

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**INFLUÊNCIA DO EXTRATO PIROLENHOSO NO
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
MILHO**

César Martoreli da Silva

Engenheiro Agrônomo MSc.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

JULHO – 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**INFLUÊNCIA DO EXTRATO PIROLENHOSO NO
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
MILHO**

César Martoreli da Silveira

Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
JULHO – 2010

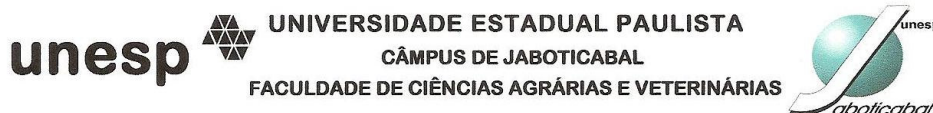
S587i Silveira, César Martoreli da
Influência do Extrato Pirolenhoso no desenvolvimento e
crescimento de plantas de milho / César Martoreli da Silveira. --
Jaboticabal, 2010
xvi, 75 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: Jairo Osvaldo Cazetta
Banca examinadora: Silvelena Vanzolini Segato, Edson Lazarini,
Domingos Fornasier Filho, Rogério Farinelli
Bibliografia

1. Ácido Pirolenhoso. 2. Germinação 3. Produtividade. 4. Vigor. 5.
Zea mays L.. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias.

CDU 633.15:631.811

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



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INFLUÊNCIA DO EXTRATO PIROLENHOSO NO DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO

AUTOR: CÉSAR MARTORELI DA SILVEIRA

ORIENTADOR: Dr. JAIRO OSVALDO CAZETTA

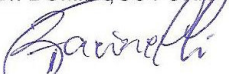
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:


Dr. JAIRO OSVALDO CAZETTA

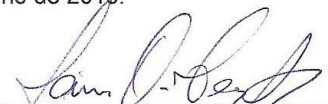

Dra. SILVELENA VANZOLINI SEGATO


Dr. EDSON LAZARINI


Dr. DOMINGOS FORNASIERI FILHO


Dr. ROGÉRIO FARINELLI

Data da realização: 23 de julho de 2010.


Presidente da Comissão Examinadora
Dr. JAIRO OSVALDO CAZETTA

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CÉSAR MARTORELI DA SILVEIRA – Filho de João César da Silveira e Vitória Maria Martoreli da Silveira, nasceu em 29 de março de 1.981, em Bebedouro – São Paulo. Vindo de família cujas raízes se deram no campo, após completar os ensinamentos referentes à educação básica, em julho de 1999, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG, por meio de vestibular. Foi bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) no período de agosto de 2001 a julho de 2004, quando concluiu o curso, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo. Em agosto de 2004, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Agronomia, na Área de Concentração: Produção e Tecnologia de Sementes em nível de Mestrado, na Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal-SP. Durante o período de realização do mesmo foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Representante Discente (Suplente) do Conselho de Pós-Graduação do Programa de Produção e Tecnologia de Sementes no período de abril de 2005 a maio de 2006. Em agosto de 2006 iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pelo Departamento de Tecnologia, em nível de Doutorado, com término no mês de julho de 2010. Desde o ingresso até março do ano de 2009 foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Atualmente também é Professor do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio”, UNESP/FCAV. No início do ano de 2010, ingressou como Professor Contratado na FATEC (Curso de Tecnologia em Agronegócio), em Taquaritinga-SP e na FAJAB – Faculdade de Jaboticabal (Curso de Administração), em Jaboticabal-SP. Além disso, neste mesmo ano, após passar no vestibular, deu início ao curso de graduação em Pedagogia, semi-presencial, em convênio com a UNESP e UNIVESP.

“A responsabilidade começa a fazer parte da vida
de um ser humano quando esse descobre
quem realmente quer ser!”

“Acredite que sempre dará certo, pois
esse sentimento é o início para uma
caminhada de sucesso!”

À DEUS,

Que me abençoa, com sua proteção, possibilitando que a vida seja sempre um motivo de grande alegria e, apesar das dificuldades que enfrentamos, ainda somos privilegiados pela saúde, felicidade e amor...

