

Níveis populacionais de fungos fitopatogênicos e a relação com a concentração de nutrientes em pomares adubados com dejetos suíno compostado

Pathogenic fungi population levels and relationship with orchards nutrient concentration fertilized with composted swine manure

COSTA JUNIOR, Avanor Cidral Da¹, BOGO, Amauri¹, PENTER, Felipe¹, CASA, Ricardo Trezzi¹, RUFATO, Leo¹, KRETZSCHMAR, Aike Anneliese¹, CUNHA, Isabel Cristina da²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages - SC – Brasil, avanorjr@gmail.com; amaurbogo@udesc.br; felipepenter@gmail.com; ricardo.casa@udesc.br; leo.rufato@udesc.br; aike.kretzschmar@udesc.br; ²Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Educação a Distância (CEAD), Florianópolis - SC – Brasil, isabel.cunha@udesc.br

RESUMO: A utilização de resíduos animais como alternativa de adubação em solos agrícolas proporciona a melhoria física do solo, potencializa nutrientes e adiciona compostos bioquímicos específicos capazes de renovar a microfauna e microflora nativas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de dejetos suíno compostado (DSC) e adubação química (AQ) em pomares comerciais de macieira, pereira e videira sobre os níveis populacionais dos fungos fitopatogênicos *Verticillium dahliae*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides* e *Trichoderma* spp e a relação com a concentração de nutrientes no solo nas condições edafoclimáticas do planalto Catarinense. A AQ e o *Trichoderma* spp. foram considerados como controle positivo. Cada pomar recebeu 50% e 100% das doses de DSC e AQ oficiais recomendadas de N, P e K a intervalos de cada dois meses durante o período de agosto de 2012 a março de 2014. A análise de macro e microelementos do solo foi realizada, previamente, a coleta das amostras para análise dos níveis populacionais dos fungos fitopatogênicos. A população de fungos fitopatogênicos de solo foi obtida pela diluição e plaqueamento de 10 g de amostras de solo provenientes dos três pomares em dois meios de cultura, batata-dextrose-ágar (BDA) e Sabouraud-ágar-cloranfenicol (SAC) e expressas na forma de unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de solo (g⁻¹). Houve diferenças significativas entre as doses e tipos de fertilizantes sob os níveis populacionais dos fungos fitopatogênicos *V. dahliae*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides* e *Trichoderma* spp. As populações média variaram de 0-45 x 10³ UFC g⁻¹, 0-40x 10³ UFC/g e 0-45x 10³ UFC/g nos pomares de macieira, pereira e videira, respectivamente. Houve diferença significativa na concentração dos nutrientes P, K e Na no pomar de macieira quando comparado com os pomares de pereira e videira. A AQ e a DSC aumentaram o nível populacional de *Trichoderma* spp. de zero a 10 x 10³ UFC/g de solo nos pomares de macieira e pereira quando comparado ao de videira. As dosagens de 50% e 100% da dose recomendada de DSC inibiu o crescimento de *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae* em dosagem aproximada de 10 - 20 x 10³ UFC/g de solo nos pomares de pereira e videira. A dosagem de 100% de AQ aumentou os níveis populacionais na proporção aproximada de 5-20 x 10³ UFC/g de solo de *F. oxysporum*, *F. solani* e *V. dahliae*, nos 3 pomares avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: *Verticillium dahliae*, *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., flutuação populacional, macro e micronutrientes.

ABSTRACT: Animal waste can be used as an alternative soil fertilizer in agricultural and can improve soil physical feature, nutrients, and add specific biochemical compounds able to enhance or renew the native micro fauna and flora. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of the fertilizers composted swine manure (CSM) and chemical fertilizer (CF) on the population level of the pathogenic fungi *Verticillium dahliae*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, and *Trichoderma* spp. and the relation of the fertilizers with the concentration of soil nutrients in commercial apple, pear and grape orchards at the edafoclimatic conditions of Santa Catarina State highland. The CF and the *Trichoderma* spp. were considered as positive control. Each orchard was fertilized with 50 and 100% of the official recommendation doses of DSC and CF at two months interval from August

of 2012 to March of 2014. The analysis of soil macro and micro nutrients were performance previously before the collection of soil sample for the pathogenic fungi analysis during all trial. Colonies of pathogenic fungi were assayed by dilution plating from samples of 10 g of soil collected from apple, pear and grape orchards, using potato dextrose agar (PDA) and Sabouraud agar-chloramphenicol (SAC) and expressed as colony formation unit (CFU) per soil gram (g^{-1}). There were significant differences among fertilizers, doses and types (CSM and CF) and the population levels of *V. dahliae*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides* and *Trichoderma* spp. The fungi population ranged from 0-45 x 10³ CFU/g, 0-40 x 10³ CFU/g and 0-45 x 10³ CFU/g, in apple orchards, pear and grape, respectively. There was a significant difference among concentrations of nutrients of P, K, and Zn at the apple orchard. When compared to the pear and grape orchard. The CF and CSM fertilizer increased the population levels of *Trichoderma* spp from zero to 10 x 10³ CFU/g of soil at the apple and pear orchard when compared with grape orchard. The 50% and 100% of the recommended dose of CSM fertilizer inhibited the population growth of *F. solani*, *F. verticillioides* and *V. dahliae* in approximately in 10 - 20 x 10³ CFU/g of soil at the pear and grape orchard. The 100% of CF fertilizer dose increased the population growth of *F. oxysporum*, *F. solani*, and *V. dahliae* in approximately 5-20 x 10³ CFU/g of soil at the three orchards evaluated.

KEYWORDS: *Verticillium dahliae*, *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., population dynamics, macro and micronutrients.

