

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**USO DO EXTRATO PIROLENHOSO: EFEITO NO SOLO E NAS
PLANTAS DE TOMATE**

Alúcio Hideki Togoro

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**USO DO EXTRATO PIROLENHOSO: EFEITO NO SOLO E NAS
PLANTAS DE TOMATE**

Alúísio Hideki Togoro

Orientador: **Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Maio de 2012

T645u Togoro, Alúisio Hideki
Uso do extrato pirolenhoso: Efeito no solo e nas plantas de tomate
/ Alúisio Hideki Togoro. -- Jaboticabal, 2012
x, 87 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientador: Jairo Osvaldo Cazetta
Banca examinadora: Arthur Bernardes Cecílio Filho, Adriano
Bortolotti da Silva
Bibliografia

1. *Lycopersicon esculentum* Mill 2. Lixiviação. 3. Ácido pirolenhoso.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.64:631.811

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ALUÍSIO HIDEKI TOGORO – Nasceu em 01 de julho de 1985, na cidade de Taubaté – SP. Como acadêmico, concluiu o curso de graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), na cidade de Alfenas – MG em dezembro de 2009, onde além das atividades curriculares desenvolveu trabalhos como bolsista de iniciação científica (PIBIC) pelo CNPq no laboratório de Biotecnologia. Em 2010, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) de Jaboticabal – SP, com bolsa concedida pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (processo 2010/04015-4).

Aos meus pais Tatsuo e Terezinha Togoro ao grande amor depositado em mim, pelo incentivo, sobretudo nas incertezas, pois sei que não mediram esforços para minha formação.

Ao meu irmão pelo apoio e amizade.
À minha namorada Juliana, pelo incentivo, compreensão, apoio integral e confiança em minha jornada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa durante o curso de Mestrado (processo: 2010/04015-4).

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP) pela Infraestrutura e aos professores do curso de pós-graduação pelo aperfeiçoamento profissional.

Ao Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta, pela orientação, confiança, amizade, apoio e incentivo ao transmitir seus conhecimentos.

Aos membros da banca examinadora do Exame Geral de Qualificação, Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz e Dr. Itamar Andrioli, e Defesa, Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho e Dr. Adriano Bortolotti da Silva, pela contribuição e participação no enriquecimento deste trabalho.

Aos funcionários do Dep. de Tecnologia, pela atenção e auxílio, ao José Carlos pela colaboração e ajuda sempre que requisitada.

“A todos aqueles que contribuíram de alguma maneira para o desenvolvimento e realização deste trabalho”

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução Geral.....	1
Extrato Pirolenhoso.....	2
Lixiviação.....	5
A Cultura do Tomateiro.....	7
Referências.....	9
CAPÍTULO 2 – MOBILIDADE DE ÍONS E ALTERAÇÃO DA FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO TRATADO COM EXTRATO PIROLENHOSO.....	18
Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão.....	23
Conclusões.....	36
Referências.....	37
CAPÍTULO 3 – CULTIVO DE TOMATE CEREJA TRATADO COM EXTRATO PIROLENHOSO.....	42
Resumo.....	42
Abstract.....	43

Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	49
Conclusões.....	61
Referências.....	62
CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
CAPÍTULO 2 – EXPERIMENTO I		
1	Efeito das concentrações de EP sobre o pH, K, Ca, Mg, P, S, Mn, Cu e Zn determinado no percolado. Jaboticabal, UNESP, 2012.	24
2	Equações de regressão para efeito de concentrações de EP (x em % v/v) sobre os valores médios de pH, K, Ca e Mg (y) do lixiviado e no solo em função das concentrações de EP e profundidade. Jaboticabal, UNESP, 2012.	25
3	Valores médios de pH (CaCl ₂), K, Ca e Mg (mmol _c dm ⁻³) nas profundidades estudadas (P ₁ a P ₄) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.	26
4	Equações de regressão para efeito das concentrações de EP (x em % v/v) dentro das profundidades estudadas (P ₁ a P ₄), sobre a saturação por bases (V%), e acidez potencial (H+Al) (y). Jaboticabal, UNESP, 2012.	27
5	Valores médios de saturação por bases (V%) e acidez potencial (H+Al) (mmol _c dm ⁻³) nas profundidades estudadas (P ₁ a P ₄) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.	28

- 6 Equações de regressão para efeito de concentrações de EP (x em % v/v) sobre os valores médios de P e S (y) no lixiviado e no solo em função das concentrações de EP e profundidade sobre o P e S (y) em função das concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012. 31
- 7 Valores médios de P (mg dm^{-3}) nas profundidades estudadas (P_1 a P_4) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012. 32
- 8 Equações de regressão para efeito de concentrações de EP (x em % v/v) sobre os valores médios de Mn, Cu e Zn (y) lixiviada da coluna e no solo em função das concentrações de EP e profundidades sobre o Mn, Cu e Zn (y). Jaboticabal, UNESP, 2012. 34
- 9 Valores médios de Mn (mg dm^{-3}), Cu (mg dm^{-3}) e Zn (mg dm^{-3}) nas profundidades estudadas (P_1 a P_4) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012. 35

CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTO II

- 1 Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso sobre a fertilidade do solo. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012. 50
- 2 Efeito dos tratamentos nos teores foliares de tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012. 50
- 3 Efeito dos tratamentos no acúmulo da parte aérea em tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012. 54

- 4 Matéria seca total da parte aérea (MST), área foliar (AF) e diâmetro da haste na base do colo das plantas (DH) determinadas em tomateiro, cultivadas em concentrações crescentes de EP aplicados no solo combinados com pulverização de EP ou água na parte aérea das plantas. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012. 56

- 5 Efeito dos tratamentos com número dos frutos dentro de cada classe de tamanho (gigante, grande, médio e pequeno) em tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012. 57

- 6 Sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) determinados nos frutos do tomateiro do grupo cereja, cultivadas em concentrações crescentes de EP, combinado com presença ou ausência de pulverização de EP na parte aérea das plantas. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012. 61

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
CAPÍTULO 2 – EXPERIMENTO I		
1	Medições da densidade aparente realizado através do método do anel volumétrico. A) Anél de PVC preenchido com solo. B) Anél de Kopecky, utilizado para retirar amostras de solo indeformado. C) Vista lateral do anel de Kopecky utilizado na retirada de amostras de solo indeformado. Jaboticabal, UNESP, 2012.	22
2	Efeito das concentrações de EP sobre o pH (A); K (B); Ca (C); e Mg (D) nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.	27
3	Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso sobre o V% (A); e H+Al (B) nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.	29
4	Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso sobre os valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)(A); MO (g)(B) do lixiviado. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.	30
5	Valores médios de S-SO_4^{2-} (A) no solo em função das profundidades; e efeito das concentrações de EP sobre o P (B)	

- nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 33
- 6 Efeito das concentrações de EP sobre o Mn (A); Cu (B); e Zn nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 36

CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTO II

- 1 Sistema de distribuição dos frutos por tamanho de acordo com seu diâmetro e peso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 48
- 2 Efeito das concentrações de EP e pulverização sobre os teores foliares de (A) K (g Kg^{-1}) e (B) Ca (g Kg^{-1}) em tomateiro. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 51
- 3 Efeito das concentrações de EP sobre o teor foliar de (A) Mg (g Kg^{-1}) e (B) S (g Kg^{-1}) em tomateiro. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 52
- 4 Efeito das concentrações de EP e pulverização sobre os teores foliares de (A) Cu (mg Kg^{-1}); (B) Mn (mg Kg^{-1}) em tomateiro. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 53
- 5 Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso e pulverização sobre o acúmulo de (A) K (g planta^{-1}); (B) Ca (g planta^{-1}); (C) S (g planta^{-1}) em tomateiro. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não

- significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 55
- 6 Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso no número de frutos gigantes produzidos. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 58
- 7 Efeito da pulverização na altura do 1º cacho floral (cm) em tomateiro. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012. 60

USO DO EXTRATO PIROLENHOSO: EFEITO NO SOLO E NAS PLANTAS DE TOMATE

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos, sendo um deles com o objetivo de avaliar o efeito de concentrações de extrato pirolenhoso (EP) na movimentação de íons no perfil do solo e verificar as alterações nas propriedades químicas do mesmo, e o outro para verificar os efeitos do EP na nutrição, produção, classificação e características de sabor (sólidos solúveis total e acidez titulável) em plantas de tomateiro do grupo cereja, cultivados em ambiente protegido. No primeiro experimento, colunas desmontáveis foram preenchidas com Latossolo Vermelho e submetidas à aplicação de soluções com concentrações de EP (0, 1, 2, 4 e 8 % v/v) para avaliar 4 profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm). Posteriormente foi realizada a lixiviação das colunas com aplicação de água deionizada na quantidade de uma vez e meia do volume de poros. Imediatamente após a lixiviação, tanto o lixiviado como o solo das diferentes profundidades foram coletados e analisados. A aplicação de 4 e 8% (v/v) de EP provocou diminuição no pH do solo nas camadas de 0-10 e 10-20cm com reflexo na lixiviação de K, Ca e Mg, além de aumento de Mn, Cu e Zn disponível no solo. O SO_4^{2-} movimentou-se no solo independente da aplicação de EP, mas sua disponibilidade diminuiu com o aumento das concentrações de EP. A aplicação de 8% (v/v) de EP provocou diminuição de P nas camadas de 0-10 e 10-20cm com aumento na camada de 30-40cm e no lixiviado. No segundo experimento, plantas de tomateiro do grupo cereja foram cultivadas em solo tratado com 5 concentrações de EP (0; 1; 2; 4; 8% v/v), na presença e ausência de pulverização de EP (0,1% v/v) na parte aérea. Foram avaliados os atributos químicos do solo, acúmulo de massa seca da parte aérea, diâmetro de haste, área foliar, teor foliar e acúmulo de nutrientes da parte aérea e também distribuição dos frutos por tamanho, número total de frutos, massa fresca dos frutos, acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis totais (SST). A aplicação do EP no solo até a concentração de 2% (v/v) não causou alterações significativas nos atributos químicos do solo. As concentrações de EP no solo e pulverização na parte aérea não

influenciaram o acúmulo de matéria seca da parte aérea, área foliar e diâmetro da haste em tomate cereja, mas atuaram de diferentes maneiras nos teores foliares e acúmulo dos nutrientes. A pulverização de 0,1% de EP na parte aérea das plantas aumentou a produção de frutos pequenos e a aplicação de 8% (v/v) de EP no solo, reduziu a produção de frutos gigantes. O número total e a massa fresca total dos frutos, a AT e o teor de SST não foram influenciados pelos tratamentos.

Termos para indexação: ácido pirolenhoso, Brix, *Lycopersicon esculentum* Mill lixiviação, nutrição mineral, propriedades química.

USE OF PYROLIGNEOUS EXTRACT: EFFECT ON SOIL AND TOMATO PLANTS

ABSTRACT - Two experiments were carried out aiming to evaluate the effect of Pyroligneous Acid (PA) concentrations on the ions movement in the soil profile and its possible chemical properties changes, and also to evaluate the effect of PA on nutrition, production, classification and taste characteristics (total soluble solids and titratable acidity) on cherry tomato plants cultivated with PA in a greenhouse. The first experiment, columns were filled with Oxisol submitted to application of solution with PA concentrations (0, 1, 2, 4 and 8% v/v), to evaluate four depths (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm). Following, the columns were leached by application of deionized water at 1 ½ amount of its pores volume. Immediately after leaching, both the volume recovered as the soils recovered from different depths were collected and analyzed. The application of PA at 4 and 8% (v/v) promoted pH soil decrease at 0-10 and 10-20 cm layers reflecting on K, Ca, and Mg leaching, and an increase on Mn, Cu and Zn available in soil. The SO_4^{2-} moved in the soil independently to PA application, however, its availability decreased with PA increasing concentrations. The application of 8% (v/v) PA promoted a decrease on P layers at 0-10 and 10-20 cm, but an increase on 30-40 and on the leached was observed. The second experiment, cherry tomato plants were cultivated in soil and treated with 5 PA concentrations (0, 1, 2, 4.8% v/v) and in the presence and absence of spraying 0.1% v/v PA on shoots. The soil chemical properties, shoots dry mass, stem diameter, leaf area, foliar nutrient accumulation content of aerial portion, fruit size distribution, fruits total numbers, fruits fresh mass, titratable acidity (TA) and total soluble solids (TSS) were evaluated. The PA application on soils of the ground up to a concentration of 2% (v/v) did not cause significant changes in the soils chemical properties. The PA concentration on soil and aerial sprayed portion did not influence the dry matter accumulation on aerial portion, leaf area or cherry tomato stem diameter, but acted differently on foliar content and nutrients level. Spraying of 0.1% PA on plants aerial portion promoted an increase on small fruits production and spraying of PA at 8%

(v/v) on soil reduced the giants fruits production. The fruits total number and total fresh mass, TA, and TSS were not influenced by the different treatments.

Index terms: pyroligneous acid, Brix, *Lycopersicon esculentum* Mill, leaching, mineral nutrition, chemical properties.

CAPITULO 1. – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO GERAL

Utilizado há séculos no Japão e recentemente introduzido no Brasil, a fabricação e utilização do extrato pirolenhoso (EP) é uma técnica antiga. Durante o processo de carbonização da madeira, originam-se três fases: uma sólida, o carvão vegetal; outra gasosa e por final a líquida, o extrato pirolenhoso bruto, que não deve ser usado na agricultura sem ser purificado. A eliminação do alcatrão pode ser feita através da decantação e/ou da destilação, resultando no extrato pirolenhoso puro.

Geralmente, o EP é desprezado na forma de fumaça durante o processo de carbonização, sendo liberado no ambiente, causando poluição e desperdício. Porém, diversas pesquisas revelaram a ação do EP como biocida (SILVA et al. 2007), quando aplicado no solo, melhora os atributos físicos, químico e biológico, além de estimulante da germinação das plantas e qualidade das culturas (SCHNITZER et al., 2010) e também observações realizadas na prática revelam que o EP repele determinados tipos de pragas e previne algumas doenças (MIYASAKA et al. 2001).

No Brasil, sua utilização na agricultura é recente, e estão se intensificando a cada dia. ZANETTI et al. (2004), avaliaram o efeito do EP na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) e constataram que a presença do EP na solução de micronutrientes não interferiu na concentração foliar de B, Fe e Zn em mudas de limoeiro 'Cravo'. Entretanto, na concentração de $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$, aumentou a concentração foliar de Cu e Mn. Observaram também que as plantas pulverizadas com soluções contendo EP ($1 \text{ a } 10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$) mais micronutrientes apresentaram menor teor de Fe e maior teor de Ca no sistema radicular.

Dessa maneira, diversos estudos com uso do extrato pirolenhoso têm demonstrado resultados promissores no controle de pragas e doenças, entretanto, não

se encontrou na literatura consultada pesquisas que caracterizam possíveis alterações que o EP pode causar nas propriedades químicas do solo e também estudos realizados com a cultura do tomateiro, inclusive nos processos de nutrição e qualidade dos frutos. Com isso, torna-se importante obter informações de uso, caracterização do solo e desenvolvimento de tomateiro tratado com EP.

EXTRATO PIROLENHOSO

Atualmente, tem se buscado melhor aproveitamento da biomassa florestal, devido a questões ambientais, econômicas e recentemente climáticas causadas pelo aumento dos gases de efeito estufa. Assim como álcool e o biodiesel, o carvão vegetal é uma fonte de energia renovável de grande interesse das indústrias.

De acordo com NAKAI et al. (2007), a queima da madeira e de resíduos florestais é considerada um método promissor para suprimento de carvão como material sólido e subprodutos contendo milhares de compostos químicos valiosos. Para reduzir a poluição ambiental é feita a condensação da fumaça dos fornos de fabricação de carvão obtendo-se o extrato pirolenhoso (EP), subproduto do processo de carbonização de madeira, de resíduos florestais ou até mesmo de biomateriais como bambu, sabugo de milho, casca de arroz (STEINER et al., 2008; WEI et al., 2010), preconizado para diversos fins na agricultura.

O EP é um líquido de coloração amarelado, composto, em sua maior parte, por água e mais de 200 compostos químicos, dentre os quais ácido acético, alcoóis, cetonas, fenóis e alguns derivados de lignina, cuja composição varia dependendo da espécie vegetal utilizada, temperatura de coleta, sistemas de obtenção (MAEKAWA, 2002). Diante deste fato, o EP produzido geralmente de forma artesanal por pequenos produtores ou indústrias que utilizam sistemas para obtenção pré-definidas, até o momento, não existe uma normatização específica, o que origina extratos pirolenhosos com composições diferenciadas. Portanto, recomenda-se seguir orientações conforme indicação de CAMPOS (2007), devendo-se atentar para as etapas de produção como construção do forno e coleta do extrato pirolenhoso e a madeira a ser utilizada.

No Japão, a prática da utilização do EP na agricultura é preconizada desde a antiguidade para aumentar a produtividade, qualidade das culturas, além de proteção e combate a pragas e doenças agrícolas (MAEKAWA, 2002). O autor menciona que quando aplicado no solo na diluição de 1-10 vezes, controla as ervas daninhas e melhora o crescimento da cultura, na diluição de 20 a 30 vezes, atua como desinfetante de solo, e nas diluições de 50 a 200 vezes, é indicado para problemas sanitários de raízes.

Muitos estudos vêm tentando identificar a composição química do EP assim com atribuir sua ação a um deles ou ao conjunto (LOO et al., 2008), alguns autores relatam a presença de diversos compostos químicos (ENCARNAÇÃO, 2001; GLASS, 2001; MU et al., 2003; NAKAI et al., 2007; WEI et al., 2010). Pesquisas realizadas por M. FILHO et al. (2006), ALVES et al. (2007), CHALERMSAN & PEERAPAN (2009) têm demonstrado sua ação no combate a pragas e doenças, na qualidade das culturas (ZANNETI et al., 2004; SCHNITZER et al., 2010), com fins na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Alguns estudos sobre os compostos presentes no EP relatam os reais efeitos e ação das diferentes substâncias presentes que foram isolados, demonstrando avanços significativos para sua utilização na agricultura. Pesquisa realizada por JUN et al. (2006), estudando o efeito de diferentes diluições sobre o crescimento de alface e pepino, obtiveram resultados satisfatórios na diluição de 500 – 800 vezes com efeito no crescimento dos vegetais. Os autores concluíram que os benefícios do EP se devem aos principais compostos presentes, agindo sinergicamente.

Com o objetivo de avaliar o efeito do EP, ESECHIE et al. (1998), realizaram aplicação do subproduto em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) diluídos na água de irrigação (água, extrato puro, 100, 50 e 25 cm³ dm⁻³ adicionados à água de irrigação). O EP puro provocou a morte de 60% das plantas, porém o tratamento com concentração de 50 cm³ dm⁻³ proporcionou maior produção de massa seca, área foliar e altura das plantas.