OFEREÇO

Aos meus pais “*João César e Vitória*”, que me mostram como percorrer o caminho da verdade, do amor e da felicidade, com sabedoria e paciência, pois acima de tudo são os sonhadores com pés no chão e, sem dúvidas, meus exemplos de vida, principalmente por sempre acreditarem no que é certo...

Às minhas irmãs queridas “*Sara e Karinna*”, das quais me orgulho de dizer “obrigado por existirem”, e que com certeza sempre estarão presentes na minha vida e no meu progresso, pois me cercam de amor e carinho, além dos incentivos em todos os momentos...

À minha linda, minha tunny, “*Lilian*”, que sempre esteve do meu lado, em todos os momentos, me ajudando, apoiando e mostrando a verdadeira forma de amar, com carinho e compreensão, além de me entender nos momentos mais difíceis...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela felicidade de viver e poder compartilhar grandes momentos!!!!

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), Câmpus de Jaboticabal – SP; aos Departamentos de Tecnologia e Produção Vegetal; a Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção (FEPP), possibilitando a realização dos trabalhos e do curso de Doutorado.

Ao professor Dr. Jairo Osvaldo Cazetta pela orientação, disposição, compreensão e facilidade para transmitir os ensinamentos necessários para desenvolvimento desta Tese e por ajudar-me a ser um profissional, mostrando o verdadeiro significado da atividade docente, sempre com a maior paciência e acreditando que eu seria capaz desta realização.

Ao CNPq pelo apoio financeiro com a bolsa de estudos.

Aos meus pais João César e Vitória e às manas Sara e Karinna, por sempre estarem presentes e dispostos a fazer e a realizar, para que tudo acontecesse como foi; esta família que Deus sempre abençoará com saúde e grandes conquistas, pois todos lutam pelo que é justo, moral, digno e pelo amor e perseverança..., obrigado, amo vocês.

À minha vida, Lilian, pessoa que conheci no começo dessa empreitada e que sempre me incentivou, dedicando parte do seu tempo para me ajudar, no laboratório, no campo, principalmente quando me encontrava só, tornando as coisas mais fáceis e belas..., te amo.

Aos meus queridos tios e tias, primos e primas e demais membros da família, obrigado pelo incentivo, principalmente por aqueles que realmente torcem a favor.

À minha querida avó Paschoalina, que representa os fundadores da minha família (meu querido avô Jayme (*in memoriam*) sempre presente; aos meus avós José e Jacira (*in memoriam*) que também participaram dessa formação).

À família da Lilian: Sr. Izaú, Sra. Haidée, Lígia, Lívia, Lucas e Carol, que também participaram desta conquista e torceram por ela.

Ao Sr. Fernando Antonio Soares de Sá, dono da empresa Agrisá Insumos Agrícola e fornecedor do extrato pirolenhoso, por acreditar no potencial da agricultura

por meio da sustentabilidade e do uso de recursos renováveis e, também pela contribuição nos trabalhos desenvolvidos.

Aos meninos da graduação: Aislan (grande companheiro do “batidão” das pesquisas, montagem dos experimentos e coleta dos dados), Anderson, José e Marcos os quais tive o prazer do convívio agradável.

Ao Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” (CTA), instituição que me acolheu e da qual faço parte com o muito orgulho, carinho, respeito e profissionalismo, na qual pretendo retribuir com um pouco do meu conhecimento, por meio da atividade docente. Porém, seria injusto não ressaltar a importância da participação dos meninos (“agricolinos”) que sempre se dispuseram a me ajudar nos experimentos, com muito respeito e admiração; ao seu diretor Prof. Dr. Erberto pela compreensão e oportunidades que me foram dadas, à Vice-diretora Profa. Dra. Andréia, que sempre me apoiou nos momentos mais críticos, incentivando sempre; aos amigos e profissionais do CTA: Daniel (Sassá), Fabrício, Faco, Paulinho, Mathias, Mafei (ajuda ímpar no Setor e condução dos alunos), Marcus (Marcão), Fábio, Marcos Morise, Marcos Jabur, Antonio Carlos, Tammy, Elisabete, Margareti, Sandra, Regina, Paulo, Marcelo, Marcelo (Marcelitus), Bernardete, Carmen, Júlio, Ailton, Ana Márcia, Otaviano, ao pessoal do ensino médio representados pela Prof. Josemira e, se esqueci de alguém, perdoe-me. Esses possibilitaram uma convivência agradável, divertida e profissional, tornando-se grandes amigos.