Aceito para publicação em: 22/09/2015

Correspondência para: amauribogo@udesc.br

Introdução

A fruticultura e a suinocultura brasileira possuem destaque no âmbito internacional. O país é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, com 43 milhões de toneladas anuais e responsável por 3,5% da produção mundial de carne suína com 3,4 milhões de toneladas (USDA, 2012). O Estado de Santa Catarina possui destaque na produção de frutas de clima temperado como maçã (*Malus domestica* L.), uva (*Vitis vinifera* L.) e pera (*Pyrus communis* L.) e maior produtor nacional de carne suína com 27% da produção nacional (USDA, 2012).

A grande produção de suínos, por consequência, acarreta elevada quantidade de dejetos. A discussão sobre dejetos suínos como fonte de poluição ambiental emergiu na metade dos anos 80 (LARKIN et al., 2006). Desde então vem sendo estudadas técnicas para amenizar o impacto dos dejetos sobre o ambiente. A utilização de dejetos suínos como fertilizante orgânico tem sido difundida com base em aspectos econômicos, uma vez que representa um recurso interno das propriedades rurais, rico em nutrientes e matéria orgânica (EPAGRI, 2012). A utilização da matéria orgânica como fonte principal de adubação permite que as plantas cresçam mais resistentes e fortes, restaurando ainda o ciclo biológico natural do solo,

reduzindo de maneira significativa os custos com o manejo fitossanitário (KURAKOV et al., 2008).

Na maioria das regiões produtoras de suínos no Brasil, os dejetos são manejados na forma líquida, possuindo desvantagens como a baixa concentração de nutrientes pela diluição em água, elevados custos de armazenamento, transporte e distribuição na lavoura e maior potencial poluidor de recursos hídricos e do solo (MMA, 2006). Uma alternativa, desenvolvida pela Embrapa Aves e Suínos em Concórdia/SC, tem sido o uso de dejetos suínos na forma sólida compostada. A compostagem é um processo de decomposição microbiológica que pode ser usado tratando da fração sólida do dejetos, reduzindo o seu volume e aumentando sua eficiência como fertilizante, eliminando odores e gerando um produto final de fácil manipulação e uso (BETTIOL e GHINI, 2005). No composto, diferente do que ocorre nos dejetos líquidos, o nitrogênio não está na forma mineralizada, isto é, precisa sofrer mineralização para ser utilizado pelas plantas (OLIVEIRA et al., 2004). Isso garante diminuição de perdas por lixiviação e consequente contaminação do lençol freático.

Dentre os microrganismos de solo, a biomassa fúngica é predominante (KURAKOV et al., 2008) e nela se encontram várias espécies com potencial antagônico,

promoção de crescimento e fitopatogênico. O caráter saprofítico e patogênico de alguns fungos e a capacidade de produzir estruturas de resistência na ausência de plantas hospedeiras e/ou condições climáticas desfavoráveis está relacionado a fatores edáficos de natureza biótica, como as interações antagônicas com a microbiota do solo e fatores abióticos como temperatura, umidade, aeração, concentração de CO₂ e pH do solo (BAKER e MARTINSON, 1970).

Pouco se sabe como a aplicação de dejetos de animais afeta a população de microrganismos fitopatogênicos no solo e sua relação com a concentração de nutrientes do solo. Na literatura, os trabalhos, geralmente, avaliam a dinâmica populacional pela diluição de solo e observação em placas (BULLUCK e RISTAINO, 2002); observação microscópica (SCHNURER et al., 1985); quantificação de C, N e P, respiração microbiana e atividade enzimática microbiana (CHELLEMI e PORTER, 2001). Os resultados desses estudos sugerem que a aplicação de dejetos animais no solo aumentam a biomassa e atividade microbiana bem como a matéria orgânica no solo. Bulluck e Ristaino (2002) observaram que a aplicação de dejetos suínos no solo aumentou níveis de N, actinomycetes e *Trichoderma*, não apresentando aumento nas populações de fitopatógenos como *Fusarium* spp. ou do total de fungos cultiváveis. Parham (2003) avaliando o efeito da aplicação de esterco bovino, observou aumento nos níveis populacionais de vários gêneros de bactérias, mas não o de fungos em relação a aplicação de fertilizante inorgânicos.

Existem poucos relatados na literatura sobre o efeito da aplicação de resíduos orgânicos na população total de fungos do solo. Conn et al. (2005), Weller et al. (1988) e Aryantha et al. (2000) sugerem que a adição de resíduos orgânicos atua na inibição e erradicação de uma vasta gama de fungos patogênicos de solo. Os mecanismos de inibição geralmente envolvem estimulação de bactérias ou antagonistas e fungos micoparasíticos, como também a liberação direta de compostos tóxicos, como amônia e ácidos graxos voláteis (CONN et al., 2005; WELLER, 1988). O efeito da incorporação de resíduos orgânicos no solo ocorre, geralmente pelo estímulo da atividade da biota. Os compostos e substâncias geradas pela decomposição da matéria orgânica servem de fonte de alimento aos microrganismos do solo. Esse estímulo limita a atividade de fitopatógenos, pois aumenta a competição por espaço e nutrientes, favorecendo a produção de metabólitos voláteis ou não voláteis tóxicos aos

patógenos e aumenta a atividade de parasitas e dos predadores (BETTIOL e GHINI, 2005). A adição de esterco compostado no solo ou em substratos, suprime a incidência e a severidade de muitas doenças produzidas por fungos de solo como *Fusarium*, *Verticillium* e *Rhizoctonia* (EHTESHAUL-HAQUE et al., 1997; BETTIOL e GHINI, 2005).