Estudos utilizando o EP demonstraram resultados promissores como estimulante da comunidade microbiana do solo (STEINER et al., 2008), no aumento da

produtividade de culturas como cana de açúcar (UDDIN et al., 1994) e arroz (TSUZUKI et al., 1989; SHIRAKAWA et al., 1993; LEE et al., 2007).

MIYASAKA et al. (2001), estudando a aplicação do EP no solo, observaram melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas favorecendo a assimilação dos nutrientes pela planta. De acordo com PANGNAKORN (2008), a aplicação do EP em diluições adequadas acelera o crescimento das raízes, caules, tubérculos, folhas, flores e frutos, entretanto se aplicado em altas concentrações ou volumes inadequados inibe o desenvolvimento das mesmas. Uma vez que o EP apresenta um número significativo de substâncias químicas complexas resultantes da degradação térmica da lignina. Supõe-se que o EP possa ter efeito sobre a absorção e assimilação dos nutrientes pelas plantas, devido à alta concentração de ácidos, pois sua maior parte é de ácido acético e água. É possível que devido sua acidez, possa influenciar as propriedades químicas do solo, a adsorção, a solubilização de nutrientes e a movimentação destes no perfil do solo.

No Brasil, estudos utilizando o EP são recentes, sendo a maior parte dos estudos realizados em países asiáticos (YOSHIMURA et al., 1995; AKAKABE et al., 2006 ; MUN & KU, 2010; WIN et al., 2010). No entanto, ainda são escassas informações relacionadas às concentrações e formas de aplicações a serem utilizadas (no solo e/ou pulverizadas na parte aérea), principalmente nas condições tropicais, o que evidencia a importância de se obter informações a respeito deste subproduto para correta utilização.

Como exposto, a utilização do EP na agricultura, assim como sua recuperação e a correta utilização, não só poderá minimizar o impacto ambiental causado pela liberação dos gases na atmosfera, como também gerar produtos e subprodutos com aplicação em inúmeras áreas, além de criar novas alternativas de emprego e incentivar a reciclagem de resíduos. É necessário, portanto, maiores informações sobre o possível efeito do extrato pirolenhoso nas propriedades químicas do solo e observando que a maior parte das pesquisas sobre sua utilização foi publicada em países asiáticos nota-se a carência de pesquisas que avaliam as potencialidades e riscos da utilização desse subproduto em solos tropicais, tornando necessários estudos, especialmente com

relação à interferência na mobilidade dos íons e o efeito no desenvolvimento e nutrição de plantas de tomateiro.

LIXIVIAÇÃO

Dentre as formas de perdas de nutrientes do solo, a lixiviação, torna-se uma das perdas mais importantes em regiões úmidas. O processo de lixiviação ocorre quando sais e/ou co-ions movimentam-se para camadas mais profundas do solo (QUAGGIO, 1986; RAIJ, 2011).

Obedecendo ao princípio da eletroneutralidade, SOPRANO & ALVAREZ (1989) e RAIJ (2011) relataram que para ocorrer à movimentação de um cátion é necessário que um ânion o acompanhe. Desta forma, carregam quantidades equivalentes de cátions. Tal fato é um dos processos que contribui significativamente para o empobrecimento do solo em nutrientes e conseqüentemente acidificação (REICHARDT, 1986; RAIJ, 2011).

A movimentação de cada íon no solo está relacionada com as condições de fixação e adsorção e ao tipo e característica química e mineralógica do solo em que se encontra. Uma vez que o EP é composto em sua maior parte de ácido acético e água, além de uma gama de compostos químicos, é possível que sua acidez influencie as propriedades químicas a liberação, a adsorção e a solubilização de nutrientes com consequência na movimentação destes no perfil do solo.

A dinâmica do P no solo é muito complexa e envolve processos de imobilização/mineralização, adsorção/dessorção e precipitação/solubilização (BARROW, 1983; BARROW et al., 1998; BARROW, 1999).

Naturalmente, o fosfato nos solos tropicais e subtropicais encontra-se adsorvido com alta energia de ligação e, conseqüentemente, há pouco P disponível. A retenção de fosfato nesses solos ocorre pelo mecanismo de troca de ligantes, saturando os sítios de adsorção com maior avidéz pelo íon fosfato. Como consequência, diminui-se a capacidade máxima de adsorção de P e mais íons fosfatos são adsorvidos com menor energia de ligação, aumentando o seu teor na solução do solo. Aplicações frequentes de fertilizantes fosfatados em doses superiores àquelas perdidas (colheitas e erosão)

podem incrementar a biodisponibilidade de P a ponto de ultrapassar os limites toleráveis pelo ambiente (SHARPLEY & HALVORSON, 1994; DANIEL et al., 1998; MCDOWELL et al., 2001).

Ainda com relação ao P, RAIJ (1992) afirma que, em solos ácidos predomina, na solução do solo, a forma H_2PO_4^- em baixas quantidades, decorrente da baixa solubilidade dos compostos de fósforo existente e da alta capacidade de adsorção, sendo este elemento condicionado pelo pH. É possível que a utilização do EP interfira na sua mobilidade, fator importante para melhor entendimento da sua disponibilidade. Nesse sentido a possibilidade de esse subproduto em mobilizar o P tem recebido pouca atenção. Cabe ressaltar que o transporte do P pode ocorrer de duas maneiras bem distintas. A primeira via enxurrada e erosão (perdas superficiais) e a segunda, via lixiviação ou fluxo preferencial (perdas subterrâneas) (SHARPLEY, MCDOWELL & KLEINMAN, 2001).

Com relação ao K sua disponibilidade, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo, depende da presença de minerais primários e secundários, sendo absorvido pelas plantas da solução do solo na forma iônica de K^+ , sua absorção dependente principalmente da difusão do elemento através da solução do solo e, em proporção menor, de fluxo de massa. Em outras palavras, a disponibilidade depende das formas de K^+ presentes e da quantidade armazenada em cada uma dessas formas (MCLEAN & WATSON, 1985; NACHTINGALL & VALL, 1991), aspectos que contribuem na movimentação e dinâmica do K no perfil do solo.

A passagem do K da forma trocável para a não trocável pode ser rápida, dependendo da concentração do nutriente na solução do solo, fazendo com que seja possível a ocorrência de perdas por lixiviação das formas inicialmente não disponíveis, devido à tendência natural de equilíbrio do solo (ROSOLEM et al., 2006).

A mobilidade no perfil do solo dos nutrientes é afetada por fatores físicos e químicos. Os principais atributos físicos incluem a distribuição relativa do tamanho de poros e seus graus de saturação com água (DIEROLF et al., 1997) e a quantidade de água que percola no perfil (BUSTOS et al., 1996; BASSOI & CARVALHO, 1992), a qual depende da quantidade e intensidade das chuvas e da capacidade de retenção de água

pelo solo. Os principais aspectos químicos são: a concentração da solução do solo (ISHIGURO et al., 1992), o pH (CHAVES & LIBARDI, 1995; ERNANI et al., 2002), a capacidade de troca de cátions (AKINREMI & CHO, 1991; CHAVES & LIBARDI, 1995), as reações de dissolução/precipitação (SANZONOWICZ & MIELNICZUK, 1985; ERNANI & BARBER, 1993; BUSTOS et al., 1996) e as trocas iônicas entre os nutrientes que estão na solução com aqueles da fase sólida durante o processo de descida (AKINREMI & CHO, 1991). Desta forma quando se aplica o EP ao solo, provavelmente irá alterar a composição da solução e, com isso, promover modificações nos equilíbrios químicos entre fase sólida e líquida, podendo afetar, temporariamente, a disponibilidade e a lixiviação dos nutrientes. Entretanto, essas reações decorrentes da adição do EP têm sido pouco avaliadas, sendo de grande importância um conhecimento exploratório a respeito desse subproduto.

A CULTURA DO TOMATEIRO

O Tomateiro pertencente à ordem *Tubiflorae*, família *Solanaceae* e ao gênero *Solanum*, sendo da classe dicotiledônea (GIORDANO & RIBEIRO, 2000). Devido à readequação da denominação científica do tomateiro, há autores que utilizam *Lycopersicon esculentum* Mill como nome científico do tomateiro cultivado comercialmente. Entretanto, estudos utilizando sequências de DNA realizadas por SPOONER et al. (2005), somando-se a estudos de morfologia e distribuição das plantas, há ampla aceitação entre taxonomistas, geneticistas e melhoristas da nomenclatura *Solanum lycopersicum* L. como mencionados por MATOS (2010).

Possui sistema radicular constituído de raiz principal, raízes secundárias e raízes adventícias, a maior parte localizada a menos de 20 cm da superfície. O caule quando jovem é ereto, herbáceo, suculento e coberto por tricomas glandulares, à medida que cresce torna se lenhoso (ALVARENGA, 2004).

Devido à grande variabilidade existente no gênero tem possibilitado o surgimento de novas cultivares, visando atender as diversas demandas do mercado de tomate

tanto para processamento como para o consumo *in natura*, segundo GIORDANO & RIBEIRO (2000).

O tomateiro é uma planta autógama, herbácea, perene, sendo cultivada anualmente (NAIKA et al., 2006; FILGUERIA, 2003). A planta pode desenvolver-se de forma rasteira, semi-ereta ou ereta, apresentando variedades de crescimento limitado ou determinado e variedades de crescimento ilimitado ou indeterminado, alcançando nesse caso, grande comprimento (FILGUEIRA, 2003; ALVARENGA, 2004). O tomateiro do grupo cereja, geralmente são cultivares híbridas, de crescimento indeterminado. O número de frutos é muito variável, apresentando pencas com 12 a 18 ou mais frutos, as inflorescências são longas e ramificadas (ALVARENGA, 2004)

Segundo LAPUERTA (2001), as folhas são compostas com 7 a 9 folíolos, cobertas de pêlos semelhantes ao caule. As flores apresentam-se de forma agrupada, do tipo rácimo (cachos), com número variável de flores, sendo hermafroditas com predomínio de autofecundação. O fruto é uma baga carnosa, de forma globular a achatada, de tamanho e massa, variando de acordo com a cultivar podendo ser bi, tri ou pluriloculares (LAPUERTA, 2001; NAIKA et al., 2006).

O tomateiro, é uma hortaliça de grande importância cultivada no Brasil, possui diversas formas de consumo, *in natura*, extratos, molhos pré-preparados ou prontos para o consumo, além de diversos tipos de cultivares e frutos existentes (GUSMÃO et al., 2000). Dentre estes, o tomate cereja ou mini-tomate vem se destacando sendo utilizado na ornamentação de pratos e *couvert*, principalmente de restaurantes e bares além de conquistar cada vez mais as gôndolas dos supermercados, os cardápios dos restaurantes e a mesa do consumidor de acordo com a ISLA[®] Sementes Ltda.

De acordo com ALVARENGA (2004), o tomateiro desenvolve se bem nas mais variadas latitudes, tipos de solo, temperaturas e métodos de cultivo. Entretanto a cultura exige cuidados constantes, é uma das culturas mais atacadas por insetos-praga e também, as doenças são responsáveis por perdas significativas, a arquitetura da planta e grande área foliar propiciam o desenvolvimento de pragas e doenças que se instalam na cultura, além de ser uma hortaliça exigente em nutrientes (SILVA & GIORDANO, 2000; CARVALHO et al., 2004). A exposição por um longo período a temperaturas

baixas, inferiores a 10°C, geadas, iluminação diurna inferior a 12 horas, e desequilíbrio nutricional afetam negativamente o desenvolvimento da cultura (LAPUERTA, 2001).

A prática da agricultura sustentável pressupõe a aplicação racional de fertilizantes. Diante disso, a nutrição mineral, em especial do tomateiro, torna-se fundamental, onde o manejo adequado dos nutrientes contribui positivamente para o aumento da produção, mantendo o equilíbrio preservando o meio ambiente.

Uma forma de avaliar o estado nutricional da cultura é a diagnose foliar, realizada no momento certo e com amostras (folhas) corretas. Os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura variam em função do estágio de desenvolvimento da planta, da cultivar, das condições ambientais, manejo e época (ALVARENGA, 2004).

Um dos critérios utilizados para a interpretação da análise foliar se baseia em valores estabelecidos. Segundo MALAVOLTA et al. (1997), na análise foliar, os teores totais de macronutrientes considerados adequados para o tomateiro seria em g kg^{-1} , de: N, 30; P, 3,5; K, 40; Ca de 14 a 18; Mg, 4; S, 3 e, para os micronutrientes seria nos intervalos, em mg kg^{-1} , de: B de 50 a 70; Cu de 10 a 15; Fe de 500 a 700; Mn de 250 a 400; Mo de 0,3 a 0,5 e Zn de 60 a 70.

REFERÊNCIAS

AKAKABE, Y.; TAMURA, Y.; IWAMOTO, S.; TAKABAYASHI, M.; NYUUGAKU, T. Volatile Organic Compounds with Characteristic Odor in Bamboo Vinegar. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.70, n.11, p. 2797-2799, 2006.

AKINREMI, O. O.; CHO, C. M. Phosphate transport in calcium-saturated systems: II. Experimental results in a model system. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.55, p.1282-1287, 1991.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 1ed. Lavras:UFLA, 2004. p.400.

ALVES, M.; CAZETTA, J. O.; NUNES, M. A.; OIVEIRA, C. A. L.; COOMBI, C. A. Ação de diferentes preparações de extrato pirolenhoso sobre *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES). **Revista Brasileira Fruticultura**, v.29, n.2, p.382-385, 2007.

BARROW, N. J. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. **J. Soil Sci.**, v.34, p.733- 750, 1983.

BARROW, N. J. The four laws of soil chemistry: The leer lecture 1998. **Austr. J. Soil Res.**, v.37, p.787-829, 1999.

BARROW, N. J.; BOLLAND, M. D. A.; ALLEN, D. G. Effect of addition of superphosphate on sorption of phosphate. **Austr. J. Soil Res.**, v.36, p.359-372, 1998.

BASSOI, L. H.; CARVALHO, A. M. Lixiviação de macronutrientes em um solo cultivado com milho com e sem irrigação suplementar. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, p.283-287, 1992.

BUSTOS, A.; ROMAN, R.; CABALLERO, R.; DÍEZ, J. A.; CARTAGENA, M. C.; VALLEJO, A. ; CABALLERO, A. Water and solute movement under conventional corn in central Spain. II. Salt leaching. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.60, p.1536-1540, 1996.

CAMPOS, A.D. **Técnicas para Produção de Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola**. EMBRAPA - Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica 65, 2007, 8p.

CARVALHO, J. G. de; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R., In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004, p.400.

CHALERMSAN, Y.; PEERAPAN, S. Wood vinegar: by-product from rural charcoal kiln and its role in plant protection. **As. J. Food Ag-Ind.**, p.189-195, 2009.

CHAVES, L. H. G.; LIBARDI, P. L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. **R. Bras. Ci. Solo**, v.19, p.145-148, 1995.

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview. **J. Environ. Qual.**, v.27, p.251-257, 1998.

DIEROLF, T. S.; ARYA, L. M.; YOST, R. S. Water and cation movement in an Indonesian Ultisol. **Agron. J.**, v.89, p.572-579, 1997.

ENCARNACÃO, F. Redução do impacto ambiental na produção de carvão vegetal e obtenção do ácido pirolenhoso como alternativa para proteção de plantas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.2, n.4, p.20-23, 2001.

ERNANI, P. R.; BARBER S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, p.41- 46, 1993.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num Nitossolo em função da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **R. Bras. Ci. Solo**, v.26, p.993-1000, 2002.

ESECHIE, H. A.; DHALIWAL, G. S.; ARORA, R.; RANDHAWA, N. S.; DHAWAN, A. K. Assessment of pyroligneous liquid as a potential organic fertilizer. In: Ecological agriculture and sustainable development, 1997, Chandigarh, India. **Proceedings...Chandigarh: Center of Research in rural and Industrial Development**, 1998, v.1, p.591-595.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas II – Tomate: a hortaliça cosmopolita. In: _____. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização d hortaliças**.Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.189-23, 2000.

FILHO, W. J. M.; BOTTON, M.; GRUTZMACHER, A. D.; GIOLO, F. P.; MANZONI, C. G. Ação de produtos naturais sobre a sobrevivência de *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick)(Lepidoptera: Tortricidae) e seletividade de inseticidas utilizados na produção orgânica de videira sobre *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1072-1078, 2006.

GIORDANO, L. B.; RIBEIRO, C. S. C. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Hortaliças, 2000. 11p.

GLASS, V. Tecnologia – onde há fumaça há lucro. **Globo Rural**. São Paulo, v.16, n.188, p.34-37, 2001.

GUSMÃO, S. A. L.; PÁDUA, J. G.; GUSMÃO, M. A.; BRAZ, L. T. Efeito da densidade de plantio e forma de tutoramento na produção de tomateiro tipo “cereja”. **Horticultura Bras.**, v.18, p.572-573, 2000.

ISHIGURO, M.; SONG, K. C.; YUITA, K. Ion transport in an Allophanic Andisol under the influence of variable charge. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.56, p.1789-1793, 1992.

JUN, M.; ZHI-MING, Y.; WEN-QIANG, W.; QING-LI, W. Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth. **For. Stud. China**, v.8, n.3, p.43-47, 2006.

LAPUERTA, J. C. Anatomía y fisiología de La planta. In: NUEZ, F (Coord.). **El cultivo Del tomate**. Ediciones Mundi-Prensa, 2001. 793p.

LEE, J. J.; SHON, T. K.; FURUYA, T.; JIN, II-D.; CHUNG, II K.; LEE, S. C. Effect of Different Kinds of Environmental Friendly Materials on the Growth of Rice. **J. Fac. Agr.**, v.52, n.1, p.39-42, 2007.

LOO, A. Y.; JAIN, K.; DARAH, I. Antioxidant activity of compounds isolated from the pyroligneous acid, *Rhizophora apiculata*. **Food Chemistry**, v.107, p.1151-1160, 2008.

MAEKAWA, K. Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura (APAN – Associação dos produtores de Agricultura natural). 2002. **Apostila**.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201p.

MATOS, E. S. **Desempenho de híbridos de tomate de mesa em função de sistemas de condução e da densidade populacional**. 2010. 106f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

McDOWELL, R.; SHARPLEY, A. ;FOLMAR, G. Phosphorus export from an agricultural watershed: Linking source and transport mechanisms. **J. Environ. Qual.**, v.30, p.1587-1595, 2001.

MCLEAN, E. D.; WATSON, M. E. Soil measurement of plantavailable potassium. In: MUNSON, R. D., ed. **Potassium in agriculture**. American Society of Agronomy, 1985. p.277-308.

MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; NAGAI, K.; YAZAKI, H.; SAKITA, M. N. Técnicas de produção e uso de fino de carvão e licor pirolenhoso In: I ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças. **Resumos...** Botucatu, SP, p.161-176, 2001.

MU, J.; UEHARA, T. FURUNO, T. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. **Japan Wood Research Society**, v.49, p.262-270, 2003.

