAP	120 DAP	0 DAP	120 DAP	0 DAP	120 DAP
Não Solarizado	1,68 a	3,97 a	34,31 a	16,75 a	85,15 a	14,34 a
Solarizado	0,00 a	0,00 b	0,50 b	12,06 a	0,93 b	0,00 b

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância. Para análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x+1}$
Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Quanto ao *Helicotylenchus* spp., aos 120 dias após o processo de aplicação da solarização, houve aumento significativo de sua população na área não solarizada quando comparada à área solarizada (TABELA 2). Segundo Silva (2011), a solarização tem sido eficiente no controle de fitopatógenos, apresentando efeitos diversos, tais como temperaturas letais e também através da alteração na microbiota do solo, favorecendo os microrganismos antagônicos, reduzindo, assim, a população de fitonematoïdes.

Sendo assim, provavelmente após o plantio do abacaxizeiro nas duas áreas, a área não solarizada permitiu melhor adaptação da população de *Helicotylenchus* spp., favorecendo o aumento significativo deste nematoide quando comparado à área solarizada.

O processo de solarização reduziu significativamente a população de *Criconemella* spp. e *R. reniformis*, sendo que para este último a população manteve-se reduzida 120 dias após a

solarização, o que foi corroborado pelos resultados obtidos por Silva et al. (2006), onde a população de nematoïdes foi inferior nas camadas do solo de 0 a 20 e de 20 a 40 cm.

A interação solarização x lâmina x profundidade mostrou que a população de *R. reniformis* foi inferior na camada de 20 a 40 cm quando utilizada a lâmina de 50% da ETc, na área não solarizada (TABELA 3). Esse fato pode ter ocorrido pelos nematoïdes serem animais aquáticos, necessitando de pelo menos uma película de água para serem ativos. Portanto, em condições de déficit hídrico, ocorre aumento da força coesiva entre o nematoide e a partícula de solo, devido ao encurtamento do filme de água necessário à locomoção, aumentando assim a resistência ao movimento (WALLACE, 1959). Além disso, a menor lâmina de irrigação aplicada pode ter proporcionado menor percolação de água para as camadas inferiores, favorecendo a estabilidade da população deste nematoide na camada superficial do solo.

Tabela 3 – Número médio de *Rotylenchulus reniformis* em diferentes profundidades de solo com e sem solarização sob diferentes lâminas de irrigação, cultivado com abacaxizeiro cv. Golden MD-2. Jaíba, MG

Profundidade (cm)	Solarizado				Não Solarizado			
	50%	75%	100%	125%	50%	75%	100%	125%
0 – 20	0,0a	0,0a	0,0a	0,0a	51 a	1,0a	16,0a	17,5a
20 – 40	0,0a	0,0a	0,0a	0,0a	0,7b	11,5a	6,0a	12,7a

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância. Para análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x+1}$
Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Rotylenchulus reniformis é um dos principais problemas fitopatológicos da abacaxicultura, sendo amplamente distribuído e parasitando o

abacaxizeiro em diversos países de clima tropical e subtropical. Este nematoide também é encontrado em associação com *Meloidogyne* spp.,

podendo aumentar ainda mais a severidade da doença (FERREIRA *et al.*, 2015). Ritzinger (2013) e Barbosa *et al.* (2014) relataram a importância desses parasitas à abacaxicultura no Brasil e também fora do país.