Nos estudos de comparação entre pomares orgânicos e convencionais, GLOVER et al. (2000), concluíram que a adição de compostos orgânicos têm impactos na qualidade do solo, estimulando processos microbianos que ajudam a desenvolver e manter os agregados e a estrutura do solo. A aplicação em longo prazo de dejetos líquido de suíno nos solos, resulta em níveis anormalmente elevados de P, K e Mg, e os desequilíbrios nutricionais no solo (KING et al., 1990; PIERZYNSKI et al., 2000). Fungos de solo estão envolvidos em diversas funções importantes. Portanto os fatores que afetam as populações e atividades de fungos em solos afetam significativamente a produtividade do solo e a qualidade ambiental.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de dejetos suíno compostado (DSC) sobre os níveis populacionais de fungos fitopatogênicos e a relação com a concentração de nutrientes do solo em pomares de macieira, pereira e videira, nas condições edafoclimáticas do Planalto Catarinense, durante as safras de 2012/13 e 2013/14.

Material e Métodos

Locais de aplicação do dejetos suíno compostado (DSC) e coleta de amostras de solo - Os experimentos foram realizados em pomares comerciais de macieiras, pereiras e videiras, no município de São Joaquim, Estado de Santa Catarina - Brasil. Os pomares estão a uma distância de 1,5 Km entre si e localizados a 28°17' Latitude Sul, 49°55' Longitude Oeste e a uma altitude de 1.353 m acima do nível do mar. O clima da região é do tipo mesotérmico úmido com verão brando (Cfb), segundo a classificação de Köppen (PEEL et al., 2007). A precipitação média anual é de 1.683 mm sendo a temperatura média anual 14,0 °C.

O pomar de macieira foi conduzido no sistema espaldeira em líder central seguindo as normas do Sistema de Produção Integrada de Maçã com dez anos de idade. A cultivar utilizada foi Royal Gala enxertada sobre o portaenxerto Marubakaido, com espaçamento de 6 m entre linhas e 4 m entre plantas nas linhas de plantio. O pomar de pereira foi implantado em 2008, com mudas pré-formadas da cultivar Rocha enxertada

em marmeleiro Adams, conduzidas em forma de líder central, com espaçamento de 1 m entre plantas e 3 m entre linhas. O pomar de videiras foi implantado no ano de 2008 com plantas da cultivar Cabernet Sauvignon, conduzida no sistema espaldeira, espaçamento de 2,0 metros entre linhas por 1,2 entre plantas. A poda de inverno foi realizada em cordão esporonado, deixando-se em média duas gemas por esporão, com uma carga de gemas em torno de 24 a 32 gemas/planta.

O solo dos pomares é Cambissolo Húmico de textura franco argilosa (EMBRAPA, 1999). A análise química na camada de 0 a 20 cm do solo é composta de acordo com a Tabela 01.

O DSC foi recolhido na área experimental da EMBRAPA Suíno e Aves e foi compostado por 45 dias até completar a termo estabilização, conforme (AQUINO et al. 1994). O processo de empilhamento foi inspecionado periodicamente para evitar superaquecimento e ressecamento do material. A temperatura foi monitorada e mantida em aproximadamente 50°C, durante pelo menos os 30 primeiros dias. A relação C/N do DSC foi de 12,5/5,5 com características químicas de M.O de 23%; pH (CaCl₂) de 6,2; Ferro (mg/dm³) de 4,3; Potássio (mg/dm³) de 1,2; magnésio (mg/dm³) de 13,3 e alumínio (H+Al mg/dm³) de 15,8.

A aplicação de dejetos suíno compostado (DSC) e a adubação química (AQ) (fórmula comercial 5-20-10) foram realizadas em intervalo de dois meses, tendo início no mês de agosto de 2012 até março de 2014. Cada parcela foi composta por seis plantas, sendo que apenas as duas plantas centrais receberam o DSC na dosagem 3 Kg por planta e 20 g de AQ como adubação de cobertura em torno da projeção da copa. Os tratamentos diferiram quanto à dose de aplicação do adubo, sendo o Controle - sem adubação; Q50 - 50% recomendação com AQ; Q100 - 100% recomendação com AQ; S50 - 50% recomendação com DSC e S100 - 100% recomendação com DSC. A recomendação de adubação N, P e K para as culturas de acordo com a análise do solo (Manual Adubação, 2004) foram de 40 kg de N, 50 kg de P e 50 kg de K por ha para o pomar

de macieira; 15 kg de N, 40 kg de P e 20 kg de K por ha para o pomar de videira e 20 kg de N, 40 kg de P e 40 kg de K por ha por ha. Para o pomar de pereira.

A partir do mês de agosto de 2012 até março de 2014, amostras de solo das duas plantas centrais de cada parcela, foram coletadas em março para a pereira e macieira e maio para a videira no estágio de pós-colheita e em final de agosto/início de setembro no estágio de início da brotação na profundidade 0-10 cm nas áreas de projeção da copa e homogeneizado em balde. Subamostras de 250 a 500g de solo foram transferidas para sacos plásticos identificados. As amostras de solo foram espalhadas em papel e colocadas em estufa de circulação de ar e secas a 20°C até a obtenção de 10-13% de umidade e analisadas quanto a fertilidade do solo de acordo com a Tabela 01 e identificação dos níveis populacionais de fungos de solo.