MUN, S. P.; KU, C. S. Pyrolysis GC-MS analysis of tars formed during the aging of wood and bamboo crude vinegars. **Japan Wood Research Society**. v.56, p.47-52, 2010.

NACHTIGALL, G. R.; VAHL, L. C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.15, p.37-42, 1991.

NAIKA, S.; JEUDE, J. V. L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. V. **A Cultura do tomate** Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. p. 104. (Agrodok, 17)

NAKAI, T.; KARTAL, S. N.; HATA, T.; IMAMURA, Y. Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency. **Building and Environment**, v.42, p.1236-1241, 2007.

PANGNAKORN, U. Utilization of Wood Vinegar By-product from Iwate kiln for Organic Agricultural System In: Technology and Innovation for Sustainable Development Conference. **Resumos...**Phitsanulok, Thailand. p.17-19, 2008.

QUAGGIO, J. A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, Piracicaba, 1986. **Anais**. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.53-59.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. 1ed. Campinas: Agronômica Ceres, 1992. 50p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 1ed. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, 2011, 420 p.

REICHARDT, K. Dinâmica de íons no solo. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, Piracicaba, 1986. **Anais**. Campinas, Fundação Cargill, 1986. P.43-52.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.41, p.1033-1040, 2006.

SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. **R. Bras. Ci. Solo**, v.9, p.45-50, 1985.

SCHNITZER, J. A.; FARIA, R. T.; VENTURA, M. U.; SORACE, M. Substratos e extrato pirolenhoso no cultivo de orquídeas brasileiras *Cattleya intermedia* (John Lindley) e *Miltonia clowesii* (John Lindley)(Orchidaceae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.1, p.139-143, 2010.

SHARPLEY, A. N.; MCDOWELL, R. W.; KLEINMAN, P. J. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environment management. **Plant and Soil**, v.237, p. 287-307, 2001.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, D. A. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R. & STEWART, B.A. **Soil processes and water quality**. Madison, American Society of Agronomy, 1994. p.7-89.

SHIRAKAWA, N.; FUKAZAWA, M.; TERADA, S. Studies on the pyroligneous acid IV. Plant physiological activities of several main components in pyroligneous acid. **Jap. J. of Crop Sci.**, v.62, p.168-189, 1993.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SPONNER, D.M.; PERALTA, I. E.; KNAPP, S. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [Solanum L. section Lycopersicon (Mill.) Wettst.]. **Taxon**, v.54, p.43-61, 2005.

SOPRANO, E.; ALVAREZ, V. H. Nutrientes lixiviados de columnas de solo tratadas com diferentes sais de cálcio. **R. bras. Ci. Solo**, v.13, p.25-29, 1989.

STEINER, C.; DAS, K. C.; GARCIA, M.; FORSTER, B.; ZECH, W. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferralsol. **Pedobiologia**, v.51, p.359-366, 2008.

TSUZUKI, E.; WAKIYAMA, Y.; ETO, H.; HANDA, H. Effect of Pyrolytic Acid and Mixture of Charcoal with Pyrolytic Acid on the Growth and Yield of Rice Plant. **Jap. J. Crop Sci.**, v.58, n.4, p.592-597, 1989.

UDDIN, D. M. M.; MURAYAMA, S.; ISHIMINE, Y.; TSUZUKI, E. Effects of the mixture of charcoal with pyrolytic acid on cane and sugar yield of spring and ratoon crops of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Jap. J. Trop. Agr.**, v.38, n.4, p.281-285, 1994.

WEI, Q.; MA, X.; DONG, J. Preparation, chemical constituents and antimicrobial activity of pyrolytic acids from walnut tree branches. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, v.87, p.24-28, 2010.

WIN, K. T.; NONAKA, R.; TOYOTA, K.; MOTOBAYASHI, T.; HOSOMI, M. Effects of option mitigating ammonia volatilization on CH₄ and N₂O emissions from a paddy field fertilized with anaerobically digested cattle slurry. **Biology and Fertility of Soils**, v.46, p.589-595, 2010.

YOSHIMURA, H.; WASHIO, H.; YOSHIDA, S.; SEINO, T.; OTAKA, M.; KAZUNORI MATSUBARA, K.; MATSUBARA, M. Promoting effect of wood vinegar compounds on fruit-body formation of *Pleurotus ostreatus*. **Mycoscience**, v.36, p. 173-177, 1995.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O.; JÚNIOR, D. M.; CARVAHO, S. A. Influência do extrato pirolenhoso na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em limoeiro 'cravo'. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.26, n.3, p.529-533, 2004.

CAPÍTULO 2 – EXPERIMENTO I

MOBILIDADE DE ÍONS E ALTERAÇÃO DA FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO TRATADO COM EXTRATO PIROLENHOSO

RESUMO – A utilização do extrato pirolenhoso (EP), obtido através da condensação dos gases da carbonização da madeira, é uma prática antiga aplicada na agricultura japonesa. No Brasil, sua utilização é recente e vem sendo utilizado na horticultura para tratamento de pragas e doenças do solo, como estimulante da comunidade microbiana do solo além de potencializador da qualidade e produtividade. Dada à escassez de informações na literatura, objetivou-se avaliar o efeito de concentrações de EP na movimentação de íons em colunas de solo e verificar as alterações nas propriedades químicas do mesmo. Colunas desmontáveis foram preenchidas com Latossolo Vermelho de textura argilosa e submetidas à aplicação de soluções com concentrações de EP (0, 1, 2, 4 e 8% v/v), para avaliar 4 profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40cm). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas com 3 repetições. A lixiviação das colunas foi realizada com aplicação de água deionizada na quantidade de uma vez e meia o volume de poros. Imediatamente após a aplicação, o volume drenado e o solo nas camadas 0-10, 10-20, 20-30, 30-40cm de profundidade foram analisados. A utilização de EP até 2% provocou variações pequenas nas propriedades químicas do solo. Com aplicação de 4 e 8% (v/v) de EP houve diminuição no pH do solo nas camadas de 0-10 e 10-20cm com reflexo na lixiviação de K, Ca e Mg, além de aumento de Mn, Cu e Zn disponível no solo. O SO_4^{2-} movimentou-se no perfil do solo independente da aplicação de EP, mas sua disponibilidade diminuiu com o aumento das concentrações de EP. A aplicação de 8% (v/v) de EP provocou diminuição de P nas camadas de 0-10 e 10-20cm com aumento na camada de 30-40cm e no lixiviado.

Termos para indexação: ácido pirolenhoso, lixiviação, propriedades químicas.

MOBILITY OF IONS AND CHANGES IN AN OXISOL FERTILITY FOLLOWING ADDITION OF PYROLIGNEOUS ACID

ABSTRACT – The use of pyroligneous acid (PA), obtained by condensation of gases by the carbonization of wood, is an ancient practice applied in an agriculture Japanese. In Brazil, it's recent and has been used in horticulture to control soil pests and diseases, stimulant of the soil microbial community as well as quality and productivity enhancer. Given the scarcity of information in the literature aimed to evaluate the effect of PA concentrations on the soil ions movement and to verify its possible chemical properties changes. Detachable columns were filled with Oxisol, which received PA concentrations applications (0, 1, 2, 4, 8% v/v) to evaluate four depths (0-10, 10-20, 20-30, 30-40cm). We used a randomized complete design in a split plot with three replicates. The leaching of columns was carried out by applying deionized water at 1 ½ amount of its pores volume. Immediately after leaching, both the volume recovered as the soils recovered from different depths were collected and analyzed. The application of PA up to 2% (v/v) promoted small changes in soil chemical proprieties. The application of 4 and 8% (v/v) of PA promoted a decrease in soil pH at 0-10 and 10-20cm depth reflecting on the leaching of K, Ca and Mg, besides an increase on Mn, Cu and Zn available in soil. The SO_4^{2-} moved into the ground independently of PA application, however, its concentration in the soil decreased when increasing PA concentration was applied. An 8% PA application promoted a decrease on P at 0-10 and 10-20cm depths and an increase at 30-40cm and on the leached was observed.

Index terms: pyroligneous acid, leaching, chemical properties.

INTRODUÇÃO

Atualmente, tem se buscado melhor aproveitamento da biomassa florestal, devido a questões ambientais, econômicas e recentemente climáticas. Assim, o carvão vegetal é caracterizado como um combustível renovável de grande importância para as indústrias, principalmente siderúrgicas. Durante a carbonização da madeira, o carvão é apenas uma fração dos produtos que podem ser obtidos. A fração líquida conhecido por ácido pirolenhoso, líquido pirolenhoso, vinagre de madeira, licor pirolenhoso ou extrato pirolenhoso é preconizado para diversos fins. Sua fabricação e utilização é muito antiga, especialmente no Japão, onde é utilizado na agricultura há séculos.

É um líquido de coloração amarelada, composto em sua maior parte por água e cerca de 200 compostos químicos como fenóis, alcoóis, ésteres e ácidos orgânicos, sendo o ácido acético o principal, em termos quantitativos (MAEKAWA, 2002).

Pesquisas realizadas por CHALERMSAN & PEERAPAN (2009) demonstraram a ação do EP no combate às pragas e doenças, na melhoria da qualidade dos produtos agrícolas (SCHNITZER et al., 2010) e na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quando aplicado em concentrações variando de 0,5 a 2% (v/v) diluído em água (MIYASAKA et al., 2001).

No Brasil, sua utilização na agricultura é recente e vem sendo utilizado na horticultura para tratamento de pragas e doenças do solo. Trabalhos como de ZANETTI et al. (2004), SOUZA-SILVA et al. (2006), ALVES et al. (2007), STEINER et al. (2008) e GONÇALVES et al. (2010), estão se intensificando no país e vêm contribuir com informações importantes quanto à utilização deste subproduto. No entanto, ainda são escassas informações científicas quanto à influência deste subproduto nas propriedades químicas do solo, visto que é possível que sua composição e acidez possam influenciar a adsorção, a solubilização e a movimentação de nutrientes no perfil do solo, especialmente em áreas que recebem irrigação frequente.

A movimentação de nutrientes no solo depende de diversos fatores, dentre estes, a concentração do nutriente em solução, a qual está relacionada com a

capacidade de adsorção do elemento pelo solo, o pH (QAFOKU et al., 2000) e as cargas do complexo de troca iônica. Também depende de fatores físicos como o conteúdo de água infiltrada (PADILLA et al., 1999) e da macroporosidade do solo (SHIPTALO et al., 2000). No entanto, a movimentação de nutrientes no solo é resultado da atuação simultânea de diversos fatores e não da atuação isolada de um deles.

De acordo com SHACKELFORD (1995), estudos com lixiviação, colunas de solo são boas ferramentas para medição do transporte e migração de espécies químicas através do meio poroso, em condições controladas.

Em função do exposto, idealizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a movimentação de íons no perfil do solo tratado com EP e verificar as alterações nas propriedades químicas do mesmo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), em Jaboticabal (SP). As parcelas foram constituídas por colunas de solo que receberam aplicação de soluções com concentrações de EP (0, 1, 2, 4 e 8% v/v), e as subparcelas por 4 profundidades (0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 cm). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas com 3 repetições totalizando 60 unidades experimentais.

Cada parcela foi constituída por uma coluna formada por quatro anéis de PVC de 10 cm de altura e 15 cm de diâmetro, revestidos internamente com areias, sobrepostos, vedados internamente com cola de silicone e unidos externamente por fita adesiva de 4,5 cm de largura. Para evitar a perda de solo, no topo da coluna foi colocado mais um anel e na base de cada coluna foi colocada uma espuma laminada de poliuretano presa por uma tela de polietileno com malha de 1 mm, fixada na parte externa da coluna. As colunas ficaram apoiadas sobre funis, aos quais foram acopladas mangueiras coletoras, ligando o funil ao recipiente coletor.

Foi utilizada amostra de Latossolo Vermelho de textura argilosa coletado no setor de olericultura da FCAV/UNESP – campus Jaboticabal na profundidade de 0 a 20 cm, contendo 226 g kg^{-1} de areia total, 223 g kg^{-1} de silte e 551 g kg^{-1} de argila. Esse solo possuía, pH 5,5 (CaCl_2); $\text{MO} = 17 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{P (resina)} = 132 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 37 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{T} = 82 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V} = 76\%$; $\text{B} = 0,19 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Cu} = 11,2 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Fe} = 10 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Mn} = 17,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Zn} = 2 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{S-SO}_4^{2-} = 2 \text{ mg dm}^{-3}$. O solo foi seco, peneirado (2 mm) e transferido para as colunas. Cada coluna foi preenchida até 40 cm de altura (volume de $7.068,58 \text{ cm}^3$ de solo), o anel superior foi colocado apenas para que não ocorresse perda de solo no momento da aplicação da água. Para que as colunas fossem preenchidas uniformemente, foram levemente compactadas, deixando-as cair na vertical de uma altura de 5 cm por três vezes.

O volume total de poros das colunas ($3.954,16 \text{ cm}^3$) foi calculado a partir da porosidade total do solo (55,94%) e do volume de solo das colunas ($7.068,58 \text{ cm}^3$). A porosidade total foi obtida utilizando-se a densidade de partículas ($2,86 \text{ g cm}^{-3}$) e a densidade do solo ($1,26 \text{ g cm}^{-3}$) (Figura 1).



Figura 1. Medições da densidade aparente realizado através do método do anel volumétrico. A) Anél de PVC preenchido com solo. B) Anél de Kopecky, utilizado para retirar amostras de solo indeformado. C) Vista lateral do anel de Kopecky utilizado na retirada de amostras de solo indeformado. Jaboticabal, UNESP, 2012.

O EP utilizado foi o PiroQualis[®] produzido pela empresa Agrisá Ltda., localizada no município de Candido Mota/SP. Algumas característica químicas e composição em

macronutrientes e alguns micronutrientes do EP utilizado são: pH 2,9; MO = 21,04 g L⁻¹; N = 0,0437 g L⁻¹; P = 0,6494 mg L⁻¹; Ca = 11,5 mg L⁻¹; Mg = 25 mg L⁻¹; S = 5,4 mg L⁻¹; Fe = 343,2 mg L⁻¹; Mn = 1,1 mg L⁻¹; Zn = 2,7 mg L⁻¹, não apresentou K e Cu em níveis detectáveis.

As soluções de acordo com os respectivos tratamentos foram aplicados na superfície do solo em solução aquosa, correspondendo a 80% (3200mL) do volume total de poros calculado. Após 24 horas da aplicação dos tratamentos foi aplicado água deionizada correspondendo a 1,5 do volume total de poros, o suficiente para que ocorresse percolação.

Mediu-se o volume, o pH e a condutividade elétrica do volume drenado. A seguir o volume drenado foi filtrado (papel-filtro Whatman 1) e submetido à análises químicas.

O teor de fósforo foi determinado por espectrofotometria e o de enxofre por turbidimetria. Os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

As colunas foram desmontadas e retirou-se uma amostra do solo de cada anel para a análise química de fertilidade de acordo com RAIJ et al. (2001).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, para fator concentração de EP foi realizado análise de regressão e teste de Tukey (5%) para profundidade conforme as indicações de BANZATO & KRONKA (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para volume coletado de água percolada não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. O volume médio (5,76 L) recuperado em relação ao aplicado foi de 96%.

As soluções com as respectivas concentrações de EP aplicadas na superfície das colunas afetaram significativamente o pH no percolado e também K, Ca, Mg, P, S e os micronutrientes Mn, Cu e Zn no percolado (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito das concentrações de EP sobre o pH, K, Ca, Mg, P, S, Mn, Cu e Zn determinado no percolado. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Concentrações de EP no solo (C)	pH	K	Ca	Mg	P	S	Mn	Cu	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹		
Controle (água)	7,15	4,26	8,22	5,29	4,27	0,46	0,73	0,79	0,09
1% de EP	7,37	5,45	11,11	7,21	2,89	0,32	0,99	0,75	0,11
2% de EP	6,99	7,02	18,12	11,93	3,16	0,29	1,40	0,73	0,14
4% de EP	6,80	10,73	40,70	26,44	4,10	0,30	2,01	0,73	0,19
8% de EP	6,08	11,16	67,13	41,18	5,17	0,27	5,24	0,72	0,29
Teste F	57,73**	27,49**	110,42**	691,85**	12,55**	6,46**	60,08**	6,37**	26,73**
CV (%)	1,64	13,30	14,07	14,87	11,41	15,21	19,76	2,68	15,91

**; *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Os valores do pH do percolado estiveram na faixa de 7,15 a 6,08, apresentando diminuição linear com aumento da concentração de EP (Tabela 1). Esta diminuição era esperada, pois o EP leva grande concentração de ácido (principalmente acético).

No solo (Tabela 2), observou-se diminuição gradual nos valores de pH em função do aumento das concentrações de EP, nas camadas de 0 a 20 cm, principalmente com a aplicação de 8% de EP, variando 1,1 unidade de pH da camada 0 a 40 cm (Figura 2). A redução do pH pode ser atribuído à acidez do extrato pirolenhoso. Outro fator importante é a lixiviação de bases do solo, com a passagem da água, aumentando a acidez do solo (RAIJ, 2011).

Maiores concentrações de EP resultaram em maior lixiviação de K, Ca e Mg, sugerindo sua influência na movimentação desses cátions no solo (Tabela 1). Dessa forma, a aplicação de concentrações elevadas de EP pode levar à perda destes nutrientes para camadas mais profundas que 40 cm. Considerando os valores totais no lixiviado devido à aplicação da solução de 8% de EP, o Ca foi o que apresentou maiores perdas (1,18 g por coluna), seguido pelo K (0,27 g por coluna) e Mg (0,21 g por coluna).

É possível afirmar que o ácido orgânico proveniente do EP, quando aplicado no solo em concentrações de 4 e 8% sofreu lixiviação após percolação pois, como observado na Figura 4, grande parte do carbono adicionado foi arrastando com a água.

Dessa forma, a lixiviação do ânion acetato parece favorecer a perda de bases, principalmente de Ca, o que é reforçado por FRANCHINI et al. (2003), de que os ácidos orgânicos aumentam a mobilidade de Ca no perfil do solo.

Tabela 2. Equações de regressão para efeito de concentrações de EP (x em % v/v) sobre os valores médios de pH, K, Ca e Mg (y) do lixiviado e do solo, em função das concentrações de EP e profundidade. Jaboticabal, UNESP, 2012.