Com relação à população de fungos e

bactérias, ocorreram 2,92 UFC de fungos e 64,63 UFC de bactérias no solo. Portanto, houve efeito significativo ($p<0,01$) para as variáveis UFC de fungos e bactérias nas duas épocas de avaliação. Houve efeito ($p<0,01$) da profundidade nos fungos aos 120 DAP e ao 0 DAP para as bactérias (TABELA 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos dados referentes ao número de Unidade Formadora de Colônia (UFC)/placa de fungos e bactérias em diferentes profundidades (Prof.) em solo após aplicação da solarização (0 DAP) e posterior aplicação de diferentes lâminas de irrigação por 120 dias no abacaxizeiro cv. Golden MD-2. Jaíba, MG

FV	GL	Quadrados médios			
		Fungos		Bactérias	
		0 DAP	120 DAP	0 DAP	120 DAP
Bloco	3	0,10 ns	4,25*	2,31**	2,67 ns
Solarização	1	12,77**	13,84**	7,42**	42,67**
Lâmina	3	0,84 ns	0,39 ns	0,98 ns	2,39 ns
Prof.	1	0,01 ns	2,42**	7,36**	1,32 ns
Solar.*Lâmina	3	2,52 ns	1,38 ns	0,26 ns	0,08 ns
Solar.*Prof.	1	0,44 ns	1,25 ns	0,01 ns	0,19 ns
Lâmina*Prof.	3	0,48 ns	0,18 ns	0,64 ns	1,48 ns
Solar.*Lâmina*Prof.	3	0,22 ns	0,06 ns	0,01 ns	1,02 ns
Erro	45	0,33	0,52	0,73	1,01
Total Corrigido	63	-	-	-	-
CV (%)	-	36,06	7,90	39,96	15,27
Média	-	2,68	4,99	84,19	44,79

**, * e ns significativo ao nível de 1% e 5% de significância, pelo teste F, e não significativo, respectivamente. Para análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x+1}$

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

A população de fungos diminuiu significativamente na área solarizada tanto após a aplicação da solarização quanto 120 dias após o processo. A solarização reduziu a população de fungos do solo em ambas as camadas amostradas, não tendo diferença estatística entre elas após aplicação da solarização, porém, a população de fungos não foi totalmente eliminada (TABELA 5). A solarização

torna-se uma ferramenta viável e muito importante para controle de fitopatógenos de solo. Como estes são susceptíveis às temperaturas elevadas, os fungos saprófitas são mais competitivos, permanecendo no solo após a solarização, tendo por sua vez sua população aumentada em relação à área não solarizada, efetuando assim um controle eficiente (SANTOS *et al.*, 2014).

Tabela 5 – Avaliação quantitativa da comunidade de fungos e bactérias (UFC/placa) em diferentes profundidades de solo solarizado e não solarizado cultivado com abacaxizeiro cv. Golden MD-2. Jaíba, MG

	Fungo		Bactéria	
	0 DAP	120 DAP	0 DAP	120 DAP
Solo				
Solarizado	1,22 b	3,61 b	92,86 a	34,60 b
Não Solarizado	4,14 a	6,38 a	75,52 b	54,97 a
Profundidade (cm)				
0-20	2,78 a	6,92 a	87,61 a	47,13 a
20-40	2,58 a	3,06 b	80,76 b	42,44 a
Média Geral	2,68	5,00	84,19	44,79
CV (%)	36,06	39,96	15,27	15,27

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância. Para análise estatística em que os dados foram transformados em $\sqrt{x+1}$
Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Na 3ª avaliação, 120 após o plantio das mudas, houve um aumento considerável na população de fungos na camada de 0 a 20 cm, diferindo estatisticamente da camada de 20 a 40 cm (TABELA 5). Este resultado corrobora com Alvarenga; Siqueira e Davide (1999), onde relatam que a atividade biológica ocorre com maior intensidade na camada superficial do solo. E segundo Primavesi (2002), a população de fungos pode crescer em solos mais secos.

Provavelmente, o que ocorreu com os resultados obtidos em nosso trabalho pode ter sido reflexo do crescimento das raízes do abacaxizeiro nesta camada com maior suprimento de nutrientes e melhores condições de umidade, aeração, temperatura e pH. Segundo Nicodemo (2009), a biomassa microbiana do solo pode modificar o pH do solo, ativar as enzimas ou ainda reduzir suas atividades.