Aos meus amigos José Antônio (Rossato), Vivian (migalha) e Kênia, que também presenciaram os momentos difíceis e alegres dessa fase, sempre com grande carinho, um grande abraço.

Ao pessoal do laboratório de análise química e bioquímica de plantas (LAQBP): funcionários, estagiários e amigos da graduação e pós-graduação do Departamento de Tecnologia, pelo convívio, pela amizade e por também fazerem parte desta conquista.

Ao pessoal do Laboratório de Análise de Sementes: Lázaro (Gabi), Rubens (Faro) e Tito; Ao pessoal do laboratório de Produção Vegetal: Mauro, Geraldo, Sebastião e Osmar; Ao Gilson, do Departamento de Fitossanidade que sempre esteve disposto a nos ajudar com empréstimo dos equipamentos e considerações técnicas para as aplicações do produto; Ao pessoal da Horta da UNESP/FCAV, pela ajuda e

auxílio nos experimentos com alface; Ao pessoal da FEPP: Marcelo, João, Edvaldo e todos que colaboraram e ajudaram na montagem dos experimentos com milho.

Aos Professores do Departamento de Produção Vegetal, Domingos Fornasieri Filho, Leandro Borges, Roberval, Rubens Sader, Maria Aparecida (Cidinha), Pedro Alves, Arthur e todos os que colaboraram para a realização das pesquisas, do uso dos laboratórios e da complementação burocrática que temos que passar em alguns momentos, além da amizade concebida.

Aos professores Dra. Silvelena Vanzolini Segato, Dr. Edson Lazarini, Dr. Domingos Fornasieri Filho e Dr. Rogério Farinelli pelas correções e brilhantes sugestões a este trabalho, que foram muito pertinentes e objetivas.

Aos professores que ministraram as disciplinas cursadas durante o curso de Doutorado, pela amizade e contribuições para o aprendizado.

Aos amigos (as): Cristian (Baleia), Bruno (Marvadão), Disnei, Welligton e Ronaldo pelo convívio durante a pós-graduação e na república (Os Marvados), ao filzinho (Tiago); aos demais amigos da minha convivência dentro e fora do ambiente universitário, dos quais me lembro com carinho e afeto.

Aos funcionários da Pós-Graduação e da Biblioteca, que são sempre atenciosos e facilitam todos os processos burocráticos desta universidade.

À Coopercitrus, representada pelo Departamento de Grãos, pelo fornecimento de sementes para realização dos experimentos; À Usina São Carlos, representada pelo amigo Sílvio Viel, que muito fez para realização dos experimentos fora da Universidade.

Enfim, a todos que possibilitaram a execução deste trabalho de pesquisa, meus sinceros agradecimentos e...

...MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Caracterização do extrato pirolenhoso.....	3
2.2 Usos do extrato pirolenhoso na agricultura	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Considerações Gerais.....	28
3.2 Experimentos com Sementes	29
3.2.1 Avaliações.....	30
3.3 Experimento em Casa de Vegetação	32
3.3.1 Avaliações.....	34
3.4 Experimentos em Campo.....	34
3.4.1 Avaliações.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Experimentos com Sementes	39
4.2 Experimento em Casa de Vegetação.....	48
4.3 Experimentos em Campo.....	52
5. CONCLUSÕES	58
6. REFERÊNCIAS	59