	Variável	Equação	R ²	F
pH	Lixiviado	$\hat{y} = -0,1498x + 7,3282$	0,92	212,46**
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = -0,1267x + 5,7533$	0,89	262,54**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = -0,0121x^2 + 0,043x + 5,7564$	0,98	12,02**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 5,760$		1,86 ^{ns}
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 0,0217x + 5,7483$	0,80	7,68**
K	Lixiviado	$\hat{y} = -6,3337x^2 + 87,31x + 147,78$	0,97	15,03**
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = 0,0508x^2 - 0,6023x + 2,6503$	0,96	17,95**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = -0,1658x + 2,9575$	0,82	38,00**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = -0,0742x + 3,2492$	0,86	7,60**
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 3,5067$		0,60 ^{ns}
Ca	Lixiviado	$\hat{y} = 156x + 114,3$	0,98	434,96**
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = -2,525x + 40,775$	0,92	281,62**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = -0,1613x^2 + 0,1806x + 40,533$	0,99	5,79*
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 40,6$		0,05 ^{ns}
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 0,4x + 40$	0,88	7,07*
Mg	Lixiviado	$\hat{y} = 27,671x + 23,472$	0,98	361,33**
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = 0,2275x^2 - 3,9932x + 23,646$	0,92	30,76**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = -0,1497x^2 + 0,0518x + 21,456$	0,99	13,33**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = -0,0968x^2 + 0,4817x + 21$	0,99	5,57*
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 21,8$		2,66 ^{ns}

** , * , ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = Extrato Pirolenhoso.

A concentração de K, Ca e Mg tiveram diminuição na profundidade de 0 a 20 cm com aumento da concentração de EP (Figura 2). As concentrações de K e Mg na camada de 30-40 cm e do Ca na camada de 20-30 cm não alteraram significativamente com as concentrações de EP (Tabela 2).

A movimentação do Ca no perfil do solo não foi significativa nas concentrações de 1% e 2% de EP e do Mg na concentração de 1% e não foi observada no tratamento

testemunha. Portanto, esses dados evidenciam que o EP, principalmente nas maiores concentrações (4 e 8%), foi o responsável pela redução das concentrações destes nutrientes nas camadas superficiais (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de pH (CaCl_2), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) nas profundidades estudadas (P_1 a P_4) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.

		Controle (água)	1%	2%	4%	8%	DMS	CV (%)
pH	P_1	5,70 a	5,67 a	5,67 a	5,03 b	4,80 c	0,25	1,32
	P_2	5,73 a	5,80 a	5,83 a	5,70 a	5,33 b		
	P_3	5,73 a	5,77 a	5,83 a	5,77 a	5,70 a		
	P_4	5,73 a	5,73 a	5,83 a	5,87 a	5,90 a		
	Teste F	0,08 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,91 ^{ns}	39,46**	64,28**		
K	P_1	2,63 b	2,00 c	1,87 b	0,93 c	1,10 c	0,77	10,34
	P_2	3,13 ba	2,60 cb	2,83 a	1,97 b	1,77 c		
	P_3	3,33 ba	3,17 ba	3,10 a	2,80 a	2,73 b		
	P_4	3,43 a	3,57 a	3,47 a	3,40 a	3,67 a		
	Teste F	3,54*	13,02**	13,09**	31,99**	35,19**		
Ca	P_1	40,00 a	39,00 a	38,33 a	27,00 b	21,67 c	4,72	3,81
	P_2	40,33 a	41,00 a	40,00 a	38,67 a	31,67 b		
	P_3	40,67 a	39,67 a	41,33 a	41,33 a	40,00 a		
	P_4	40,67 a	40,00 a	40,33 a	41,67 a	43,33 a		
	Teste F	0,08 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,20 ^{ns}	36,88**	72,25**		
Mg	P_1	22,00 a	21,00 a	19,00 b	9,00 c	6,67 d	1,85	5,64
	P_2	21,33 a	21,33 a	21,33 a	19,00 b	12,33 c		
	P_3	21,00 a	21,33 a	21,67 a	21,33 a	18,67 b		
	P_4	21,00 a	21,67 a	21,67 a	22,33 a	22,33 a		
	Teste F	0,98 ^{ns}	0,32 ^{ns}	7,28**	163,69**	210,41**		

P_1 = Profundidade 0-10 cm; P_2 = Profundidade 10-20 cm; P_3 = Profundidade 20-30 cm; P_4 = Profundidade 30-40 cm. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

Um fator importante na lixiviação desses cátions é a elevação da acidez do solo devido à aplicação do EP, principalmente nas camadas superficiais, onde ocorreu a maior diminuição de K, Ca e Mg (Figura 2). De acordo com QUAGGIO (2000) e RAIJ

(2011), fontes de acidez podem proporcionar perdas desses cátions do solo por lixiviação, evidenciando os resultados obtidos.

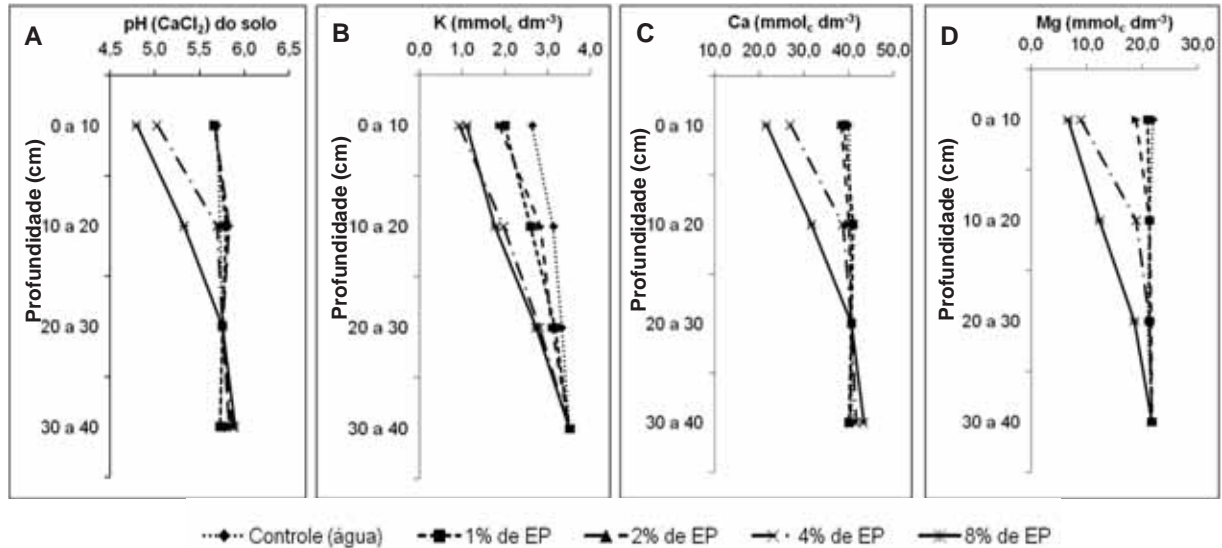


Figura 2. Efeito das concentrações de EP sobre o pH (A); K (B); Ca (C); e Mg (D) nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Os valores de saturação por bases (V%) em função das concentrações de EP e profundidade estudadas seguiram mesma tendência das variações observadas para pH no solo (Tabela 4 e Figura 3).

Tabela 4. Equações de regressão para efeito das concentrações de EP (x em % v/v), dentro das profundidades estudadas (P₁ a P₄), sobre a saturação por bases (V%) e acidez potencial (H+Al) (y). Jaboticabal, UNESP, 2012.

	Variável	Equação	R ²	F
V%	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = 0,2436x^2 - 6,7513x + 71,446$	0,91	8,37**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = -0,3379x^2 + 0,8292x + 67,923$	0,99	16,11**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = -0,2775x^2 + 1,9811x + 67,174$	0,70	10,87**
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 1,0167x + 67,217$	0,95	28,96**
H+Al	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = -0,2266x^2 + 4,3697x + 19,677$	0,82	5,87*
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = 0,2225x^2 - 0,6523x + 23,108$	0,91	5,66*
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 22,067$		0,55 ^{ns}
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 21,133$		2,16 ^{ns}

** , * , ^{ns} : significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = Extrato Pirolenhoso.

Tais relações observadas entre pH e V% eram esperadas, já que V% expressa a parte da CTC ocupada por cálcio, magnésio e potássio (CATANI & GALLO, 1955; RAIJ & SACCHETTO, 1968; RAIJ, 2011). A elevação do pH observada na camada de 30-40 cm do solo, em função da adição de EP, permite constatar que ocorreu a lixiviação de bases para camadas mais profundas, onde se verificou aumento da saturação por bases (Figura 2 e Tabela 5).

Para acidez potencial (H+Al), foi constatada diferença ($P < 0,01$) para a interação: concentrações de EP x profundidade (Tabela 4). As concentrações de 4 e 8% de EP resultaram em maiores valores de acidez potencial (H+Al) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Figura 3B).

Tabela 5. Valores médios de saturação por bases (V%) e acidez potencial (H+Al) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) nas profundidades estudadas (P_1 a P_4) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.

		Controle (água)	1%	2%	4%	8%	DMS	CV (%)
V%	P_1	68,00 a	66,33 a	65,67 b	42,67 c	34,00 d	4,47	3,29
	P_2	68,00 a	67,67 a	69,33 ba	65,33 b	53,00 c		
	P_3	67,67 a	67,00 a	70,33 a	70,00 a	65,33 b		
	P_4	67,00 a	67,33 a	72,00 a	71,67 a	75,00 a		
	Teste F	0,18 ^{ns}	0,26 ^{ns}	5,69 ^{**}	143,16 ^{**}	248,02 ^{**}		
H+Al	P_1	23,00 a	21,33 a	23,00 a	38,00 a	39,33 a	5,51	7,08
	P_2	23,00 a	24,00 a	20,67 a	25,00 b	32,00 b		
	P_3	23,00 a	21,33 a	20,00 a	23,00 b	23,00 c		
	P_4	21,67 a	22,00 a	21,33 a	21,33 b	19,33 c		
	Teste F	0,25 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,94 ^{ns}	32,71 ^{**}	46,11 ^{**}		

P_1 = Profundidade 0-10 cm; P_2 = Profundidade 10-20 cm; P_3 = Profundidade 20-30 cm; P_4 = Profundidade 30-40 cm. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

Os valores médios de H+Al variaram de 39,33 a 19,33 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 40 cm respectivamente, no tratamento com aplicação de 8% de EP (Tabela 5). Portanto, para pH e V% obteve-se redução, enquanto para H+Al foi verificado aumento nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Isto possibilita inferir que com a

adição de concentrações crescentes de EP, ocorreu adsorção de H^+ , que deslocou os cátions trocáveis, com conseqüente perda de bases após a percolação da água.

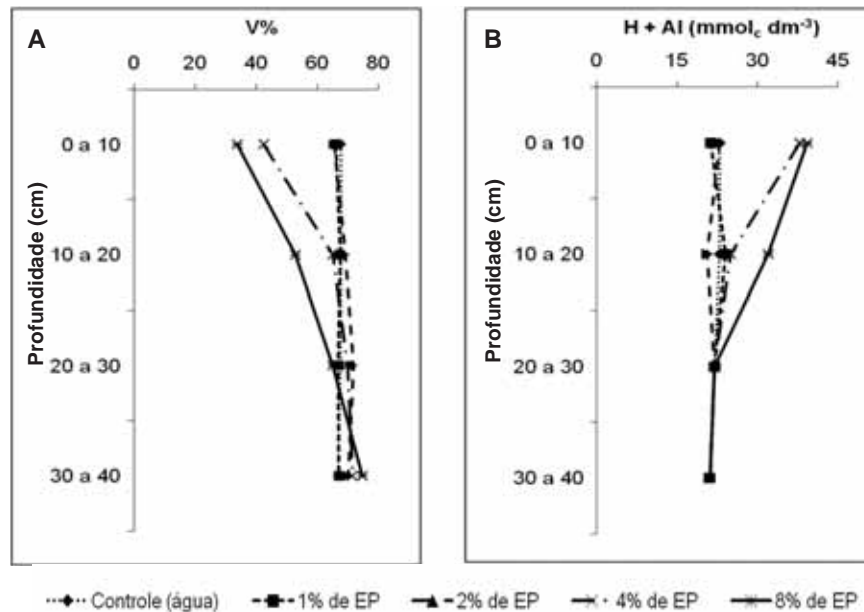
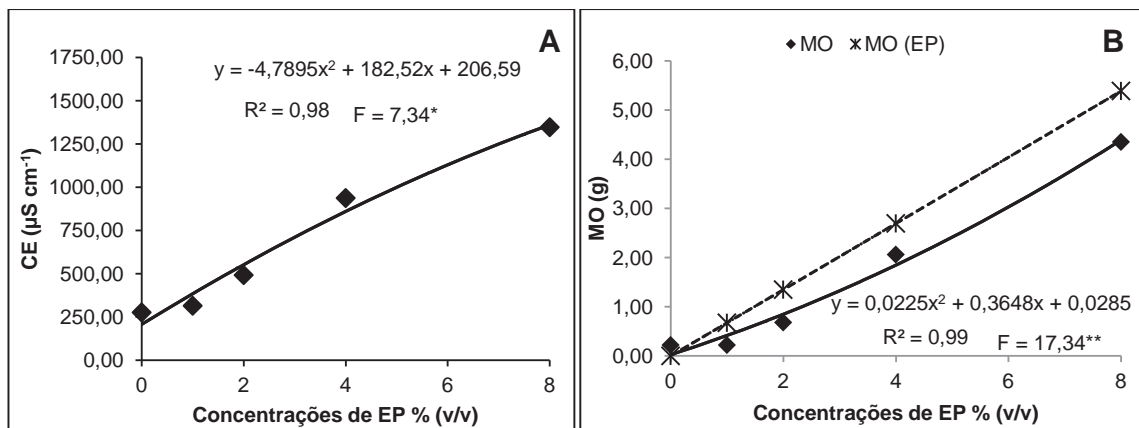


Figura 3. Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso sobre o V% (A); e H+Al (B) nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

A condutividade elétrica (CE) representa a concentração de eletrólitos das soluções lixiviadas. Segundo AMARAL et al. (2004), a CE é um indicador da quantidade de íons em solução, sendo que quanto maior CE, maior presença destes na solução. Observou-se aumento significativo ($P < 0,05$) nos valores médios de CE em função do aumento das concentrações de EP (v/v) (Figura 4A). Esta influência está relacionada provavelmente à lixiviação de íons K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} do solo entre outros, bem como a presença de eletrólitos orgânicos e inorgânicos do EP.

Os teores de MO no solo, nas profundidades estudadas, após a aplicação dos tratamentos, não diferiram ($P > 0,05$), mesmo observando aumento com ajuste quadrático nos valores de MO do lixiviado com aplicação das concentrações de EP (Figura 4B).



**; *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

----- representação das quantidades de nutrientes presentes nas concentrações de EP

Figura 4. Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso sobre os valores médios de condutividade elétrica (µS/cm)(A); MO (g)(B) do lixiviado. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

As concentrações de EP levaram quantidades mínimas de nutrientes, não sendo evidente que possam elevar a quantidade lixiviada. A menor concentração (0,27 mg coluna⁻¹) deste nutriente foi obtida com a maior concentração de EP (8%), enquanto o tratamento testemunha apresentou a maior concentração (0,46 mg coluna⁻¹). Assim, deduz-se que, com adição de EP houve menor de perda de SO₄²⁻. A pequena quantidade de SO₄²⁻ que foi lixiviada é um indício de que o solo, na presença de EP, tende a adsorver este nutriente.

Para o SO₄²⁻ no solo, a interação concentração de EP x profundidade não foi significativa ($P > 0,05$), indicando que esses fatores têm ação independente (Tabela 6). Observou-se redução linear nos valores de SO₄²⁻ no solo em função do aumento das concentrações de EP aplicadas. Com o aumento das concentrações de EP o pH do solo diminuiu. Essa diminuição pode ter propiciado a adsorção de SO₄²⁻, sobretudo por se tratar de um solo com carga variável (CASAGRANDE et al., 2003).

Os valores médios de SO₄²⁻ variaram ($P < 0,05$) de 1,60 a 2,80 mg dm⁻³ nas profundidades (Figura 5A). As concentrações de SO₄²⁻ na camada de 0-10 e 20-30 cm foram iguais, aumentando apenas na camada de 30-40 cm, evidenciando a movimentação do SO₄²⁻ no perfil do solo.

A lixiviação de P foi baixa e observada apenas no tratamento 8% de EP (0,9 mg comparada a testemunha). Baixos valores de P no lixiviado também foram observados por LUCHESE et al. (2008), os quais atribuem o fato ao tipo de ligação que este íon forma com minerais da fração argila abundantes no solo estudado.

Tabela 6. Equações de regressão para efeito de concentrações de EP (x em % v/v) sobre os valores médios de P e S (y) no lixiviado e no solo em função das concentrações de EP e profundidade sobre o P e S (y) em função das concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.

	Variável	Equação	R ²	F
P	Lixiviado	$\hat{y} = 0,0561x^2 - 0,2576x + 3,7386$	0,69	9,51*
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = -3,0167x + 128,72$	0,86	28,42**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = -1,7165x + 132,21$	0,93	9,15**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 128,87$		0,05 ^{ns}
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 0,5078x^2 - 3,715x + 131,58$	0,84	4,27
S	Lixiviado	$\hat{y} = 0,0052x^2 - 0,0588x + 0,4164$	0,72	6,55*
	Concentrações de EP	$\hat{y} = -0,1375x + 2,3292$	0,69	4,29*

** , * , ^{ns} : significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = Extrato Pirolenhoso.

A concentração de fósforo no solo, determinada pelo método da resina trocadora de ânions, foi influenciada ($P < 0,01$) pela interação entre concentrações de EP e profundidade (Tabela 6 e 7).

Uma possibilidade é ter ocorrido à solubilização de fosfatos utilizados anteriormente como fertilizantes na área onde se coletou o solo, devido à acidez do EP (principalmente na concentração de 8%) aumentando a concentração de P, favorecendo sua lixiviação.

Ocorreu diminuição na concentração de P das camadas de 0 a 20 cm, principalmente com a aplicação de maiores concentrações de EP. Para a camada de 20-30 cm, não houve diferença ($p > 0,05$) entre as concentrações de P. O tipo de solo é um fator importante que controla a movimentação vertical do fósforo no perfil do solo. Solos com altos teores de argila e óxidos de ferro e alumínio são responsáveis pela adsorção do fósforo (BASSO et al., 2005). Desta forma, utilizando-se Latossolo Vermelho de textura argilosa, era esperada baixa movimentação de P. No entanto,

observa-se na camada de 30 a 40 cm aumento de $1,66 \text{ mg dm}^{-3}$ de P na concentração de 8% de EP em comparação com a testemunha ($132,67 \text{ mg dm}^{-3}$).

Tabela 7. Valores médios de P (mg dm^{-3}) nas profundidades estudadas (P₁ a P₄) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.

		Controle (água)	1%	2%	4%	8%	DMS	CV (%)
P	P ₁	132,00 a	123,00 a	125,00 a	111,33 a	107,00 b	17,66	4,4
	P ₂	130,67 a	130,00 a	130,33 a	127,00 a	117,33 ba		
	P ₃	127,33 a	128,67 a	130,67 a	128,33 a	129,33 a		
	P ₄	132,67 a	125,67 a	128,00 a	124,67 a	134,33 a		
Teste F		0,31 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,38 ^{ns}	3,37 ^{ns}	8,34 ^{**}	DMS	CV (%)

P₁ = Profundidade 0-10 cm; P₂ = Profundidade 10-20 cm; P₃ = Profundidade 20-30 cm; P₄ = Profundidade 30-40 cm. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

Um fator que pode influenciar a adsorção do P é a presença de ácidos orgânicos no EP (principalmente ácido acético). Sabe-se que a liberação de P pela aplicação de ácidos orgânicos pode ocorrer por adsorção competitiva (JONES, 1998; ANDRADRE et al., 2003; GUPPY et al., 2005), neste caso o acetato desloca o P ocupando seu lugar na superfície do colóide.