Bactérias e fungos são os integrantes predominantes da biota do solo (JASTROW; AMONETTE e BAILEY, 2007). Embora, em menor número que as bactérias, os fungos, geralmente contribuem com a maior parcela da biomassa microbiana do solo. Segundo Primavesi (2002) em solo de climas tropical e subtropical, predominam temperaturas acima de 20°C, prevalecendo maior número de bactérias, e menor número de fungos e actinomicetos.

A população de bactérias aumentou significativamente na área solarizada após sua aplicação, porém, 120 dias após o plantio e solarização, houve redução nas duas áreas, sobretudo na área solarizada essa redução foi mais acentuada, diferindo estatisticamente da área não solarizada (TABELA 5). De acordo Primavesi (2002) as bactérias se beneficiam da elevada umidade no ar do solo, encontrada quando a capacidade de retenção de água no solo está entre 50 e 75%.

Segundo Tortora, Funke e Case (2005), a temperatura ótima de crescimento é a qual a espécie cresce melhor, e a temperatura máxima de crescimento é a maior na qual o crescimento é possível. Porém quando é feito um gráfico relacionando a resposta de crescimento com a variação de temperatura, pode-se observar que a temperatura ótima de crescimento bacteriano normalmente está deslocada para perto da variação máxima, mostrando que a aumento da temperatura induz o aumento do crescimento bacteriano. Isso pode explicar a aumento da população de bactérias no solo logo após a aplicação da solarização.

Algumas espécies de bactérias produzem formas latentes chamadas endósporos que podem sobreviver em condições desfavoráveis, tais como dessecamento e calor. Sob condições ambientais apropriadas, elas podem germinar e tornarem-se células vegetativas metabolicamente ativas, que

crescem e se multiplicam (PELCZAR JUNIOR; CHAN e KRIEG 1996). Por esse motivo, o maior número de UFC de bactérias nas placas pode ter ocorrido devido à germinação e crescimento dessas estruturas de resistência quando colocadas em meio de cultura nas condições de laboratório, tendo, consequentemente, maior número de UFC de bactérias no meio de cultura.

A diminuição do número de UFC de bactérias na área não solarizada pode ter ocorrido devido enquanto este solo estava em repouso, antes do plantio, e ter uma grande diversidade de plantas daninhas que, devido a maior diversidade de espécies, pode fornecer maior e mais variada quantidade de nutrientes, aumentando a diversidade de bactérias no solo. Segundo Moreira e Siqueira (2002), os microrganismos ocupam cerca de 0,5% do espaço poroso do solo, porém, essa porcentagem aumenta significativamente no solo rizosférico devido ao aumento na disponibilidade de substrato. O solo não rizosférico é, por essência, um deserto nutricional; nele, as maiorias dos organismos se encontram mortos ou em dormência em vista da ausência de ingredientes necessários para seu metabolismo, principalmente, substratos orgânicos e ambientes

químico-físicos favoráveis. Dessa forma, após o plantio, com a presença apenas da rizosfera do abacaxizeiro, ainda em formação, tem-se menor diversidade deste grupo de microrganismo.

Houve maior número de UFC de bactérias no solo da camada de 0 a 20 cm quando comparada à camada de 20 a 40 cm, logo após a aplicação da solarização (TABELA 5). Durante o tratamento de solarização ocorre fluxo ascendente de água no solo, que evapora e recondensa na superfície inferior do plástico (Chen *et al.*, 1991), tendo a possibilidade de bactérias aflorarem por capilaridade e realocarem das camadas profundas para as camadas mais superficiais do solo.

A prática da solarização proporcionou valores significativos de Potássio (K) e Condutividade elétrica (CE) e diminuiu os níveis de Alumínio (Al), saturação por alumínio (m) e Zinco (Zn) (TABELA 6). Estes resultados estão de acordo com os de Gamliel e Katan (1991) que também verificaram aumentos nos teores de K e CE; Baptista *et al.* (2006) também encontraram redução nos teores de Zn após o processo de solarização.