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Páginas
Quadro 01. Propriedades físicas do extrato pirolenhoso (OASMAA & PEACOCKE, 2001 citados por LOO, 2008).....	06
Quadro 02. Compostos determinados no extrato pirolenhoso (GUILLÉN & MANZANOS, 1999 e 2002; GUILLÉN et al., 2001).....	07
Quadro 03. Compostos determinados no extrato pirolenhoso (IPT, 2006).....	29
Tabela 01. Influência do uso de extrato pirolenhoso na germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e pelo índice de velocidade de emergência (IVE) em milho. UNESP. Jaboticabal, 2007.....	40
Tabela 02. Influência do uso do extrato pirolenhoso no comprimento das raízes (CPRZ), comprimento da parte aérea (CPPA), comprimento de plântulas (CP), massa seca de raízes (MSRZ), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de plântulas (MS) de milho, aos sete dias após a semeadura. UNESP. Jaboticabal, 2007.....	44
Tabela 03. Influência do uso do extrato pirolenhoso no índice de velocidade de emergência aos 7 (IVE 7), 14 (IVE14) e 21 (IVE21) dias e na emergência em campo (EC) de plântulas de milho. UNESP. Jaboticabal, 2007.....	46
Tabela 04. Coeficientes de correlação linear simples [r] entre os testes de vigor em laboratório (PCG, IVE, CP e MS) ¹ com: a germinação (G), os índices de velocidade de emergência (IVE7, IVE14, IVE21) ² e a emergência em campo (EC), em função das diferentes concentrações de extrato pirolenhoso aplicadas às sementes de milho. UNESP. Jaboticabal, 2007.....	47
Tabela 05. Médias da altura de planta (ALP), diâmetro de colmo (DC), massa seca da parte aérea (MSP), volume radicular (VLR), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de planta (MS) de milho, cultivadas em casa de vegetação, em função do uso de EP. UNESP. Jaboticabal, 2007.....	51
Tabela 06. Médias da altura de planta (AP); diâmetro de colmo (DC); massa seca de folhas (MSF); massa seca de colmos (MSC); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por fileira (NGF); número de grãos por espiga (NGE) e da produtividade de grãos (PROD) de milho, em função da aplicação do extrato pirolenhoso na safra 2007/2008. UNESP. Jaboticabal, 2008.....	54
Tabela 07. Médias da altura de planta (AP); diâmetro de colmo (DC); massa seca de folhas (MSF); massa seca de colmos (MSC); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por fileira (NGF); número de grãos por espiga (NGE) e da produtividade de grãos (PROD) de milho, em função da aplicação do extrato pirolenhoso na safra 2008/2009. UNESP. Jaboticabal, 2009.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Esquema do processo de obtenção do extrato pirolenhoso destilado (MIYASAKA et al., 1999).....	05
Figura 2. Processo tecnificado para obtenção de carvão vegetal e extrato pirolenhoso (EP) de qualidade. A: Forno de encosta e tubulação para processo de condensação da fumaça (36 m); B: Controle da temperatura na saída da primeira chaminé do forno e captação da fumaça; C: Coleta do EP (bruto) e D: Carvão vegetal pronto para uso. Fonte: Fernando Sá (Adaptado por SILVEIRA, 2010).....	11
Figura 3. Adaptação de um forno para a produção de extrato pirolenhoso. Primeira chaminé de tijolos e controle da temperatura no início da coleta; Segunda chaminé de 8 m de comprimento para a condensação da fumaça. Fonte: CAMPOS, 2007.....	12
Figura 4. Detalhes da posição de uma chaminé para a produção e coleta de extrato pirolenhoso. Fonte: CAMPOS, 2007.....	12
Figura 5. Médias mensais de precipitação (A) e temperaturas mínimas e máximas (B) durante o cultivo das safras de milho 2007/2008 e 2008/2009. Fonte: FCAV-UNESP, Departamento de Ciências Exatas, 2007-2009.....	35
Figura 6. Primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho em função da aplicação de diferentes concentrações de extrato pirolenhoso (EP) nas sementes. UNESP. Jaboticabal, 2007.....	43

INFLUÊNCIA DO EXTRATO PIROLENHOSO NO DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO

RESUMO – O extrato pirolenhoso (EP) é um subproduto oriundo da condensação de compostos da fumaça produzida durante o processo de produção de carvão vegetal. O EP tem em sua composição compostos bioativos que podem influenciar na germinação e no vigor de sementes. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes concentrações de EP na cultura do milho, em sementes, no desenvolvimento inicial das plantas e no campo. Foram utilizadas 5 concentrações de EP aplicadas nas sementes: 0, 25, 50, 75 e 100% em solução (10 mL kg⁻¹ de sementes), avaliando sua influência na germinação e no vigor através dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de emergência, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas, em laboratório, com 5 repetições em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e, o teste de emergência em campo, com 4 repetições em delineamento em blocos casualizados (DBC). O desenvolvimento inicial das plantas de milho foi avaliado em casa de vegetação, com cultivo em vasos contendo 7 dm³ de solo, com duas plantas por vaso, utilizando-se 5 concentrações de EP aplicadas nas sementes: 0, 25, 50, 75 e 100%; via solo: 0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% (v v⁻¹) e foliar: sem aplicações, 0,15 (aos 10, 20 e 30 dias após a emergência - DAE) e 0,2% (aos 40 DAE), 0,3 e 0,4%, 0,45 e 0,6% e 0,6 e 0,8% (v v⁻¹), sendo utilizadas 5 repetições em DIC, verificando a influência do EP aos 55 DAE. Em campo, foram realizados dois experimentos, nas safras 2007/2008 e 2008/2009, sendo utilizadas 5 concentrações de EP aplicadas nas sementes: 0, 25, 50, 75 e 100%; via solo: 0, 2, 4, 6 e 8 L ha⁻¹ e foliar: sem aplicações, 0,6 (10, 20 e 30 DAE) e 0,8 L ha⁻¹ (40 DAE), 1,2 e 1,6 L ha⁻¹, 1,8 e 2,4 L ha⁻¹ e 2,4 e 3,2 L ha⁻¹, avaliando sua influência nas características agrônômicas, nos componentes da produção e na produtividade da cultura do milho, com 4 repetições em DBC, para a primeira safra. Na segunda, foram utilizadas 4 concentrações de EP aplicadas nas sementes: 0, 25, 50 e 100%; via solo: 0, 2, 4, e 8 L ha⁻¹ e foliar: sem aplicações, 0,6 (10, 20 e 30 DAE) e 0,8 L ha⁻¹ (40 DAE), 1,2 e 1,6 L ha⁻¹, e 2,4 e 3,2 L ha⁻¹, com 6 repetições em DBC. Em todos os experimentos foram feitas análises de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Em sementes foram

realizados o teste de correlação linear (r) de Pearson entre os testes de germinação e vigor em relação à emergência em campo e análise de regressão. A concentração de 25% de EP aplicada em solução aumentou o vigor das sementes de milho, possibilitando maior velocidade de estabelecimento das plântulas, observada pelo índice de velocidade de emergência e primeira contagem de germinação. O tratamento das sementes com solução de EP a 25 %, seguido de pulverização no solo com solução 0,5% ($v\ v^{-1}$) e com quatro pulverizações foliares com solução 0,15 - 0,2% ($v\ v^{-1}$) proporcionou maior massa seca de raízes e de planta, além do maior volume radicular, durante o desenvolvimento inicial de plantas de milho, em casa de vegetação. Nas safras 2007/08 e 2008/09 os tratamentos com EP não afetaram a produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) de milho, em condições de campo.

Palavras-Chave: ácido pirolenhoso, germinação, produtividade, vigor, *Zea mays* L.