De acordo com GUPPY et al. (2005), a quantidade aniônica adsorvida no solo segue uma sequência de preferência nos sítios de adsorção caracterizado pela estrutura dos ácidos orgânicos: fosfato >>> oxalato > citrato > malato >> acetato de acordo com número de grupos funcionais, como OH e COOH, contudo a concentração do ácido orgânico, neste caso o acetato, precisa ser alta para ser efetivo na competição pelos sítios de adsorção de P no solo. O que evidencia que na concentração de 8% de EP, os ácidos orgânicos são capazes de competir ou bloquear os sítios de adsorção do fósforo, tornando-o temporariamente liberado. Diante disso, nota-se tendência ao aumento na concentração de P na camada inferior (30-40 cm), no tratamento com 8% de EP, que pode ser atribuída ao deslocamento e acúmulo do nutriente que provavelmente foi arrastado da superfície pela água (Figura 5B).

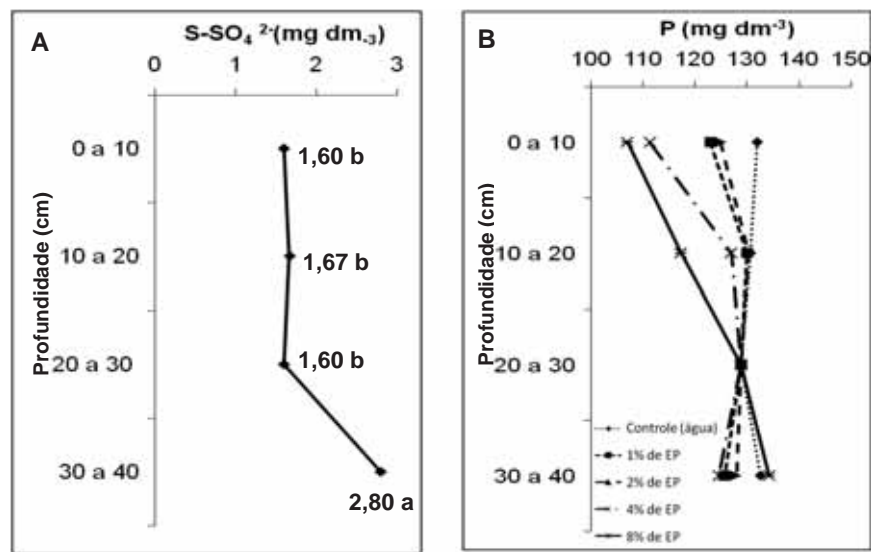


Figura 5. Valores médios de $S-SO_4^{2-}$ (A) no solo em função das profundidades; e efeito das concentrações de EP sobre o P (B) nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Os efeitos dos tratamentos sobre as concentrações de Mn, Cu e Zn no lixiviado e no solo estão apresentados na Tabela 8 e 9.

Houve aumento na concentração de Mn e Zn no lixiviado com o aumento na concentração de EP. Esse aumento para Mn, possivelmente é reflexo da acidez que o EP proporcionou ao solo, pois a disponibilidade desse micronutriente em meio ácido tende a ser maior (SOUSA et al., 2007). Para o Zn, possivelmente, foi consequência da quantidade do Zn levada pelo EP. É importante salientar que maiores quantidade de Zn adicionadas através do EP foi 0,34 e 0,68 $mg\ coluna^{-1}$ nas concentrações de 4% e 8% de EP, enquanto o que saiu no lixiviado nas mesmas concentrações foram 0,19 e 0,29 $mg\ coluna^{-1}$, respectivamente, sugerindo que grande parte do Zn adicionado através do EP ficou retido no solo.

No entanto, para o Cu observa-se diminuição no lixiviado ($p < 0,01$), o que pode ser explicado pela pouca mobilidade desse micronutriente nos solos de textura argilosa, como o solo utilizado, pois sabe-se que este micronutriente fica retido mais fortemente em solos argilosos ocorrendo menores perdas (PRIOR et al., 2009).

Tabela 8. Equações de regressão para efeito de concentrações de EP (x em % v/v) sobre os valores médios de Mn, Cu e Zn (y) lixiviada da coluna e no solo em função das concentrações de EP e profundidades sobre o Mn, Cu e Zn (y). Jaboticabal, UNESP, 2012.

	Variável	Equação	R ²	F
Mn	Lixiviado	$\hat{y} = 0,0548x^2 + 0,1138x + 0,8023$	0,99	10,81**
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = -0,4513x^2 + 16,65x + 10,683$	0,92	4,98*
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = 1,1577x^2 - 2,964x + 19,192$	0,99	32,77**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 0,6621x^2 - 1,8396x + 18,297$	0,99	10,72**
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = -1,121x^2 + 11,139x + 15,327$	0,65	30,72**
Cu	Lixiviado	$\hat{y} = 0,002x^2 - 0,0238x + 0,7826$	0,82	6,28*
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = 0,3442x + 13,574$	0,86	58,01**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = 0,0455x^2 - 0,2408x + 13,763$	0,84	5,10*
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 0,0455x^2 - 0,2408x + 13,53$	0,84	5,10*
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 13,767$		2,40 ^{ns}
Zn	Lixiviado	$\hat{y} = 0,0248x + 0,091$	0,99	106,75**
	Solo (0 a 10 cm)	$\hat{y} = 0,0917x + 2,425$	0,97	65,76**
	Solo (10 a 20 cm)	$\hat{y} = 0,0317x + 2,4317$	0,93	7,85**
	Solo (20 a 30 cm)	$\hat{y} = 2,48$		2,40 ^{ns}
	Solo (30 a 40 cm)	$\hat{y} = 2,4067$		0,27 ^{ns}

** , * , ^{ns} : significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso.

De acordo com QIN et al. (2004), a presença de ácidos orgânicos promove a formação de complexos de metal com compostos orgânicos de baixo peso molecular, neste caso ácido acético, alterando o equilíbrio entre os metais lábeis na fase sólida e na solução do solo, aumentando a liberação desses elementos-traço da fase sólida e, por consequência, aumentando sua mobilidade no solo.

É possível inferir que o processo de lixiviação promoveu grande fluxo de água nas colunas de solo. Desta forma, em decorrência da menor afinidade do Zn pelos grupos funcionais das partículas de tamanho coloidal presentes nesses solos, pois sabe-se que esse nutriente permanece na solução do solo em forma livre ou em pares iônicos solúveis (CITEAU et al., 2003) a movimentação de Zn no perfil do solo passa a ser muito mais intensa do que a do Cu, pois a concentração de Cu livre na solução do solo é baixa devido a alta reatividade com os grupos funcionais, sobretudo aqueles da matéria orgânica do solo (CROUÉ et al., 2003) como observado nos valores de Zn e Cu

no lixiviado. Mesmo com adição de Zn através dos tratamentos, as concentrações no solo deste nutriente foram menores do que as do Cu que não foi acrescentado (Tabela 9 e Figura 6).

Tabela 9. Valores médios de Mn (mg dm^{-3}), Cu (mg dm^{-3}) e Zn (mg dm^{-3}) nas profundidades estudadas (P_1 a P_4) com aplicação de concentrações de EP. Jaboticabal, UNESP, 2012.

		Controle (água)	1%	2%	4%	8%	DMS	CV (%)
Mn	P_1	21,03 a	19,27 a	27,90 a	84,10 a	112,50 a	12,37	14,06
	P_2	19,13 a	16,77a	19,13 a	25,20 c	69,67 b		
	P_3	18,9 a	16,47 a	16,80 a	22,17 c	45,83 c		
	P_4	22,07 a	19,60 a	25,20 a	50,40 b	31,17 d		
	Teste F	0,25 ^{ns}	0,29 ^{ns}	2,86 ^{ns}	88,15**	135,23**		
Cu	P_1	13,77 a	13,53 a	14,00 a	15,63 a	16,10 a	1,3	3,33
	P_2	14,00 a	13,30 a	13,30 a	13,77 b	14,70 b		
	P_3	13,77 a	13,07 a	13,07 a	13,53 b	14,47 b		
	P_4	13,77 a	13,30 a	13,53 a	14,23 b	14,00 b		
	Teste F	0,13 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,56 ^{ns}	8,70**	8,04**		
Zn	P_1	2,43 a	2,50 a	2,57 a	2,87 a	3,13 a	0,36	4,32
	P_2	2,43 a	2,43 a	2,50 a	2,60 ab	2,67 b		
	P_3	2,50 a	2,43 a	2,40 a	2,47 b	2,60 b		
	P_4	2,47 a	2,40 a	2,40 a	2,37 b	2,40 b		
	Teste F	0,14 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,90 ^{ns}	6,37**	13,06**		

P_1 = Profundidade 0-10 cm; P_2 = Profundidade 10-20 cm; P_3 = Profundidade 20-30 cm; P_4 = Profundidade 30-40 cm. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

As maiores concentrações de Mn, Cu e Zn no solo foram observadas na camada 0-10 cm (Figura 6). Esse fato pode ser justificado, pois um dos fatores que afetam a disponibilidade desses micronutrientes é o pH do solo, que foi menor na presença de EP nesta profundidade.

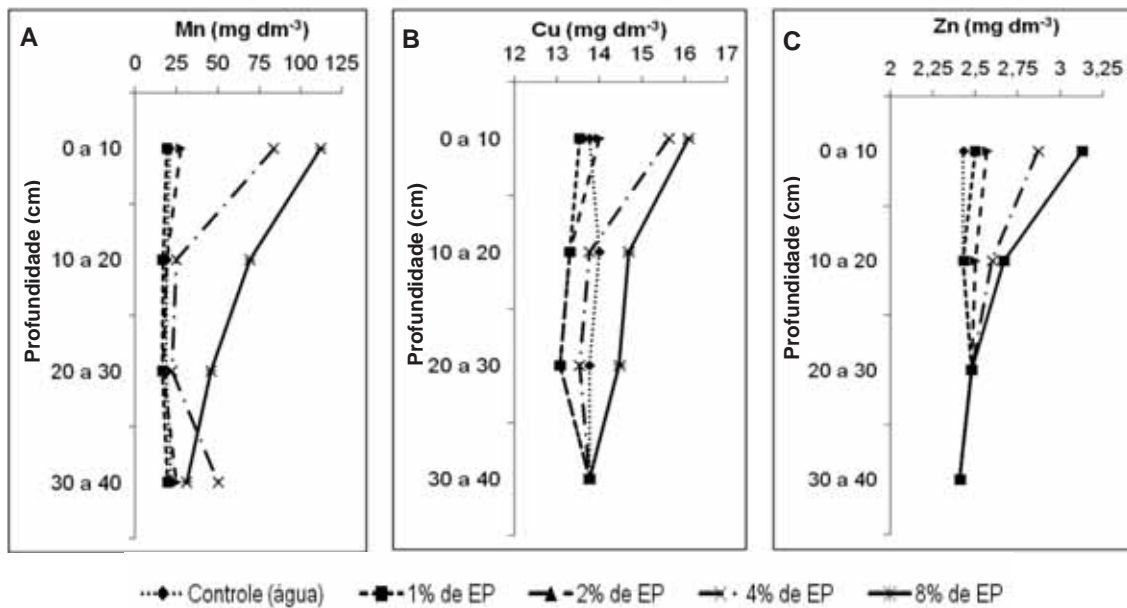


Figura 6. Efeito das concentrações de EP sobre o Mn (A); Cu (B); e Zn nas profundidades do solo. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Segundo SOUSA et al. (2007), a redução do pH pode aumentar a concentração de Mn, Cu e Zn na solução do solo e nos pontos de troca catiônica. Observaram-se concentrações elevadas destes micronutrientes (Mn 21,03; Cu 13,77 e Zn 2,43 mg dm⁻³) no tratamento testemunha. Com adição de 8% de EP verificou-se acréscimo de 435% na concentração de Mn, 17% no Cu e 29% no Zn na camada de 0 a 10 cm, devido ao reflexo no pH do solo causado por esta concentração.

CONCLUSÕES

1. A utilização do extrato pirolenhoso (EP) até 2% provoca variações pequenas nas propriedades químicas do solo.
2. A aplicação de 4 e 8% de EP provoca diminuição no pH do solo nas camadas de 0 a 20 cm com reflexo na lixiviação de K, Ca e Mg além de aumento de Mn, Cu e Zn disponível no solo.

3. O SO_4^{2-} movimenta-se no perfil do solo independentemente da aplicação de EP, mas sua disponibilidade diminui com o aumento das concentrações de EP.

4. A aplicação de 8% de EP provoca diminuição de P nas camadas de 0-10 e 10-20 cm com aumento na camada de 30-40 cm e no lixiviado.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.; CAZETTA, J. O.; NUNES, M. A.; OIVEIRA, C. A. L.; COOMBI, C. A. Ação de diferentes preparações de extrato pirolenhoso sobre *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES). **Revista Brasileira Fruticultura**, v.29, p.382-385, 2007.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.28, p.115-123, 2004.

ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.1003-1011, 2003.

BANZATO, D. A. ;KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4ed. Jaboticabal, Funep, 2006. 247p.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II-perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Cien. Rural**. v.35, p.1305-1312, 2005.

CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; BORGES, M. Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas elétricas variáveis. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.51-59, 2003.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação em bases. **R. Agric.**, v.30, p.49-60, 1955.

CHALERMSAN, Y.; PEERAPAN, S. Wood vinegar: by-product from rural charcoal kiln and its role in plant protection. **As. J. Food Ag-Ind.**, v.21, p.189-195, 2009.

CITEAU, L.; LAMY, I.; van OORT, F.; ELSASS, F. Colloidal facilitated transfer of metals in soils under different land use. *Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, v.217, p.11-19, 2003.

CROUÉ, J. P.; BENEDETTI, M. F.; VIOLLEAU, D.; LEENHEER, J. A. Characterization and copper binding of humic and nonhumic organic matter isolated from the South Platte River: Evidence for the presence of nitrogenous binding site. **Environ. Sci. Technol.**, v.37, p.328- 336, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Embrapa, 2009, 627p.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, A. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, p.2045-2058, 2003.

GONÇALVES, F. G.; SILVA, A. G.; COSTA, N. N. M.; TOSATO, A. F. Captação de líquido pirolenhoso da carbonização da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em forno rabo quente. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.232-237, 2010.

GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Aust. J. Soil Res.**, v.43, p.189-202, 2005.

JONES, D. L.; Organic acids in the rhizosphere – a critical review. **Pl. soil**, v.205, p.25-44, 1998.

LUCHESE, A. V.; COSTA, A. C. S.; JÚNIOR, I. G. S. Lixiviação de íons após a aplicação de resíduos orgânicos de uma indústria farmoquímica. **R. Bras. Eng. Agrí. Amb.** v.12, p.189-199, 2008.

MAEKAWA, K. Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura (APAN – Associação dos produtores de Agricultura natural). 2002. **Apostila**.

MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; NAGAI, K.; YAZAKI, H.; SAKITA, M. N. Técnicas de produção e uso de fino de carvão e licor pirolenhoso In: I ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças. **Resumos...** Botucatu, SP, p.161-176, 2001.

PADILLA, I. Y.; JIM YEH, T. C.; CONKLIN, M. H. The effect of water content on solute transport in unsaturated porous media. **Water Resour. Res.**, v.35, p.3303-3313, 1999.

PRIOR, M.; SMANHOTTO, A.; SAMPAIO, S. C.; NOGUEIRA, L. H. P.; OPAZO, A. U.; DIETER, J. Acúmulo e percolação de fósforo no solo devido à aplicação de água residuária de suinocultura na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Pesq. Aplic. Agrotec.**, v.2, p.89-96, 2009.

QAFOKU, N. P.; SUMNER, M. E.; RADCLIFFE, D. E. Anion transport in columns of variable charge sub soils: nitrate and chloride. **J. Environ. Qual.**, v.29, p.484-493, 2000.

QIN, F.; SHAN, X.; WEI, B. Effects of low-molecular-weight organic acids and residence time on desorption of Cu, Cd and Pb from soils. **Chemosphere**, v.57, p.253-263, 2004.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2000. 111p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 1.ed. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.

RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J. C; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**, Campinas, Instituto Agronômico, 2001, 285p.

RAIJ, B. Van; SACCHETTO, M. T. D. Correlação entre pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Brag.**, v.27, p.193-200, 1968.

SCHNITZER, J. A.; FARIA, R. T.; VENTURA, M. U.; SORACE, M. Substratos e extrato pirolenhoso no cultivo de orquídeas brasileiras *Cattleya intermedia* (John Lindley) e *Miltonia clowesii* (John Lindley)(Orchidaceae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.139-143, 2010.

SHACKELFORD, C. D. Cumulative mass approach for column testing. **J. Geotech Engrg.**, v.121, p.696-703, 1995.

SHIPTALO, M. J.; DICK, W. A.; EDWARDS, W. M. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. **Soil Till. Res.**, v.53, p.167-183, 2000.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTAS, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. ed. **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

SOUZA-SILVA, A., ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; MENDONÇA, L. A. Qualidade de mudas de eucalipto tratadas com extrato pirolenhoso. **Cerne**, v.12, p.19-26, 2006.

STEINER, C.; DAS, K. C.; GARCIA, M.; FORSTER, B.; ZECH, W. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferralsol. **Pedobiologia**, v.51, p.359-366, 2008.

CAPÍTULO 3. – EXPERIMENTO II

CULTIVO DE TOMATE CEREJA TRATADO COM EXTRATO PIROLENHOSO

RESUMO – O presente trabalho objetivou avaliar o efeito do extrato pirolenhoso (EP) na nutrição, produção, classificação e as características de sabor (sólidos solúveis total e acidez titulável) em tomateiro do grupo cereja cultivado em solo tratado com 5 concentrações de EP (0; 1; 2; 4; 8% v/v), na ausência e presença de pulverização de EP (0,1% v/v) na parte aérea. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5x2), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: atributos químicos do solo, acúmulo de massa seca da parte aérea, diâmetro de haste, área foliar, teor foliar e acúmulo de nutrientes da parte aérea e também distribuição dos frutos por tamanho, número total de frutos, massa fresca dos frutos, acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis totais (SST). A aplicação do EP no solo não causou alterações nos atributos químicos do solo. As concentrações de EP no solo e pulverização na parte aérea não influenciaram o acúmulo de matéria seca da parte aérea, área foliar e diâmetro da haste em tomate cereja, mas atuaram de diferentes maneiras nos teores foliares e acúmulo dos nutrientes. Para distribuição dos frutos, a pulverização de 0,1% de EP na parte aérea aumentou a produção de frutos pequenos e a aplicação de 8% (v/v) de EP no solo, reduziu a produção de frutos gigantes. O número total e a massa fresca total de frutos produzidos não foram influenciadas pela aplicação de até 8% de EP no solo e pulverização na parte aérea. A AT e o teor de SST não sofreram influência da aplicação de EP no solo e pulverização na parte aérea das plantas de tomate cereja.