Determinação dos níveis de população de fungos e as concentrações de nutrientes no solo

- Após triagem e identificação da população total de fungos cultiváveis em dois meios de cultura BDA (batata - dextrose - ágar) e em SAB (ágar- Sabouraud + cloranfenicol), foram selecionados os fungos fitopatogênicos: *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *Verticillium dahliae* e *Trichoderma* spp. (conhecido como potencial biocontrolador) foi utilizado como controle positivo. As populações dos patógenos de cada amostra de solo foram estimados por diluição em placas de ágar (BULLUCK e RISTAINO, 2002). Porções de solo equivalente a 10 g de peso seco em estufa foram misturadas em 90 ml de água estéril destilada e diluídas em série em diluições 1/10 com água estéril destilada, após 20 min de agitação a cada diluição, para obtenção da diluição 10⁻³. Aliquotas de 0,1 mL foram semeadas uniformemente sobre superfícies de três placas de ágar e as placas foram invertidas em a bancada de laboratório em 23-25°C. As diluições em placas do solo foram realizadas em BDA e em SB.

Tabela 1- Análise de pH, macro (N, P, K, Mg, Ca) e micro (Na, Cu, Zn, Mn, Zn) nutrientes no solo dos três pomares na fase de implantação dos experimentos.

pomar	pH(H ₂ O)	N	P	K	Na	Mg	Ca	Cu	Zn	Mn	Fe
		g/Kg	-	mg/dm ³	-	mg/dm ³	mg/dm ³	-	mg/dm ³	-	-
macieira	6,70	2,25	3,00	57,00	11,00	4,66	10,51	9,48	6,33	11,75	118,08
pereira	6,45	2,50	4,35	83,00	10,25	4,26	10,55	7,08	7,35	6,28	90,03
videira	5,95	1,79	0,78	65,75	8,50	3,04	10,63	7,48	8,20	27,93	208,98

Métodos de extração: P e K em método de Mehlich⁻¹; Ca e Mg em sal neutro de KCl/1,0 molc L⁻¹; N em método de Kjeldahl; Na, Ca, Cu, Zn, Mn e Fe de acordo com Tedesco et al. (1995).

Colônias de fungos desenvolvidas nas placas foram submetidas à observação microscópica e marcadas em 3, 4 e 5 dias de crescimento. Os níveis populacionais de quatro espécies de fungos fitopatogênicos, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *V. dahliae* e um gênero de fungo conhecido como potencial biocontrolador, *Trichoderma* sp., foram diferenciados com base na coloração, morfologia e esporulação segundo Barnett e Hunter (1972) e quantificadas em UFC (Unidades Formadoras de Colônia).

As concentrações de 10 macro e micronutrientes foram determinadas em cada uma das amostras de solo dos diferentes pomares. O pH em água e em CaCl_2 foram determinados em eletrodo acoplado a medidor de pH em extrato na relação solo:líquido de 1:1; K e P foram extraídos por solução de ácidos diluídos (Mehlich¹) e determinados por fotometria de chama e colorimetria, respectivamente, Ca, Mg e Al foram extraídos com sal neutro ($\text{KCl } 1,0 \text{ molc L}^{-1}$), sendo os dois primeiros determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al quantificado por titulação ácido-base. O Carbono orgânico foi determinado por oxidação dos compostos orgânicos do solo por dicromato em meio ácido e posterior titulação do excesso de oxidante com sulfato ferroso. O N mineral foi extraído com solução de sal neutro ($\text{KCl } 1,0 \text{ molc L}^{-1}$) e o N total por digestão ácida, pelo método Kjeldahl, com determinação de N por destilação de amônia em vapor, recolhendo-se em solução indicadora de ácido bórico posteriormente titulada com H_2SO_4 diluído (SILVA, 1999).

Análise estatística - Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 5, repetidos no tempo (Meses). O modelo utilizado foi constituído de efeitos fixos de tratamentos (Controle, Q50, Q100, S50 e S100), meios de cultura (BDA e SB), meses (medida repetida no tempo), interações (tratamento/meios de cultura/meses) e resíduos, utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Carry, NC, v.9.2). Quando significativa, as médias das variáveis foram comparadas usando a diferença mínima significativa de Tukey $p \leq 0,05$. Quanto ao comportamento dos meses, foram ajustados contrastes ortogonais para verificar a significância ($p < 0,05$) quanto aos comportamentos: linear, quadrático e cúbico.

Resultados e Discussões

Níveis populacionais dos fungos nos solos - As colônias da maioria dos fungos sobre os meios de cultura BDA e

SB cresceram bem definidas, densas e com variada coloração e frequentemente esporulantes. Na maioria dos casos, 20-40 colônias cresceram por placas. Colônias de bactérias e actinomicetos foram ausentes devido a presença dos antibióticos em ambos meios de cultura.

Os fitopatógenos *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *V. dahliae* e o controle positivo *Trichoderma* ssp foram facilmente cultivadas em meio BDA quando comparado ao meio SB que foi menos eficiente para o crescimento das espécies de *Fusarium* e pouco eficiente para o gênero *Trichoderma* spp.

A variação de significância ($p=0,05$) na análise fatorial dos dados das médias dos níveis populacionais dos fitopatógenos foi atribuída aos anos de coleta (2012, 2013 e 2014) e não ao intervalo de tempo de coleta entre as amostras, tipos de tratamento (doses) ou interação entre as variáveis. Níveis populacionais médios observados nas diferentes amostras de cada pomar avaliado foram, aproximadamente, 30% maior sobre o meio BDA do que SAC. Resultados na maioria das amostras de solo testadas em ambos meios de cultura BDA e SAC apresentaram alta correlação significativa com os pomares avaliados e tipos de adubação.