Tabela 6 – Caracterização química do solo na camada de 0 a 20 cm com e sem solarização. Jaíba, MG

Atributos Químicos	Solarizado	Não solarizada	Média Geral	CV(%)
K (mg dm^{-3}) ³	96,18 a	78,37 b	87,28	14,75
Al (cmolc dm^{-3}) ⁴	0,01 b	0,10 a	0,06	2,89
m (%)	0,87 b	5,81a	3,34	47,52
Zn (mg dm^{-3}) ³	3,03 b	3,47 a	3,25	18,23
CE (dS m^{-1})	1,25a	1,06 b	1,16	19,96

m = Saturação por Al^{3+} ; CE = condutividade elétrica

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Tais resultados são explicados pelo fato de ocorrer maior decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e consequentemente, maior solubilização e disponibilização dos nutrientes na MOS ou mesmo dos nutrientes contidos na biomassa do solo (BMS), visto que a elevação da temperatura causa a morte de parte dos indivíduos componentes que são mais sensíveis às temperaturas altas, afetando dessa maneira, a BMS (SANTOS *et al.*, 2014).

A liberação de nutrientes no solo pode estar relacionada à ação da solarização sobre a microbiota do solo. Parte importante dos nutrientes presentes na matéria orgânica do solo está imobilizada na microbiota e se torna disponível com sua morte e decomposição.

A relação da época com a solarização revelou comportamento diferenciado no desenvolvimento das plantas. Aos 90 DAP não houve diferença entre a altura de plantas nas duas áreas,

porém 180 DAP a solarização promoveu maior altura de plantas. Para comprimento da folha "D" e número de folhas emitidas houve diferença es-

tatística entre as duas áreas tanto aos 90 quanto nos 180 DAP (TABELA 7).

Tabela 7 – Altura, Comprimento da folha "D" e Número de folhas emitidas em abacaxizeiro cv. Golden MD-2. Jaíba, MG

Altura (cm)			
	90 DAP	180 DAP	Média
Solarizado	39.55 Ba	48.29 Aa	43.92 a
Não solarizado	38.16 Ba	41.24 Ab	39.70 b
Média	38.85 B	44.77 A	
CV		10.10	
Comprimento Folha "D" (cm)			
	90 DAP	180 DAP	Média
Solarizado	55.32 Ba	72.65Aa	63.99 a
Não solarizado	46.29 Bb	55.70Ab	50.99 b
Média	50.81 B	64.17 A	
CV		5.98	
Número de Folhas			
	90 DAP	180 DAP	Média
Solarizado	61.28 Ba	83.33 Aa	72.31 a
Não solarizado	52.05 Bb	66.06 Ab	59.06 b
Média	56.67 B	74.69 A	
CV		5.59	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Houve efeito significativo da solarização do solo e da época de avaliação para todas as variáveis de crescimento. A solarização promoveu maior altura das plantas, comprimento da folha "D" e maior número de folhas emitidas. Todas essas características também foram superiores aos 180 DAP (TABELA 7).

Chen *et al.* (1991) constataram que os possíveis mecanismos responsáveis pelo maior crescimento das plantas após a solarização são: controle de pragas ou patógenos primários e, ou, secundários; alteração da comunidade microbiana do solo em favor de antagonistas ou microrganis-

mos promotores de crescimento; inativação térmica de plantas invasoras e liberação de nutrientes no solo, decorrentes da morte e decomposição de parte da microbiota.

O potássio é o nutriente mais exigido pelo abacaxizeiro (MALAVOLTA, 1982), sendo assim, o aumento no teor deste nutriente no solo, assim como a redução do teor de Al, que é tóxico para as plantas, podem ter contribuído para esse maior crescimento na área solarizada. O abacaxizeiro é uma planta com metabolismo CAM (metabolismo do ácido das crassuláceas), com alta eficiência no uso da água, isso explica a não interferência

das lâminas de irrigação nesta fase de desenvolvimento inicial da planta.