Termos para indexação: Brix, *Lycopersicon esculentum* Mill, nutrição mineral, ácido pirolenhoso.

CULTURE OF CHERRY TOMATO TREATED WITH PYROLIGNEOUS ACID

ABSTRACT – The main goal of the present work was to evaluate the effects of Pyroligneous Acid (PA) on nutrition, yield, classification and characteristics of taste (total soluble solids and titratable acidity) in the cherry tomato plants grown in soil treated with five concentrations of PA (0; 1; 2; 4; 8% v/v), and as for the presence and absence of shoots PA spraying (0.1% v/v). The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (5 X 2), with four replications. The variables analyzed were: soil chemical properties, shoots dry mass, stem diameter, leaf area, foliar nutrient accumulation and foliar levels, fruit titratable acidity (TA) distribution and total soluble solids (TSS). The application of PA in the soil caused no change on soil chemical properties. The soil concentrations PA and aerial spraying did not influence the tomato, total dry matter accumulation, leaf area and stem diameter, but acted in different ways on foliar levels and nutrients accumulation. The spraying of 0.1% (v/v) of PA in the aerial portion increased the production of small fruits and the application of 8% (v/v) of PA reduced giant fruits yield. Fruits total number and the total fresh mass were not influenced by application of up to 8% of PA on soils and spraying of aerial portion. The TA and TSS were not influenced by the application of PA on soil and spraying of aerial portion of cherry tomatoes.

Index terms: Brix, *Lycopersicon esculentum* Mill, mineral nutrition, pyroligneous acid.

INTRODUÇÃO

O extrato pirolenhoso (EP) é um subproduto obtido através do processo de carbonização da madeira, de resíduos florestais ou até mesmo de biomateriais tais como bambu, sabugo de milho, casa de arroz, dentre outros, que vem sendo empregado na agricultura (STEINER et al., 2008; WEI et al., 2010). É um líquido composto em sua maior parte por água, fenóis, alcoóis, ésteres e ácidos orgânicos, sendo o ácido acético o principal componente em termos quantitativos (MAEKAWA, 2002).

Estudos com o uso do EP demonstraram resultados promissores como estimulante da comunidade microbiana do solo (STEINER et al., 2008) e apresentaram as potencialidades e efeitos deste subproduto em diversas culturas (YOSHIMURA et al., 1995; AKAKABE et al., 2006; MUN & KU, 2010; WIN et al., 2010). Entretanto, não se encontrou na literatura estudos realizados com a cultura do tomateiro.

Alguns autores relatam que o uso do EP promoveu aumento da produtividade de culturas como cana de açúcar (UDDIN et al., 1994), arroz (TSUZUKI et al., 1989; SHIRAKAWA et al., 1993; LEE et al., 2007), e sorgo (ESECHIE et al., 1998) e também promoveu crescimento de hortaliças como alface e pepino (JUN et al., 2006). A utilização do EP no solo em concentrações de 0,5 a 2% (v/v), foi relatada por favorecer a assimilação de nutrientes pelas plantas (MIYASAKA et al., 2001). Existem indícios de que o EP possa formar complexos estáveis com alguns nutrientes e torná-los facilmente absorvidos pelas plantas, tanto pelo sistema radicular quanto via folha e também favorecer o aumento no teor de sacarose como observados por UDDIN et al. (1995), que constataram aumento de 2-16% e 23-36% no teor de sacarose em cana planta e soca, respectivamente.

O tomate cereja geralmente é utilizado na ornamentação de pratos e saladas e tem apresentado demanda crescente no mercado. Características referentes ao tamanho e/ou classes, formato, cor, sabor, etc., são fatores de destaque para o mercado consumidor (SHIRAHIGE et al., 2010). A acidez também é um fator importante

quando se pretende analisar o nível de aceitação desta hortaliça. Segundo BORGUINI (2002), a população brasileira prioriza alimentos com baixa acidez, pois um fruto excessivamente ácido é rejeitado para consumo.

Outro atributo de qualidade é o teor de sólidos solúveis, que é uma das principais características dos frutos no que diz respeito ao sabor, pois é esta fração que contém os açúcares e os ácidos e por isso determina a qualidade dos frutos e dos seus subprodutos. (GUIMARÃES et al., 2007; SHIRAHIGE et al., 2010).

A crescente demanda por hortaliças de qualidade tem impulsionado a busca por técnicas e produtos que possam melhorar a produção, sendo o extrato pirolenhoso um possível aliado para alcançar a qualidade desejada.

Em razão do exposto, idealizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar nas condições tropicais o estado nutricional de plantas de tomateiro cultivadas em solo tratado com concentrações de EP e pulverizadas na parte aérea e verificar a produção, distribuição em classes de tamanho e alterações nas características de sabor dos frutos das plantas tratadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), no município de Jaboticabal (SP), localizado a 21°15'22" de latitude Sul, 48°15'18" de longitude Oeste, entre Fevereiro a Maio de 2011.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial composto pela combinação de 5 concentrações de EP (0; 1; 2; 4; 8% v/v) aplicadas no solo, combinado com pulverização da parte aérea das plantas com 0,1% (v/v) de EP ou água deionizada. O experimento foi realizado com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. As pulverizações foram realizadas de 15 em 15 dias após o transplântio (DAT) com solução contendo 0,1% (v/v) de EP ou apenas água deionizada pulverizadas com auxílio de uma bomba de pulverização com bico tipo cone

vazio, totalizando 5 aplicações durante toda a condução do experimento. A calda foi aplicada em quantidade suficiente para molhar completamente as plantas até o ponto de escorrimento, protegendo-se o substrato para evitar que a solução entrasse em contato e garantir que ela fosse absorvida apenas pelas folhas. Foi realizada, também, a proteção das plantas vizinhas com auxílio de uma lona plástica.

Cada unidade experimental foi constituída por vaso plástico de 25 dm³ preenchidos até 20 dm³ com Latossolo Vermelho de textura argilosa, contendo 226 g kg⁻¹ de areia total, 223 g kg⁻¹ de silte e 551 g kg⁻¹ de argila. Esse solo possuía, pH 5,5 (CaCl₂); MO = 17 g dm⁻³; P (resina) = 132 mg dm⁻³; K = 3 mmol_c dm⁻³; Ca = 37 mmol_c dm⁻³; Mg = 22 mmol_c dm⁻³; H+Al = 20 mmol_c dm⁻³; T = 82 mmol_c dm⁻³; V = 76%; B = 0,19 mg dm⁻³; Cu = 11,2 mg dm⁻³; Fe = 10 mg dm⁻³; Mn = 17,5 mg dm⁻³; Zn = 2 mg dm⁻³; S-SO₄²⁻ = 2 mg dm⁻³.

Não foi necessário correção do solo uma vez que as condições de saturação por bases estavam dentro das condições satisfatórias indicadas para esta cultura (RAIJ et al., 1997).

A adubação de plantio foi realizada antes da aplicação dos tratamentos com aplicação de 1,36 g de ureia, 16,66 g de super fosfato simples, 1,72 g de KCl e 0,17 g de ácido bórico, por vaso (equivalente à 60 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ K₂O, 525 g ha⁻¹ de B), e aplicação de cobertura parceladas em 5 aplicações de 1,36 g de ureia e 0,83 g de KCl por vaso (equivalente à 300 kg ha⁻¹ de N e 240 kg ha⁻¹ de K₂O) em intervalo de 15 dias após o transplântio, conforme recomendações para a cultura do tomateiro (TRANI et al., 1997).

O EP utilizado é comercializado com o nome de PiroQualis[®] pela empresa Agrisá Ltda., localizado no município de Candido Mota/SP. Algumas características químicas e composição em macronutrientes e alguns micronutrientes do EP utilizado são: pH 2,9; MO = 21,04 g L⁻¹; N = 0,0437 g L⁻¹; P = 0,6494 mg L⁻¹; Ca = 11,5 mg L⁻¹; Mg = 25 mg L⁻¹; S = 5,4 mg L⁻¹; Fe = 343,2 mg L⁻¹; Mn = 1,1 mg L⁻¹; Zn = 2,7 mg L⁻¹, não apresentou K e Cu em níveis detectáveis.

A aplicação dos tratamentos no solo foi realizada 7 dias antes do transplante em solução suficiente para elevar a umidade a 60% da capacidade de retenção do solo (6 dm^3).

Utilizou-se mudas de tomateiro variedade Cereja, linha ISLA[®] de crescimento indeterminado. Estes foram transplantadas nos vasos no estágio de quatro folhas definitivas. A seguir os vasos foram colocados na casa de vegetação e dispostos no espaçamento 0,60 m x 0,70 m.

A irrigação foi realizada de duas a três vezes ao dia mantendo-se a tensão de água no solo dentro da faixa de 15 a 40 kPa, seguindo-se as recomendações descritas por ALVARENGA et al. (2004).

No interior da casa de vegetação foram instalados arames galvanizados de 1,65 mm, dispostos cerca de 2,30 m de altura para o tutoramento dos tomateiros. O tutoramento foi feito na vertical, utilizando fitilhos de plásticos amarrados na base de cada planta e no arame. As desbrotas e condução na vertical foram feitas semanalmente durante toda fase de desenvolvimento da cultura. Não foi realizado o raleio das flores e dos frutos uma vez que se intenciona avaliar o efeito do EP sobre a frutificação. O controle fitossanitário preventivo foi realizado semanalmente.

A diagnose foliar foi realizada através da coleta de amostras da 4^a folha a partir da ponta no estágio de plena floração, seguindo as indicações de MALAVOLTA et al. (1997). Posteriormente, o material vegetal foi lavado em água destilada, colocadas em sacos de papel e levada à estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 65 à 70 °C até atingir peso constante. Em seguida o material seco foi moído e submetido à análise química para determinação dos teores de nutrientes de acordo com método descrito por BATAGLIA et al. (1983). O teor de N foi determinado pelo método Kjeldahl, a partir de digestão sulfúrica, os teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foram analisados após digestão nítrico-perclórica. O P foi determinado pelo método colorimétrico, K por fotometria de chama, S por turbidimetria e os demais nutrientes por espectrofotometria de absorção atômica.

A colheita iniciou aos 60 DAT. Os frutos foram colhidos diariamente, quando apresentavam coloração vermelho por completo. Foram avaliados o número e a massa

fresca total de frutos, bem como a distribuição dos mesmos por tamanho (Figura 1). A separação por tamanho foi feita com auxílio de caixas dotadas com furos de 35, 30, 25, 20 mm de diâmetro. Os frutos foram classificados como gigantes (maior que 35 mm), grande (entre 30 e 35 mm), médio (entre 25 e 30 mm), pequeno (entre 20 e 25 mm) e descarte (frutos de diâmetro inferior a 20 mm) seguindo as indicações de Fernandes et al. (2007). Ao final do período de colheita os frutos foram contabilizados em número de frutos de cada classe por tratamento.

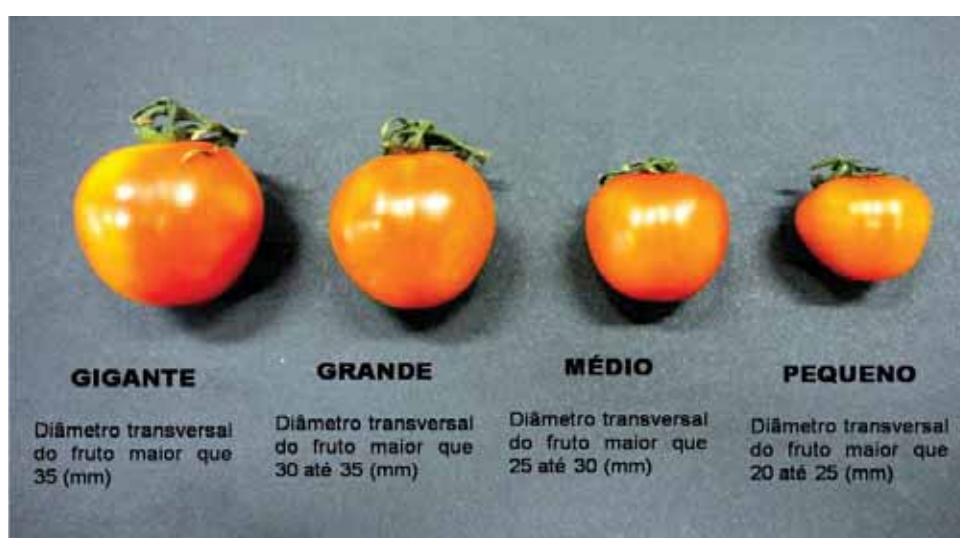


Figura 1. Sistema de distribuição dos frutos por tamanho de acordo com seu diâmetro e peso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Foi realizada avaliação da massa fresca, altura do primeiro cacho ao final do experimento. A determinação da acidez titulável (AT) e teor de sólidos solúveis totais (SST) foram realizadas com frutos frescos independente do tamanho colhidos como descrito anteriormente. Para AT foi utilizada 5 g de polpa homogeneizada de frutos para cada parcela, diluídas em 50 mL de água destilada e para determinação de SST foi determinada por meio de um refratômetro de leitura direta, avaliando-se o suco de três frutos por parcela, seguindo as recomendações de ZENEBO et al. (2008).

Aos 91 DAT, mediu-se a área foliar por meio de medidas indiretas, de acordo com BENINCASA (2003). Para isso, com um furador, retirou-se 15 discos de folhas de

várias regiões da planta, evitando nervuras grossas, totalizando 11,31 cm². Os discos retirados e o restante de folhas foram secos em estufa a 65°C até peso constante. Através da massa seca dos discos, a área foliar total foi estimada tomando a massa seca foliar total como referência.

O diâmetro (cm) da haste na região do colo das plantas foi medido com o auxílio de um paquímetro manual. A seguir, as plantas foram cortadas rente ao solo e separadas em: folhas com pecíolos, hastes, ráculos e frutos. Todo o material vegetal foi lavado em água corrente e colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingir peso constante. Após a secagem realizou-se a pesagem para a determinação do acúmulo de matéria seca total. Posteriormente, o material foi moído e submetido à análise química para determinação dos teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea.

Para avaliação da fertilidade do solo, após o corte das plantas, foram coletadas amostras homogêneas de cada vaso, as quais foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm de abertura, sendo caracterizadas quimicamente de acordo com método descrito por RAIJ et al. (2001).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F no esquema fatorial 5x2 e as análises de regressão para concentrações e teste de Tukey (5%) para pulverização foram realizados conforme as indicações de BANZATO & KRONKA (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação dos atributos químicos do solo submetido a concentrações crescentes de EP, não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$), pela análise química de rotina (Tabela 1). Esperava-se que a aplicação de maiores concentrações de EP no solo reduziria os valores de pH, uma vez que o EP possui pH baixo (2,9) e ácido acético como um dos principais compostos, em termos quantitativos (ZANETTI et al., 2004; STEINER et al., 2008).

Tabela 1. Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso sobre a fertilidade do solo. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012.

Concentrações de EP no solo	pH em CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
Controle (água)	5,6	18,9	151,4	0,45	39,9	15,6	24,2	55,9	80,2	69,2
1% de EP	5,6	18,6	156,5	0,39	40,9	16,4	24,0	57,6	81,6	70,2
2% de EP	5,6	19,0	156,5	0,46	43,2	17,1	24,0	60,8	84,8	71,7
4% de EP	5,6	18,5	156,2	0,55	40,9	15,9	23,9	57,6	81,5	70,6
8% de EP	5,7	19,2	162,4	0,49	43,2	16,5	22,6	60,2	82,9	72,6
Teste F	0,98 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,05 ^{ns}
CV (%)	2,00	6,84	6,94	7,97	11,22	17,52	10,17	12,24	8,81	5,13

**; *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Verificou-se efeito dos tratamentos para os teores foliares de K, Ca, Mg, S e para os micronutrientes Cu e Mn determinados aos 40 dias após o transplante (DAT), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Efeito dos tratamentos nos teores foliares de tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012.

Concentrações de EP no solo (C)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Controle (água)	42,1	5,9	39,3	20,24	6,46	2,01	21,87	97,5	63,37	42,37
1% de EP	39,7	5,7	39,9	21,65	6,93	2,35	26,37	100,5	54,37	45,75
2% de EP	43,6	6,9	42,4	19,8	6,64	2,33	21,25	101,75	55,5	42,25
4% de EP	38,4	6,1	45,5	26,15	6,51	2,56	21,87	94,62	67,12	47,25
8% de EP	42,9	6,9	42,5	18,77	5,22	1,92	25,12	100,5	63,87	46,62
Teste F	1,58 ^{ns}	1,61 ^{ns}	1,91 ^{ns}	10,30**	3,44*	4,64**	8,50 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,46 ^{ns}	1,06 ^{ns}
Pulverização ¹ (P)										
P ₁	40,8a	6,3a	41,6a	21,80a	6,47a	2,29a	24,35a	97,55a	63,25a	46,05a
P ₂	41,9a	6,2a	42,3a	20,84a	6,24a	2,18a	22,25b	100,40a	58,45a	43,65a
Teste F	0,58 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,96 ^{ns}	8,91**	0,67 ^{ns}	2,26 ^{ns}	1,35 ^{ns}
DMS	3,18	0,84	3,23	1,64	0,64	0,22	1,44	7,08	6,52	4,21
Teste F para Interação C x P	0,58 ^{ns}	0,91 ^{ns}	3,19*	5,12**	0,86 ^{ns}	1,14 ^{ns}	6,53**	1,88 ^{ns}	4,07**	0,63 ^{ns}
CV (%)	11,92	20,06	11,93	11,95	15,53	15,48	9,55	11,08	16,59	14,54

¹ P₁ = Pulverização de água destilada; P₂ = Pulverização de 0,1% (v/v) de EP.

**; *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

Os teores foliares médios, comparados às indicações de MALAVOLTA et al. (1997) apresentam-se para N, P, K, Ca, Mg e Cu acima do considerado adequado e para S, Fe, Mn e Zn abaixo do considerado adequado. Estes autores salientam que esses valores de teores foliares podem sofrer variações expressivas dependendo das condições do clima, da variedade, do meio radicular, entre outros. Não foram observados sintomas visíveis de deficiência e/ou toxidez nas folhas das plantas, nem tampouco redução na produção de matéria seca.