A população média de *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *V. dahliae* e *Trichoderma* spp. em amostras de solo sem adubação, com AQ e com DSC variou de $0-45 \times 10^3$ UFC/g no pomar de macieira, de $1, 0-40 \times 10^3$ UFC/g no pomar de pereira e de $0-45 \times 10^3$ UFC/g no pomar de videira (Tabela 2). Para cada espécie de fungo, os níveis populacionais diferiram significativamente, entre os solos dos diferentes pomares e o resíduo, com mais de 8 amostragens e três séries de diluição. Sendo que no pomar de macieira houve aumento do nível populacional médio de *Trichoderma* sp. e diminuição dos níveis populacionais de *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*. No pomar de pereira também houve aumento do nível populacional médio de *Trichoderma* spp. e diminuição dos níveis populacionais de *F. verticillioides* e, *V. dahliae*. Já no pomar de videira houve aumento dos níveis populacionais de *F. solani*, *F. oxysporum* e diminuição de *F. verticillioides* e *Trichoderma* spp.

Relação dos níveis populacionais de fungos no solo e a concentração de nutrientes do solo - As maiores diferenças significativas ocorreram na concentração dos nutrientes P, K e Na nos três pomares de macieira, pereira e videira quando comparado aos pomares de pereira e videira (Tabela 3). As concentrações de P e K

Tabela 2- Níveis populacionais de gênero e espécies de fungos em solo de pomares de macieira (área 1), pereira (área 2) e videira (área 3) sem adubação, com adubação química (AQ) e com aplicação de dejetos suíno compostado (DSC) na região de São Joaquim, SC, durante as safras de 2012/13, 2013/14.

Área	Patógeno	População média (x 10 ³ UFC/g solo)			
		sem adubação	Q50	Q100	S50 S100
1	<i>Fusarium oxysporum</i>	10b*	15b	60a	20b 10b
	<i>Fusarium solani</i>	45a	26b	10c	35a 0d
	<i>Fusarium verticillioides</i>	26a	10b	10b	30a 13,3b
	<i>Verticillium dahliae</i>	10a	0b	0b	10a 10a
	<i>Trichoderma spp.</i>	0b	10a	10a	10a 10a
2	<i>Fusarium oxysporum</i>	0c	20a	20a	0c 10b
	<i>Fusarium solani</i>	30b	30b	40a	0 40a
	<i>Fusarium verticillioides</i>	30a	0c	20b	0c 0c
	<i>Verticillium dahliae</i>	15ab	13,3ab	20a	10b 10b
	<i>Trichoderma spp.</i>	13,3a	15a	10a	15a 0b
3	<i>Fusarium oxysporum</i>	0c	20a	20a	0c 10b
	<i>Fusarium solani</i>	25c	30bc	25c	0 45a
	<i>Fusarium verticillioides</i>	30a	0b	20a	0b 0b
	<i>Verticillium dahliae</i>	15ab	13,3ab	20a	10b 10b
	<i>Trichoderma spp.</i>	15a	15a	10a	10a 0b

Q50 – 50% recomendação com AQ; Q100 – 100% recomendação com AQ; S50 – 50% recomendação com DSC e S100 – 100% recomendação com DSC. *Medias seguidas pela mesma letra minúscula na linha para cada pomar não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

foram superiores nos pomares tratados com DSC tratamento S100, sendo que o K apresentou aproximadamente 2x maior concentração quando comparado com os pomares não tratados nos 3 pomares avaliados. O tratamento Q100 apresentou maior concentração de Na quando comparado aos pomares não tratados. Os outros nutrientes e pH pouco variaram em relação ao resíduo.

No pomar de macieira, o tratamento S100 apresentou maior concentração de N e K, havendo menor variação dos níveis populacionais médio dos fitopatógenos *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. Verticillioides* e *V. dahliae* e maior de *Trichoderma sp.* durante o período de avaliação de agosto de 2012 a março de 2014. No pomar de pereira, não houve diferenças significativas entre as concentrações de nutrientes e os níveis populacionais. No pomar de videira o tratamento S100 apresentou maior concentração de K, Zn e Fe e diminuição dos níveis populacionais de *F. verticillioides* e *Trichoderma spp.* (Tabela 2 e 3).

Os níveis populacionais de *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae* diminuíram nos pomares de macieira, pereira e videira quando adubados com DSC e AQ em ambas

dosagens de 50 e 100% da recomendação oficial. A maior e mais consistente diferença significativa ocorreu com a concentração de P, K e Na. A concentração de cada um destes elementos foram significativamente maior em solos adubados com DSC quando comparado ao solo não tratado. Os aumentos dos teores de P, K e NA foram relacionados com a diminuição dos níveis populacionais médios de *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae* nos 3 pomares avaliados. Sete (N, P, K, Mg, Mn, Ca, Fe) dos 10 nutrientes e pH avaliados não tiveram variação correlacionada a diminuição ou aumento das populações médias de fungos fitopatogênicos avaliados.