Conclusão

A solarização reduziu a população de *Criconemella* spp., *R. reniformis* e *Helicotylenchus* spp.

A lâmina de 50% da Etc associada à área não solarizada reduziu o número de *R. reniformis* na camada de 20 a 40 cm de profundidade.

Referências

- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de carbono, Biomassa Microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 617-625, 1999.
- ARAÚJO, A. S. F; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- BAPTISTA, M. J. et al. Solarização do solo e biofumigação no cultivo protegido de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 1, p. 47-52, 2006.
- BARBOSA, D. H. S. G. et al. Reaction of Pineapple Genotypes to the Nematode *Pratylenchus brachyurus*. News from Brazil. **Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science**, n. 21, p. 15-18. 2014.
- CHEN, Y. et al. Chemical, physical and microbial changes related to plant growth in disinfested soils. **Soil solarization**. Boca Raton: CRC Press, p.103-129, 1991.
- UNITED NATIONS FOOD AND AGRICULTURE - FAO. **Abacaxi no mundo**: 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/FOT1lh>>. Acesso em: 23 de mar. 2015.
- FERREIRA, T. F. et al. Iteration of Rotylenchus reniformis and Meloidogyne javanica with mealybug wilt of pineapple, in microplots. **European Journal Plant Pathology**, v. 141, n. 4, p. 761-768. 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/rWhEk5>>. Acesso em 22 ago. 2014.
- GHINI, R. Solarização do solo. Jaguariúna: Embrapa, 2001. 29 p.
- HORNBY, D. Suppressive Soils. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 21, p. 65-85, Sept. 1983.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/mytZ6E>>. Acesso em: 18 dez. 2014.
- JASTROW, J. D.; AMONETTE, J. E.; BAILEY, V. L. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. **Climatic Change**, v. 80, n. 1-2, p. 5-23, 2007.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for extracting nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.
- KATAN, J.; DEVAY, J. E. **Soil solarization**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 267 p.
- KATAN, J. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. **Annual Review of Phytopathology**, v. 19, n. 1, p. 211-236, 1981.
- MAI, W. F.; MULLIN, P. G. **Plant parasitic nematodes**: a pictorial key to genera. Ithaca: Cornell University Press, 1996.
- MALAVOLTA, E. et al. Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ABACAXIZEIRO**, 1, 1982, p.21-153, Jaboticabal: FCAV, **Anais...** Jaboticabal, 1982.
- MELO, A. S. et al. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 93 – 98. fev. 2006.
- MONTEIRO, R. O. C. et al. Aspectos produtivos e de qualidade do melão sob gotejo subterrâneo e mulching plástico. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 453-457, 2007.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, UFLA, 2002. 625 p.
- NICODEMO, M. L. F. **Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. (Documentos, 93).
- PELCZAR JUNIOR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1996. 524 p.

A solarização reduziu a população de fungos e aumentou, inicialmente, a população de bactérias no solo, porém, reduziu a população até 120 dias após o processo.

A solarização promoveu maior desenvolvimento inicial do cv. 'Golden MD-2' aos 180 DAP.

Agradecimentos

À FAPEMIG pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.

- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.
- RITZINGER, C. H. S. P. **Nematoides**. 2. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2013.
- ROTONDANO, A. K. F.; MELO, B. **Irrigação na cultura do abacaxizeiro**. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/nMonaO>>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- SANTOS, R. F. et al. Solarização do solo associada à aplicação de *Trichoderma* spp. no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p. 322-325. 2014.
- SILVA, M. G. et al. Efeito da solarização, adubação química e orgânica no controle de nematoides em alface sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 489-494, 2006.
- SILVA, G. S. Métodos alternativos de controle de fitonematoídes. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 19, p. 81-152, 2011.
- SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V. de. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.134-141, 2007.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 967p.
- WALLACE, H. R. The movement of eelworms in water films. **Annals of Applied Biology**, v. 47, n. 2, p. 366-370, 1959.