Não ocorreu efeito significativo ($P > 0,05$) para os teores foliares de N, P, Fe e Zn, determinados aos 40 DAT. No entanto, ZANETTI et al. (2004), obtiveram aumento na absorção foliar de Cu e Mn pela parte aérea de mudas do limoeiro 'Cravo' quando pulverizadas com EP. Os resultados obtidos pelos autores sugerem uma possível alteração fisiológica causada pelo EP, devido a uma ação hormonal ou a alterações no funcionamento de carregadores bioquímicos envolvidos na absorção e transporte de íons através das membranas celulares, ou mesmo alterações na permeabilidade das camadas cerosa que protege a epiderme e outros constituintes do apoplasto.

Verificou-se para teor de K (Figura 2A), ajuste linear crescente em função das concentrações no solo sem pulverização de EP com ganho de $9,22 \text{ g kg}^{-1}$ no teor foliar (concentração de 8% de EP aplicado no solo).

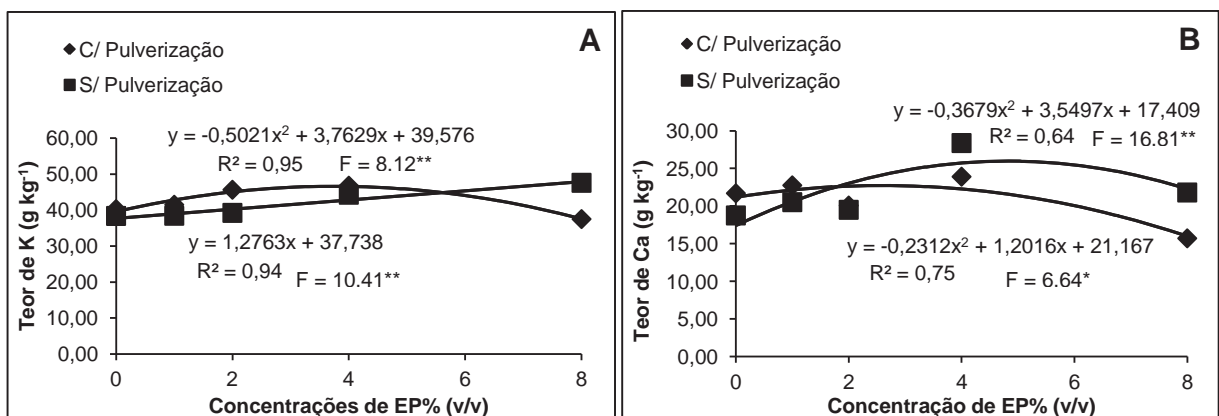


Figura 2. Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso e pulverização sobre os teores foliares de (A) K (g kg^{-1}) e (B) Ca (g kg^{-1}) em tomateiro. **, *, ns: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Observa-se que a pulverização de EP na parte aérea apresentou teor de 46,63 g kg⁻¹ na concentração de 3,75% aplicado no solo, obtido por cálculo de derivação. No entanto, maior teor de K foi obtido na pulverização sem EP na concentração de 8% no solo.

Nos teores de Ca, verificou-se efeito da interação respondendo quadraticamente (Figura 2B). O máximo teor foliar de Ca, obtido por cálculo de derivação, foi de 22,73 e 25,97 g kg⁻¹ respectivamente, nas concentrações de 2,60 e 4,82% aplicadas no solo.

Observou-se efeito de concentrações de EP aplicadas no solo, independente da pulverização na parte aérea, provocando redução linear nos teores de Mg em função do aumento das concentrações de EP (Figura 3A), contrariando o observado por LEE et al. (2007), trabalhando com o mesmo subproduto na cultura do arroz, obtiveram aumento na absorção de nutrientes e melhorias nas propriedades química do solo. Entretanto, mesmo com redução no teor de Mg, este ainda apresenta-se acima do adequado, segundo MALAVOLTA et al. (1997).

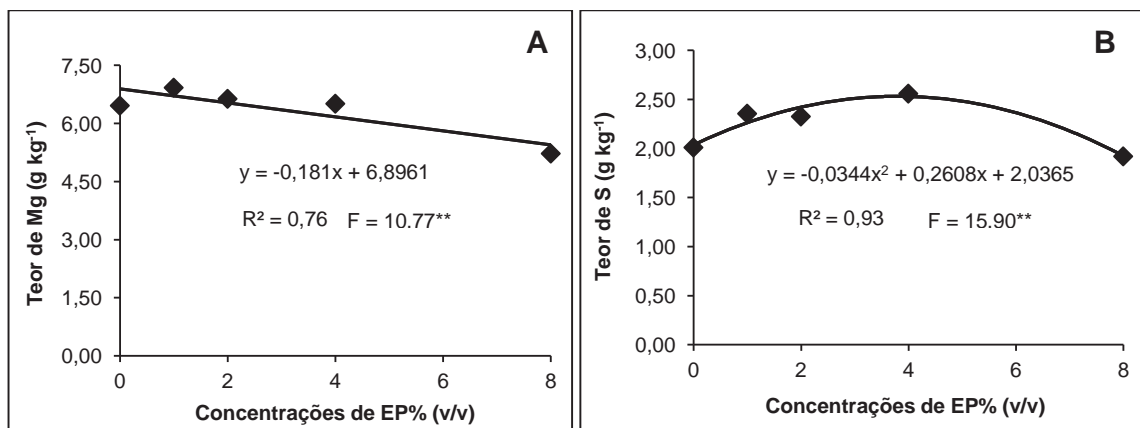


Figura 3. Efeito das concentrações de EP sobre o teor foliar de (A) Mg (g kg⁻¹) e (B) S (g kg⁻¹) em tomateiro. **, *, ns: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Verificou-se ajuste quadrático no teor de S, em função do aumento das concentrações de EP aplicadas no solo (Figura 3B). O maior teor de S (2,53 g kg⁻¹) foi

obtido na concentração de 3,79% de EP. Contudo, mesmo nessa concentração, o teor de S apresenta-se abaixo do considerado adequado (MALAVOLTA et al. 1997).

Em relação aos micronutrientes, verificou-se ajuste quadrático, para teor de Cu na presença de pulverização de 0,1% (v/v) de EP (Figura 4A). O teor mínimo obtido foi de 19,91 mg kg⁻¹ na concentração de 3,11% de EP aplicado no solo. O efeito da pulverização de EP apresentou-se superior ao da pulverização de somente água na concentração de 8% de EP aplicado no solo (27 mg kg⁻¹).

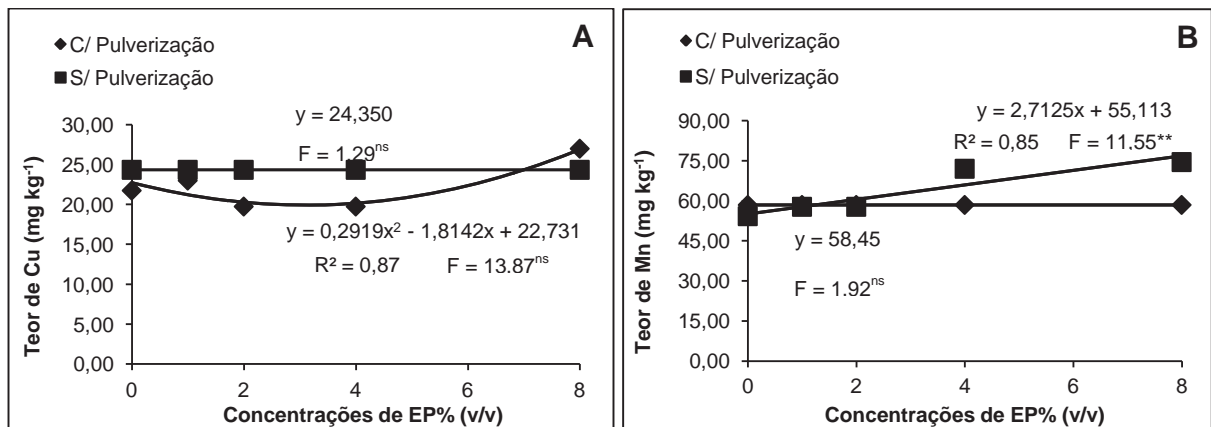


Figura 4. Efeito das concentrações de EP e pulverização sobre os teores foliares de (A) Cu (mg kg⁻¹); (B) Mn (mg kg⁻¹) em tomateiro. **: *; ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Para teor de Mn, observou-se ajuste linear crescente no tratamento com pulverização sem EP em função do aumento das concentrações de EP no solo (Figura 4B), no entanto, ainda permaneceu abaixo da faixa (250-400 mg kg⁻¹) considerada adequada por MALAVOLTA et al. (1997). ZANETTI et al. (2004), observaram variações nos teores de Cu e Mn em limoeiro 'Cravo' em função da pulverização com EP, onde a pulverização de 0,1% de EP apresentou menores teores destes nutrientes.

O acúmulo de N, P, Mg, Fe e Zn não apresentaram efeito dos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito dos tratamentos no acúmulo da parte aérea em tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012.

Concentrações de EP no solo (C)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Controle (água)	2,8	0,65	5,06	2,4	0,74	2,01	2,06	25,73	16,97	7,78
1% de EP	2,89	0,59	4,5	2,28	0,75	1,71	1,99	26,54	16,71	7,65
2% de EP	2,71	0,55	4,21	2,28	0,75	1,66	1,72	27,00	17,01	6,88
4% de EP	2,69	0,59	4,59	2,11	0,7	1,59	1,73	30,15	16,25	7,6
8% de EP	2,77	0,65	4,64	2,47	0,79	1,87	1,91	29,23	18,66	8,56
Teste F	1,22 ^{ns}	2,08 ^{ns}	5,02 ^{**}	1,32 ^{ns}	0,88 ^{ns}	3,72 [*]	1,66 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,51 ^{ns}
Pulverização ¹ (P)										
P ₁	2,78a	0,60a	4,48a	2,35a	0,75a	1,83a	2,06a	27,19a	19,89a	8,02a
P ₂	2,78a	0,61a	4,72a	2,27a	0,74a	1,71a	1,71b	28,27a	14,35b	7,36a
Teste F	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,76 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,11 ^{ns}	2,35 ^{ns}	10,95 ^{**}	0,52 ^{ns}	22,13 ^{**}	3,81 ^{ns}
DMS	0,13	0,05	0,25	0,22	0,07	0,16	0,21	3,04	2,41	0,69
Teste F para Interação C x P	1,21 ^{ns}	1,25	3,17 [*]	2,74 [*]	2,40 ^{ns}	13,00 ^{**}	0,13 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,68 ^{ns}
CV (%)	7,42	13,63	8,39	14,75	13,82	14,22	17,59	17,00	21,07	13,92

¹P₁ = Pulverização com água destilada; P₂ = Pulverização de 0,1% (v/v) de EP.

**; *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

O acúmulo de K e Ca foram afetados pelas concentrações de EP no solo na ausência de pulverização de 0,1% de EP na parte aérea (Figura 5), apresentando acúmulo mínimo de 3,98 g planta⁻¹ para K e 2,08 g planta⁻¹ de Ca obtido na concentração de 4,46 e 4,69% de EP aplicado no solo respectivamente, de acordo com cálculo de derivação. Essas perdas para K e Ca representam 20 e 21% comparadas com os tratamentos que não receberam concentrações no solo e nem pulverização de EP.

Para S (Figura 5C), observa-se resposta linear crescente na presença de pulverização de 0,1% de EP na parte aérea. O que não foi observado nos tratamentos com pulverização de somente água deionizada, apresentando ajuste quadrático com acúmulo mínimo de 1,35 g planta⁻¹ de S na concentração de 4,91% de EP, o que representa redução de 56% comparada à testemunha.

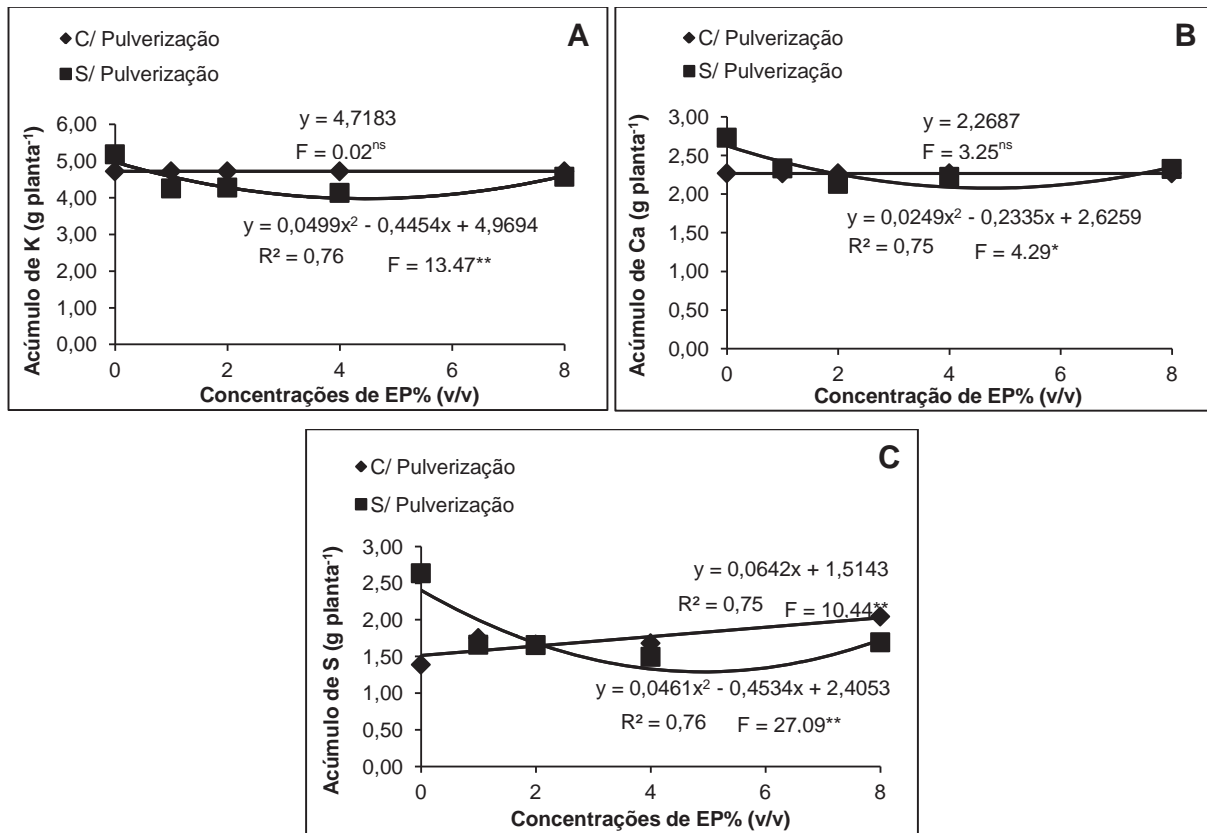


Figura 5. Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso e pulverização sobre o acúmulo de (A) K (g planta⁻¹); (B) Ca (g planta⁻¹); (C) S (g planta⁻¹) em tomateiro. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Houve redução significativa ($P < 0,05$) no acúmulo de Cu e Mn quando submetidos à pulverização de EP, independente da concentração no solo (Tabela 3). Essa redução era esperada visto que, os menores teores destes nutrientes foram observados nos tratamentos que receberam pulverização de 0,1% (v/v) EP. Embora o EP possua concentrações de nutrientes em sua composição, estas são muito pequenas, e encontram-se ainda em menores concentrações quando diluído na água para pulverizações (0,1% v/v), sugerindo que estas concentrações não seriam suficientes para alterar o acúmulo de Cu e Mn quando pulverizados na parte aérea e aplicados no solo.

De maneira geral, independente dos tratamentos, o acúmulo de nutrientes da parte aérea aos 91 DAT apresentou a seguinte ordem: K>N>Ca>S>Mg>P>Fe>Mn>Zn>Cu. Nota-se que esta ordem é igual à obtida por FAYAD et al. (2002), em casa de vegetação, para os macronutrientes e semelhantes para os micronutrientes (Mn>Fe>Cu>Zn).

Os resultados obtidos para acúmulo de matéria seca da parte aérea, área foliar e diâmetro da haste em função dos tratamentos, não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$), conforme apresentado na Tabela 4. Assim, a aplicação ou não do EP combinado com as pulverizações não influenciam no desenvolvimento do tomateiro.

Tabela 4. Matéria seca total da parte aérea (MST), área foliar (AF) e diâmetro da haste na base do colo das plantas (DH) determinadas em tomateiro, cultivadas em concentrações crescentes de EP aplicados no solo combinados com pulverização de EP ou água na parte aérea das plantas. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012.

Concentrações de EP no solo (C)	MST (g)	AF (cm ²)	DH (cm)
Controle (água)	150,13	2549,54	1,04
1% de EP (v/v)	139,19	2525,15	0,94
2% de EP (v/v)	143,72	2655,75	1,02
4% de EP (v/v)	132,63	2806,61	0,91
8% de EP (v/v)	149,14	3028,93	1,01
Teste F	2,49 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,76 ^{ns}
Pulverização ¹ (P)			
P ₁	145,4 a	2756,51 a	1,01 a
P ₂	140,52 a	2669,08 a	0,96 a
Teste F	1,4 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,32 ^{ns}
DMS	8,41	307,07	0,07
Teste F para Interação C x P	0,35 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}
CV (%)	9,11	17,53	11,88

¹ P₁ = Pulverização com água destilada; P₂ = Pulverização de 0,1% (v/v) de EP.

**, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

Dessa maneira, os resultados apresentados contrastam com os observados por ESECHIE et al. (1998) de que a produção de massa seca, área foliar e altura das plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) quando tratadas com EP na água de irrigação (50 cm³ dm⁻³) responderam satisfatoriamente na presença deste subproduto. Na cultura do arroz ICHIKAWA & OTA (1982) obtiveram maior desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea quando o solo foi tratado com EP. Porém, deve-se ressaltar que, os estudos citados acima foram desenvolvidos no campo em condições distintas, do que foi realizado no presente trabalho, em vasos e casa de vegetação.

A partir da análise de variância, para número de frutos grandes e médios não foi observado efeito dos tratamentos (Tabela 5). O total de frutos produzidos durante a condução do experimento foi de 3.467 frutos. Verificou-se que, deste total, 4% de frutos foram gigantes, 34% grandes, 27% médios, 20% frutos pequenos e 15% de descarte.

Tabela 5. Efeito dos tratamentos com número dos frutos dentro de cada classe de tamanho (gigante, grande, médio e pequeno) em tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012.

	Número de Frutos por planta dentro de cada classes				
	Gigante	Grande	Médio	Pequeno	Descarte
Concentrações de EP no solo (C)					
Controle (água)	5,62	30,00	24,00	15,12	14,12
1% de EP	2,87	26,50	26,12	16,87	11,62
2% de EP	2,62	35,12	23,25	16,50	13,00
4% de EP	2,62	25,62	23,12	16,87	11,87
8% de EP	4,25	30,37	21,37	19,75	14,12
Teste F	2,67*	0,99 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Pulverização ¹ (P)					
P ₁	3,80 a	29,80 a	23,75 a	14,65 b	11,80 a
P ₂	3,40 a	29,25 a	23,40 a	19,40 a	14,10 a
Teste F	0,68 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	4,22*	1,49 ^{ns}
DMS	0,33	0,65	0,68	0,54	0,48
Teste F para Interação C x P	1,80 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,26 ^{ns}
CV (%)	24,09	18,49	21,25	20,06	20,40

¹ P₁ = Pulverização com água destilada; P₂ = Pulverização de 0,1% (v/v) de EP.

**, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

A expectativa de aumento na produção de frutos, independentemente de classe, com o uso do EP não foi confirmada. Os resultados relativos ao número e a massa fresca total de frutos não foram afetadas ($P>0,05$) pelos tratamentos mantendo uma média de 87 frutos e 1,1 kg de massa fresca por planta.

Para número de frutos gigantes, verificou-se efeito das concentrações de EP no solo com ajuste quadrático (Figura 6). Nota-se que o número mínimo de frutos gigantes (2,05 frutos por planta) foi obtido na presença de 4,23% de EP aplicado no solo. Mesmo que a concentração de 8% de EP tenha apresentado acréscimo no número de frutos gigantes, o tratamento controle ainda foi superior. JUN et al. (2006) trabalhando com o mesmo subproduto, observaram aumento de 20% na produção de hortaliças quando tratadas com EP. Apesar de não terem evidenciado a real ação do extrato nos processos de formação de frutos de tomateiro cereja, a sua contribuição no desenvolvimento e produção de hortaliças foi relatada.

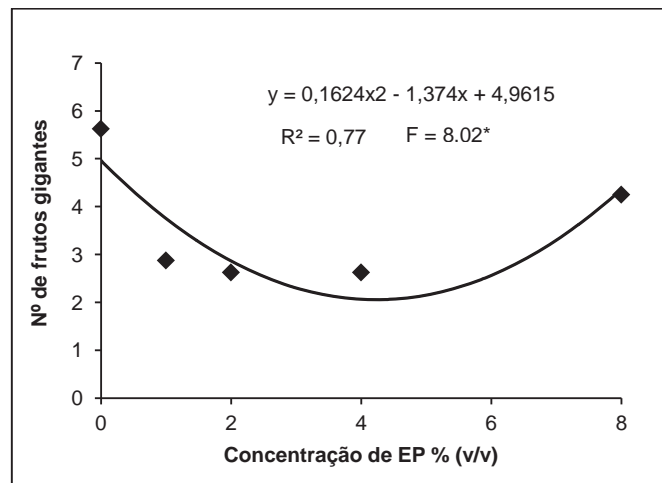


Figura 6. Efeito das concentrações de extrato pirolenhoso no número de frutos gigantes produzidos. **, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

A pulverização de EP (0,1% v/v) promoveu acréscimo ($p<0,05$) de 24,5% no número de frutos pequenos (Tabela 5). Apesar de não estar clara a real ação do EP nos processos fisiológicos de desenvolvimento dos frutos do tomate cereja, sabe-se que os

extratos de fumaça possuem um componente conhecido como “butenolide” (3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one) que é estruturalmente semelhante a reguladores de crescimento como auxinas ou giberelinas e, dessa forma, suspeita-se que poderia atuar como um regulador de crescimento exógeno (DAWS et al., 2007). Alguns autores (JAIN et al., 2006) verificaram efeito benéfico do “butenolide” na germinação e desenvolvimento de plântulas de tomateiro sob diversa faixa de temperatura.

Sabe-se que ao aplicar auxina em plantas, esta promove a síntese de etileno (BENICASA & LEITE, 2004). Portanto, é possível sugerir que, devido à presença do “butenolide”, a pulverização de EP (0,1% v/v) sobre a parte aérea das plantas possa ter influenciado o desenvolvimento fisiológico do tomate cereja, provavelmente induzindo a produção de etileno promovendo a maturação precoce dos frutos.

O aumento observado para frutos pequenos quando pulverizados com 0,1% (v/v) de EP, torna-se uma prática que proporciona uma melhor qualidade dos frutos de tomate cereja. Pois, por se tratar de uma cultivar do grupo de mercado de mini-tomates definido pelo tamanho. Dessa maneira, uma das características deste grupo é o tamanho dos frutos, alcançando assim um maior valor de mercado com frutos dentro desta classe (pequenos).

As alterações na quantidade de frutos produzidos dentro de cada classe de tamanho não influenciaram o total de frutos produzidos, provavelmente devido ao pequeno tamanho do tomate cereja possuir menor potencial de dreno que os tomates convencionais. Dessa forma, a competição por assimilados entre cachos ou entre classes de tamanho não se estabelece ao ponto de um cacho ou classe prejudicar a produtividade do outro, como preconizado por ROCHA et al. (2010).

Foi observada menor altura de inserção do primeiro cacho em plantas pulverizadas com EP independente das concentrações no solo (Figura 7), apresentando valores menores comparados com os das plantas que não receberam pulverização de EP. Entretanto, esta diferença não afetou significativamente o número médio de 10,67 cachos por planta.

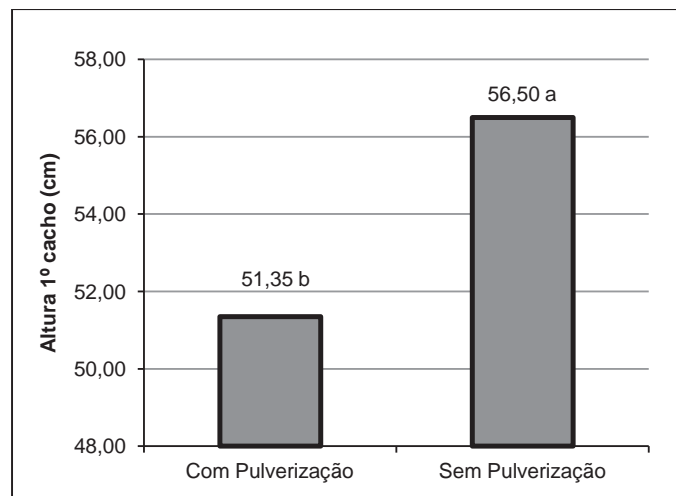


Figura 7. Efeito da pulverização na altura do 1º cacho floral (cm) em tomateiro. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Os diferentes tratamentos também não influenciaram as características de sabor dos frutos produzidos, cujos valores médios para SST e AT estão apresentados na Tabela 6. Portanto, a expectativa de elevação do teor de SST com a utilização de EP não foi confirmada. Uma vez que, revisão realizada por LEE et al. (2007) apontam efeitos favoráveis deste subproduto em diversas culturas como batata doce, sorgo, melão e cana-de-açúcar.

Cabe salientar que o aumento do teor de SST está relacionado com o sabor dos frutos, devido a esta fração ser composta por ácidos e açúcares, conferindo maior qualidade ao produto. Assim, esperava-se alteração no teor de SST, devido ao fato de o EP contribuir para o desenvolvimento e crescimento das plantas principalmente, do sistema radicular, proporcionando maior absorção de nutrientes como relatado por LEE et al. (2007).

Os resultados para SST, obtidos neste experimento, são similares aos valores observados por FONTES et al. (2000); SAMPAIO & FONTES (2000), que observaram de 4,43 e 5,19ºBrix, respectivamente. Entretanto, valores maiores foram observados por GONZÁLEZ et al. (2004), que reuniu resultados de diferentes cultivares de tomateiro do grupo cereja e obtiveram valores entre 5,1 e 8,0 °Brix para SST.

Tabela 6. Sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) determinados nos frutos do tomateiro do grupo cereja, cultivadas em concentrações crescentes de EP, combinado com presença ou ausência de pulverização de EP na parte aérea das plantas. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2012.

	SST	AT
	°Brix	g ácido cítrico por 100g
Concentrações de EP no solo (C)		
Controle (água)	4,41	0,47
1% de EP (v/v)	4,37	0,48
2% de EP (v/v)	4,74	0,49
4% de EP (v/v)	4,40	0,53
8% de EP (v/v)	4,56	0,46
Teste F	1,97 ^{ns}	1,00 ^{ns}
Pulverização ¹ (P)		
P ₁	4,48a	0,48a
P ₂	4,51a	0,49a
Teste F	0,07 ^{ns}	0,15 ^{ns}
DMS	0,20	0,048
Teste F para Interação C x P	1,85 ^{ns}	0,51 ^{ns}
CV (%)	6,86	15,17

¹ P₁ = Pulverização de água destilada; P₂ = Pulverização de 0,1% (v/v) de EP.

**, *, ^{ns}: significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP = extrato pirolenhoso.

GONZÁLEZ et al. (2004) verificaram valores entre 0,4 e 0,8 g de ácido cítrico por 100 g para AT, estando os valores encontrados dentro desta faixa. Apesar disso, para acidez titulável (AT) também não foi observado efeito das concentrações de EP no solo nem da pulverização das plantas.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de Extrato Pirolenhoso (EP) nas concentrações utilizadas no solo não causa alterações nos atributos químicos.

2. As alterações nos teores foliares de K, Ca, Mg, S, Cu e Mn não refletiram variações no acúmulo de matéria seca da parte aérea, área foliar e diâmetro da haste das plantas de tomate cereja.

3. A pulverização de 0,1% (v/v) de EP na parte aérea reduz o acúmulo de Mn e Cu e associado com os tratamentos de solo reduz o acúmulo de K, Ca e S.

4. A aplicação de EP no solo e a pulverização de EP nas plantas não influenciam o número total, nem a massa fresca total de frutos produzidos pelo tomate cereja.

5. A pulverização de 0,1% de EP na parte aérea aumenta a produção de frutos pequenos e a aplicação de até 8% (v/v) de EP no solo reduz a produção de frutos gigantes em tomate cereja.

6. A AT e o teor de SST em tomate cereja não sofrem influência da aplicação de EP no solo e pulverização na parte aérea das plantas.

REFERÊNCIAS

AKAKABE, Y.; TAMURA, Y.; IWAMOTO, S.; TAKABAYASHI, M.; NYUUGAKU, T. Volatile Organic Compounds with Characteristic Odor in Bamboo Vinegar. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.70, n.11, p.2797-2799, 2006.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 1.ed. Lavras:UFLA, 2004. 400p.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2006, 247p.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. R.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, Boletim Técnico n.78, 1983.

BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. 2004. **Fisiologia Vegetal**. Jaboticabal: Funep. 169p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. v.1, p.1-41.

BORGUINI, R. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor**. Dissertação (Mestrado) - USP-ESALQ Piracicaba: 2002, 110p.

DAWS, M. I.; DAVIES, J.; PRITCHARD, H. W.; BROWN, N. A. C.; VAN STADEN, J. Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of arable weed species. **Plant Growth Regulation**, v.51, p.73-82, 2007.

ESECHIE, H. A.; DHALIWAL, G. S.; ARORA, R.; RANDHAWA, N. S.; DHAWAN, A. K. Assessment of pyroligneous liquid as a potential organic fertilizer. In: Ecological agriculture and sustainable development, 1997, Chandigarh, India. **Proceedings...** Chandigarh: Center for Research in Rural and Industrial Development, 1998, v.1, p.591-595.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.275-278, 2007.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; FINGER, F. L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.21-25, 2000.

GONZÁLEZ, A. C.; SLAS, M. C. S.; URRESTARAZU, M. G. Producción y calidad em El cultivo de tomate cherry. In: URRESTARAZU, MG (eds). **Tratado de cultivo sin suelo**. Madrid: Mundi-Prensa, p.703-748, 2004.

GUIMARÃES, M. A.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; CALIMAN, F. R. B.; LOOS, R. A.; STRINGHETA, P. C. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.265-269, 2007.

ICHIKAWA, T.; OTA, Y. Effect of pyroligneous acid on the growth of rice seedlings. **Japanese Journal of Crop Science**, v.51, n.1, p.14-17, 1982.

JAIN, N.; KULKARNI, M. G.; VAN STADEN, J. A. Butenolide, isolated from smoke, can overcome the detrimental effects of extreme temperatures during tomato seed germination. **Plant Growth Regulation**, v.49, p.263-267, 2006.

JUN, M.; ZHI-MING, Y.; WEN-QIANG, W.; QING-LI, W. Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth. **Forestry Studies in China**, v.8, n.3, p.43-47, 2006.

LEE, J. J.; SHON, T. K.; FURUYA, T.; JIN, II-D.; CHUNG, II K.; LEE, S. C. Effect of Different Kinds of Environmental Friendly Materials on the Growth of Rice. **Journal Agricultural forestry**, v.52, n.1, p.39-42, 2007.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba:POTAFOS, 1997. 319p.

MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; NAGAI, K.; YAZAKI, H.; SAKITA, M. N. Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso In: ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças, 1., 2001, Botucatu. **Resumos...** 2001. p.161-176.

MUN, S. P.; KU, C. S. Pyrolysis GC-MS analysis of tars formed during the aging of wood and bamboo crude vinegars. **Japan Wood Research Society**, v.56, p.47-52, 2010.

NAKAI, T.; KARTAL, S. N.; HATA, T.; IMMURA, Y. Chemical characterization of Pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency. **Building and Environment**, v.42, p.1236-1241, 2007.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997, 285p.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**, Campinas, Instituto Agrônomo, 2001, 285p.

ROCHA, M. Q.; PEIL, R. M. N.; COGO, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.466-471, 2010.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R. Composição química e qualidade de frutos do tomateiro em função da adubação potássica. **Ciência Agrícola**, v.5, p.65-73, 2000.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.292-298, 2010.

SHIRAKAWA, N.; FUKAZAWA, M.; TERADA, S. Studies on the pyroligneous acid IV. Plant physiological activities of several main components in pyroligneous acid. **Jap. J. of Crop Sci.**, v.62, p.168-189, 1993.

SOUZA-SILVA, A., ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; MENDONÇA, L. A. Qualidade de mudas de eucalipto tratadas com extrato pirolenhoso. **Cerne** , v.12, n.1, p.19-26, 2006.

SOUZA-SILVA, A.; ZANETTI, R. Forrageamento por *atta sexdens rubropilosa* forel, 1908 (hymenoptera: formicidae) a campo em mudas de eucalipto pulverizadas ou imersas em soluções de extrato pirolenhoso. **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.753-759, 2007.

STEINER, C.; DAS, K. C.; GARCIA, M.; FORSTER, B.; ZECH, W. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferralsol. **Pedobiologia**, v.51, p.359-366, 2008.

TSUZUKI, E.; WAKIYAMA, Y.; ETO. H.; HANDA. H. Effect of Pyroligneous Acid and Mixture of Charcoal with Pyroligneous Acid on the Growth and Yield of Rice Plant. **Jap. J. Crop Sci.**, v.58, n.4, p.592-597, 1989.

UDDIN, D. M. M.; MURAYAMA, S.; ISHIMINE, Y.; TSUZUKI, E. Effects of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on cane and sugar yield of spring and ratoon crops of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Jap. J. Trop. Agr.**, v.38, n.4, p.281-285, 1994.

WEI, Q.; MA, X.; DONG, J. Preparation, chemical constituents and antimicrobial activity of pyroligneous acids from walnut tree branches. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v.87, p.24-28, 2010.

WIN, K. T.; NONAKA, R.; TOYOTA, K.; MOTOBAYASHI, T.; HOSOMI, M. Effects of option mitigating ammonia volatilization on CH₄ and N₂O emissions from a paddy field fertilized with anaerobically digested cattle slurry. **Biology and Fertility of Soils**, v.46, p.589-595, 2010.

YOSHIMURA, H.; WASHIO, H.; YOSHIDA, S.; SEINO, T.; OTAKA, M.; KAZUNORI MATSUBARA, K.; MATSUBARA, M. Promoting effect of wood vinegar compounds on fruit-body formation of *Pleurotus ostreatus*. **Mycoscience**, v.36, p.173-177, 1995.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O.; JÚNIOR, D. M.; CARVAHO, S. A. Influência do extrato pirolenhoso na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em limoeiro 'cravo'. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.26, n.3, p.529-533, 2004.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 2008, 1020p.

CAPÍTULO 4. – IMPLICAÇÕES

Assim como etanol e o biodiesel, o carvão vegetal é uma fonte de energia renovável de grande interesse das indústrias. A condensação da fumaça das chaminés das fábricas de carvão, além de evitar a poluição atmosférica, leva à produção de subprodutos como o extrato pirolenhoso. Este é um líquido de coloração amarelada, composto em sua maior parte por água, ácido acético e cerca de outras 200 substâncias tais como fenóis, alcoóis, ésteres e ácidos orgânicos. Esse produto tem sido preconizado e recomendado empiricamente no tratamento de pragas e doenças de solo, como repelente de pragas das plantas e como estimulante do crescimento e qualidade das plantas cultivadas, mas ainda existem poucos estudos com esse produto. Além disso, os poucos resultados encontrados na literatura ainda são bastante controversos e inconsistentes. A comprovação de sua eficácia agrícola seria de grande importância, pois transformaria um poluente em um produto nobre para a agricultura, ajudando inclusive a melhorar a rentabilidade das fábricas de carvão vegetal, o que estimulou o desenvolvimento do presente trabalho.

O extrato pirolenhoso é, empiricamente, recomendado na concentração de 2% (v/v) para aplicação no solo e até 0,1% (v/v) para pulverização nas plantas. Entretanto, neste trabalho foram aplicados no solo concentrações desde 0 até 8% (v/v) para avaliar o efeito e as consequências do uso de distintas doses.

Como resultado, foi observado que a aplicação de até 2% (v/v) de EP proporcionou variações pequenas nos atributos químicos do solo, não afetando negativamente a sua fertilidade. Portanto, o emprego para o tratamento de solo deve respeitar a concentração usual de 2% (v/v), pois foi constatado que concentrações mais elevadas podem reduzir o pH do solo e causar o aumento do teor de Mn (que pode alcançar a níveis tóxicos), bem como a lixiviação de K, Ca e Mg após uma irrigação ou chuva intensa.

Os resultados do presente trabalho também indicaram que a pulverização do extrato pirolenhoso na parte aérea do tomateiro, na concentração de 0,1% (v/v), provocou maior número de frutos dentro da classe de tamanho pequeno, sugerindo que o produto induziu uma melhor distribuição dos frutos dentro das diferentes classes de tamanho o que, aparentemente, possibilitaria um melhor valor de mercado para esse tipo específico de tomate (cereja).

O extrato pirolenhoso é produzido no Brasil ainda de forma artesanal ou por distintos produtores que usam diferentes equipamentos e processos, além da grande variedade de matéria prima. Tais diferenças certamente conduzem à obtenção de extratos pirolenhosos distintos, o que, conseqüentemente, deve resultar em diferentes efeitos ou níveis da resposta de sua utilização na agricultura. Isso provavelmente justifica os resultados controversos ou inconsistentes que se encontra na literatura. Portanto, seria importante o estabelecimento de uma especificação oficial para a produção de extrato pirolenhoso o que, certamente, levaria a resultados mais consistentes entre as diferentes pesquisas e a uma maior confiança para recomendar onde, quando, quanto e como aplicar esse potencialmente importante produto.