Os resultados deste trabalho demonstram que houve diferenças entre amostras sem adubação (resíduo), com AQ e com aplicação de DSC sob os níveis populacionais das cinco espécies de fungos escolhidas aleatoriamente (Tabela 2). A população de *Trichoderma spp.* foi estimulada pela aplicação de DSC e AQ em apenas um dos pomares (macieira) avaliados. A dose de 100% da recomendação oficial de DSC diminuiu significativamente os níveis populacionais de *Trichoderma spp.* nos pomares de pereira e videira quando comparado com o de macieira. Nos pomares de

Tabela 3- Concentrações de nutrientes e pH nas amostras de solo de pomares de macieira (área 1), pereira (área 2) e videira (área 3) sem adubação, com adubação química (AQ) e com aplicação de dejetos suíno compostado (DSC) durante o período de agosto 2012 a março de 2014 no município de São Joaquim, SC

Área	Elemento	Unidade	sem adubação	Concentração média/unidade			
				Q50	Q100	S50	S100
1	N	g/Kg	1,53a*	1,63a	1,60a	1,71a	1,95a
	P	mg/dm ³	3,15b	7,45b	17,65a	6,75b	11,00a
	K	mg/dm ³	128,25b	214,00b	230,25b	247,25b	330,00a
	Na	mg/dm ³	21,25b	23,50b	32,00a	24,75b	29,50a
	Mg	cmolc/dm ³	5,31a	0,27b	4,59a	4,52a	5,45a
	Cu	mg/dm ³	8,13a	6,21b	7,95a	7,26ab	8,60a
	Zn	mg/dm ³	3,33a	3,05a	3,65a	3,53a	3,35a
	Mn	mg/dm ³	2,33a	2,50a	2,30a	2,18a	2,63a
	Ca	mg/dm ³	1,15b	3,83a	2,13b	0,95b	1,13b
	Fe	cmolc/dm ³	16,90a	16,08a	15,05a	20,50a	16,40a
	pH		6,70a	6,50a	6,75a	6,80a	7,00a
2	N	g/Kg	2,48a	2,65a	3,18a	2,46a	2,24a
	P	mg/dm ³	7,48b	6,30b	6,40b	8,08b	15,30a
	Na	mg/dm ³	21,25b	20,00b	21,00b	20,25b	41,00a
	Mg	cmolc/dm ³	5,21a	5,59a	4,11a	5,11a	4,08a
	Cu	mg/dm ³	9,53a	9,34a	8,32a	9,17a	7,88a
	Zn	mg/dm ³	2,75a	3,15a	2,65a	2,48a	2,88a
	Mn	mg/dm ³	3,45a	3,70a	3,30a	2,70a	3,03a
	Ca	mg/dm ³	2,25b	3,70a	1,38b	1,88b	3,40a
	Fe	cmolc/dm ³	17,03b	23,15a	31,70a	19,78b	21,63ab
	pH		6,80a	6,83a	7,03a	7,08a	6,65a
3	N	g/Kg	2,78a	3,19a	3,13a	3,28a	3,11a
	P	mg/dm ³	17,68b	2,33d	12,87bc	10,13c	36,35a
	K	mg/dm ³	127,75b	127,25b	113,33b	130,75b	170,00a
	Na	mg/dm ³	22,25b	15,75b	18,33b	18,00b	32,25a
	Mg	cmolc/dm ³	3,92a	4,25a	4,24a	4,15a	3,80a
	Cu	mg/dm ³	11,82a	14,68a	13,62a	12,89a	12,04a
	Zn	mg/dm ³	4,15b	4,80b	4,9b	4,33b	6,05a
	Mn	mg/dm ³	4,63bc	5,88a	5,40bc	5,60b	3,93c
	Ca	mg/dm ³	22,95a	24,75a	21,03a	27,00a	26,68a
	Fe	cmolc/dm ³	136,38a	120,50a	122,87a	134,40a	148,85a
	pH		6,85a	6,75a	6,87a	6,78a	6,88a

Q50 – 50% recomendação com AQ; Q100 – 100% recomendação com AQ; S50 – 50% recomendação com DSC e S100 – 100% recomendação com DSC. *Medias seguidas pela mesma letra minúscula na linha para cada pomar não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

macieira e videira, corroborando com os dados de Bullucke Ristaino (2002), foi observado um aumento nos níveis populacionais totais de fungos com a aplicação de dejetos suínos compostado, principalmente de *Trichoderma* spp.

O *Trichoderma* spp. interage com patógenos de diversas maneiras, tais como: antibiose, inibição ou supressão de patógeno pela produção de diversas substâncias tóxicas, voláteis e não voláteis com amplo espectro de atividade antimicrobiana; competição,

disputa por nutrientes e/ou espaço com o patógeno, levando o seu deslocamento do sítio de infecção, impedindo a germinação de seus propágulos ou o processo de infecção da planta; micoparasitismo pela utilização do fitopatógeno como alimento, pois crescem em direção ao patógeno, se enrolam em suas hifas, degradam a parede celular pela secreção de enzimas líticas (quitinases, celulases, glucanases e proteases) e delas se alimentam; indução de resistência onde algumas linhagens de *Trichoderma* possuem

capacidade de desencadear uma série de alterações morfológicas e bioquímicas na planta, levando à ativação dos seus mecanismos de defesa contra vários fitopatógenos (DELGADO et al., 2007).

No pomar de macieira, a população média de *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae* foram superiores no tratamento controle sem nenhum tipo de adubação. O maior nível populacional desses fitopatógenos no tratamento controle pode indicar que o processo de adição de nutrientes químicos proveniente tanto da AQ quanto do DSC tem efeito sobre a variação dos níveis populacionais e podem ter agidos por um ou mais mecanismos descritos por Delgado et al. (2007), especialmente pela produção de metabólitos voláteis como a pirona. No pomar de pereira, a aplicação de 50% da dosagem recomendada de adubação com DSC inibiu o crescimento de *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae*. Por sua vez, a aplicação de 100% da dosagem recomendada com AQ estimulou a população de *F. oxysporum*, *F. solani* e *V. dahliae*. Esta oscilação dos níveis populacionais para podem estar intimamente ligada ao tipo estrutural e composição de cada solo. Pratt (2008) não houve efeitos negativos das aplicações de DSC sob a sobrevivência dos fungos fitopatogênicos, pois a flutuação populacional destes fitopatógenos, influenciados ou não pela ação dos nutrientes, tanto de origem química quanto biológica, podem ser influenciadas por vários fatores. Esses autores citam textura, composição, compactação e aeração do solo, como também pela microbiota já presente nos diferentes solos.

O pH e os nutrientes N, P, K e Na apresentaram variação entre os tratamentos testados. Há relação com a diminuição dos níveis populacionais médios das espécies de fungos estudadas. No pomar de macieira, a concentração de Na foi superior em todos os tratamentos comparados as amostras sem adubação, sendo que no tratamento Q100 e S100 a concentração de sal foi relativamente superior (Tabela 3). N, P, e K foram superiores na aplicação de 100% da dosagem recomendada com DSC, mostrando sua eficiência como adubação. Pratt (2008) observou resultados semelhantes para os níveis de P, K e Na, nas áreas tratadas comparadas as áreas não tratadas com o resíduo suíno, porém essas concentrações não afetaram os níveis populacionais de fungos. Uma relação significativa entre os nutrientes do solo e os níveis populacionais de fungos poderia estar envolvida com N. O N é o elemento mais móvel do solo pois apresenta grande variação do número de oxidação e elevada solubilidade das formas inorgânicas. Como

exemplo deste mecanismo seria a formação de novas raízes, substituindo aquelas destruídas por patógenos do solo. Para isso é importante a disponibilidade dos principais elementos, especialmente o P, o N e o balanço entre estes dois elementos que atuam na redução da severidade da podridão da raiz do trigo, causada por *Gaumanomyces graminis* e da podridão das raízes da cana de açúcar, causada por *Pythium* (BULLUCK e RISTAINO, 2002).

Em geral, o P e o K são menos móveis em comparação ao N no solo. O P e o K, apesar da distinta mobilidade, rapidamente reagem com os minerais do solo (fixação) e tornam-se indisponíveis na solução do solo e, por isso, menos sujeitos a perdas do que o N. O P se move por difusão e se acumula na camada superficial do solo. O K apresenta uma maior mobilidade que o P, porém, pode se acumula nas camadas superficiais do solo. Poucos resultados estão disponíveis quanto aos efeitos de nutrientes diretamente sobre os patógenos. O ferro inibe a germinação de esporos e a formação de apressórios de certos patógenos. Condições de pH do solo limitam a disponibilidade de micronutrientes essenciais ao crescimento, esporulação e virulência de certas murchas-de-fusário. A flora microbiana do solo, em especial actinomicetos e bactérias, é favorecida pelo pH do solo mais elevado. Estes microrganismos são antagonistas para determinadas formas especiais de *F. oxysporum*, inibindo a germinação de esporos e o crescimento vegetativo, além de competirem por nutrientes orgânicos e inorgânicos da solução do solo. Alguns nutrientes como o zinco, regulam a eclosão de larvas de nematoides. A redução da severidade de murchas causadas por *F. solani* tem sido associada ao zinco, ferro e manganês, que parecem reduzir a virulência através da inibição da produção de certas enzimas pectolíticas (PRATT, 2008; EHTESHAMUL-HAQUE, et al., 1997).

A concentração de Zn e Fe foi superior aos outros tratamentos na adubação com a dosagem 100% de DSC nas amostras de solo do pomar de videira, porém os níveis populacionais médios de *F. verticillioides* diminuíram, corroborando com os dados de Duffy e Défago (1997) verificaram que o acréscimo de Zn incrementou a atividade de *Pseudomonas fluorescens* que atuaram na diminuição da população de *F. oxysporum* f. *radicis-lycopersici*. Segundo os autores, a adição de Zn diminui a produção de ácido fusárico, responsável pelo processo de patogênese de *F. oxysporum* f. *radicis-lycopersici*, e consequente aumento da produção de antibiótico pela

P. fluorescens que atua na redução da população do agente patogênico.

Algumas discrepâncias são aparentes tanto nos dados de utilização de DSC e AQ comercialmente e em condições experimentais. Aplicações de dejetos suíno e bovino líquido e cama de aviário em condições de laboratório tem aumentado os níveis populacionais de fungos, porém são inconsistentes quanto ao efeito sobre fungos fitopatogênicos e ou de outros da microbiota do solo (LARKIN et al., 2006; ACOSTA-MARTINEZ e HARMEL, 2006). Contudo, outros estudos indicam que não houve efeito sobre os níveis populacionais de fungos no solo nas mesmas condições (BULLUCK e RISTAINO, 2002) ou até mesmo efeito negativo (BITTMAN et al., 2005; DE VRIES et al. 2006). Nas condições experimentais avaliadas, os dados indicaram que os níveis populacionais de fungos no solo, especialmente os fitopatogênicos estudados, foram estáveis na microflora do solo, não sendo positivamente ou negativamente afetados pela utilização de DSC e AQ bem como por diferenças significativas na composição de nutrientes do solo entre os diferentes tipos de adubação e ou pomar avaliado. A utilização de DSC associado ou não a AQ como fonte de nutrição do solo, sem a preocupação na possibilidade de incremento da população de fungos fitopatogênicos causadores de severas doenças em fruteiras de clima temperado foi considerado uma boa estratégia de manejo integrado de doenças nas condições edafoclimáticas estudadas.

Conclusão

Os resultados deste estudo indicaram que a população de *Trichoderma* spp. é estimulada pela aplicação de dejetos suíno compostado (DSC) e adubação química (AQ) apenas no pomar de macieira. A dose de 100% da recomendação oficial de DSC diminuiu os níveis populacionais de *Trichoderma* spp. nos pomares de pereira e videira quando comparado com o de macieira. Os níveis populacionais de *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae* diminuíram nos pomares de macieira, pereira e videira quando adubados com DSC e AQ em ambas dosagens de 50 e 100% da recomendação oficial. A maior e mais significativa diferença ocorreu com a concentração de P, K e Na. O aumento dos teores de P, K e N não se relacionaram com a diminuição dos níveis populacionais médias de *F. solani*, *F. verticillioides* e *V. dahliae* nos 3 pomares avaliados. Sete (N, P, K, Mg, Mn, Ca, Fe) dos 10 nutrientes e pH avaliados não tiveram variação correlacionada com a diminuição ou aumento das

populações médias de fungos fitopatogênicos avaliados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro a este projeto

Referências Bibliográficas

- ACOSTA-MARTINEZ, V.; HARMEL, R. D. Soil microbial communities and enzyme activities under various poultry litter application rates. **Journal of Environmental Quality**, v.35, n.4, p.1309-1318, 2006.
- AQUINO, A.M. et al. Reprodução de Minhocas (Oligoquetas) em Esterco Bovino e Bagaço de Cana-de-açúcar. **Agropecuária Brasileira**, v.29, n.2, p.161-168, 1994.
- ARYANTHA, I.P. et al. Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in potting mixes amended with uncomposted and composted animal manures. **Phytopathology**, v. 90, n.7, p. 775-782, 2000.
- BARKER, R.; MARTINSON, S. **Epidemiology of disease caused by *Rhizoctonia solani***. Biology and pathology of *Rhizoctonia solani*. Berkeley, 255p, 1970.
- BARNETT, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 3rd edition, Burgess Publishing Co, 1972. 273p.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. **Solos supressivos. Solos supressivos. Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, 2005.
- BITTMAN, S. et al. Responses of the bacterial and fungal biomass in a grassland soil to multiyear applications of dairy manure slurry and fertilizer. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p.613-623, 2005.
- BULLUCK, L.R.; RISTAINO, J.B. Synthetic and organic amendments affect southern blight, soil microbial communities and yield of processing tomatoes. **Phytopathology**, v.92, p.181-189, 2002.
- CHELLEMI, D. O.; PORTER, I. J. The role of plant pathology in understanding soil health and its application to productive agriculture. **Australasian Plant Pathology**, v.30, n.1, p.103-109, 2001.
- CONN, K.L. et al. Liquid swine manure can kill *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil by volatile fatty acid, nitrous acid, and ammonia toxicity. **Phytopathology**, v.95, n.1, p. 28-32, 2005.
- DELGADO, G.V. et al. **Inibição do crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum* por *Trichoderma* spp. *in vitro***. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e

- Biocologia, 2007.
- DUFFY, B.K.; DÉFAGO, G. Zinc improves biocontrol of *Fusarium crown* and root rot of tomato by *Pseudomonas fluorescens* and represses the production of pathogen metabolites inhibitory to bacterial antibiotic biosynthesis. **Phytopathology**, v. 87, p.1250-1257, 1997.
- DE VRIES, F.T. et al. Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting nitrogen management. **Soil Biology Biochemistry**, v.38, p.2092–2103, 2006.
- EHTESHAMUL-HAQUE, S. et al. Use of crustacean chitin and plant growth promoting bacteria for the control of *Meloidogyne javanica* root knot nematode in chickpea. **Pakistan Journal of Nematology**, v.15, p.89-93, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro/RJ: EMBRAPA, 1999.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **EPAGRI**. <http://www.epagri.sc.gov.br/> acessado em dezembro de 2012.
- ENGELHARD, A.W. **Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro and Microelements**. St. Paul, Minnesota: American Phytopathology. Soc., 1989. 217p.
- GLOVER, A.T. et al. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.80, p.29-45, 2000.
- LARKIN, R. P. et al. Effect of swine and dairy manure amendments on microbial communities in three soils as influenced by environmental conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v.43, p.51-61, 2006.
- KING, L.D. et al. Long-term swine lagoon effluent applications on 'Coastal' bermudagrass: II. Effect on nutrient accumulation in soil. **Journal Environmental**, v.19, p.756–760, 1990.
- KURAKOV, A. V. et al. Diversity of Facultatively Anaerobic Microscopic Mycelial Fungi in Soils. **Microbiology**, 2008, v.77, n.1, p.90–98, 2008.
- HORNBY, D. Suppressive soils. **Annual Review Phytopathology**, v.21, p.65–85, 1983.
- MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. 10.Ed., Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. <http://www.mma.gov.br/>, acessado em fevereiro de 2013. 2006
- OLIVEIRA, P. A. V. et al. Compostagem usada para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 4., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campinas: Editora Animal/World, 2004. p.522-523.
- PARHAM, J.A. Long-term cattle manure application in soil II. Effect on soil microbial populations and community structures. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p. 209–215, 2003.
- PEEL, M. C. et al. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth Systematic and Science**, v.11, p.1633-1644, 2007.
- PIERZYNSKI, G.M., et al. **Soils and Environmental Quality**. New York: CRC Press, 2000. 459p.
- PRATT, R.G. Swine waste disposal sites and relationships to soil nutrient concentrations. **Applied Soil Ecology**, v.34, p.223–229, 2008.
- SILVA, F.C. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, , 1999. 322p.
- SCHNURER, J. et al. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents. **Soil Biological Biochemistry**, v.17, n.5, p. 611–618, 1985.
- UNITED STATES DEPARTAMENTO OF AGRICULTURE -USDA. 2012. <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=organic-agriculture>. Acessado em dezembro de 2014.
- WELLER, D.M. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. **Annual Review Phytopathology**, v. 26, p. 379–407, 1988.