INFLUENCE OF PYROLIGNEOUS ACID IN DEVELOPMENT AND GROWTH OF CORN PLANTS

SUMMARY – The pyroligneous acid (PA) is a byproduct comes from the condensation of smoke compounds produced during the process of charcoal production. The PA contains bioactive compounds that may influence of germination and seed vigor. Thus, the objective this research was to evaluate the influence of different concentrations of PA in seeds, in the initial corn development and field. Were used five concentrations of EP applied to seeds: 0, 25, 50, 75 and 100% solution (10 mL kg^{-1} seed), evaluating their influence on germination and vigor by germination, speed of emergence index, first germination count, dry matter weight, seedling length tests in the laboratory, with five replications in a complete randomized design (CRD), and field seedling emergence test with four replications in randomized block design (RBD). The initial development of corn plants was evaluated in a greenhouse, with cultivation in pots containing 7 dm^3 of soil, two plants per pot, using five concentrations of PA applied to seeds: 0, 25, 50, 75 and 100 %, in soil: 0, 0.5, 1.0, 1.5 and $2.0\% (\text{v v}^{-1})$ and leaves: no applications, 0.15 (10, 20 and 30 days after emergence - DAE) and 0.2% (40 DAE), 0.3 and 0.4%, 0.45% and 0.6 and 0.6 and 0.8% (v v^{-1}), using five replications in CRD, verifying the influence of PA 55 DAE. In the field, two experiments were conducted in 2007/2008 and 2008/2009 seasons, using five concentrations of PA applied to seeds: 0, 25, 50, 75 and 100%, in soil: 0, 2, 4, 6 and 8 L ha^{-1} and leaves: no applications, 0.6 (10, 20 and 30 DAE) and 0.8 L ha^{-1} (40 DAE), 1.2 and 1.6 L ha^{-1} , 1.8 and 2.4 L ha^{-1} and 2.4 and 3.2 L ha^{-1} to evaluate its influence on agronomic traits, yield components and corn yield, with four replications in RBD, for the first season. In the second, were used four concentrations of PA applied to seeds: 0, 25, 50 and 100%, in soil: 0, 2, 4 and 8 L ha^{-1} and leaves: no applications, 0.6 (10, 20 and 30 DAE) and 0.8 L ha^{-1} (40 DAE), 1.2 and 1.6 L ha^{-1} and 2.4 and 3.2 L ha^{-1} , with 6 replications in RBD. In all the experiments were done analysis of variance by F test and means were compared by Tukey test, at 5% probability. In seeds were made the test of linear correlation (r) of Pearson was designed between germination and vigor tests compared to field seedling emergence test and regression analysis. The concentration of 25% PA applied in solution increased the vigor of corn seed, enabling a faster establishment of seedlings, observed by the

speed of emergence index and first germination count test. The seed treatment with a solution of PA at 25%, followed by spraying in soil with 0.5% (v v⁻¹) and four foliar solution with 0.15 to 0.2% (v v⁻¹) provided greater dry mass of roots and plant and a larger root volume, during the initial development of corn plants, in the greenhouse. In seasons 2007/2008 and 2008/2009 the treatments with EP did not affect grain yield (kg ha⁻¹) of corn, in field conditions.

Keywords: wood vinegar, germination, vigor, crop yield, *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

Produtos oriundos de fontes renováveis têm sido de grande importância para o desenvolvimento de novas tecnologias e suas aplicações na agricultura, sem causarem danos ao meio ambiente, quando da sua produção ou uso.

Este fato é marcante na produção de biocombustíveis ou fontes de bioenergia, como o biodiesel e etanol, quando obtidos durante um processo de produção certificado e tecnificado. Como produto com grande potencial de exploração, o carvão vegetal, originado de fontes renováveis (madeira) e com uso na geração de bioenergia para diferentes processos de produção industrial, tem alguns entraves devido aos problemas ocasionados durante a queima da madeira para sua produção, processo no qual há liberação de gases que contribuem para a poluição ambiental.

A recuperação e a correta utilização dos subprodutos da carbonização da madeira além de gerar fontes de produtos (carvão) e subprodutos, podem minimizar o impacto ambiental causado pelo lançamento dos gases na atmosfera, contribuindo com a redução do aquecimento global (PORTO et al., 2007). Com a condensação e recuperação desses gases voláteis, pode-se obter o extrato pirolenhoso (EP), um líquido de coloração amarela a marrom avermelhada podendo ser obtido de diferentes espécies vegetais. Dessa maneira, diversos estudos com uso desse extrato têm demonstrado resultados promissores como estimulantes e reguladores do crescimento vegetal, com ênfase nos estádios iniciais de desenvolvimento, inclusive nos processos de germinação e emergência de plântulas.

No Brasil, sua eficiência ainda não está muito bem caracterizada, devido ao pequeno número de trabalhos científicos desenvolvidos até então. Com isso, torna-se importante obter informações de uso e de concentrações adequadas do produto para sua aplicação nas culturas agrícolas, caracterizando-se num primeiro passo para o uso de extratos derivados de fumaça de plantas (EP). Além, disso, o Brasil é o maior produtor mundial de carvão, pois explora florestadas cultivadas ou plantadas (ABRAF,

2009), das quais poderá obter esse subproduto e também se caracterizar, conseqüentemente, como um dos maiores produtores.

Dentre as espécies cultivadas, o milho tem grande importância econômica, caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia e, no Brasil, tem passado por mudanças tecnológicas importantes, que vão desde o melhoramento genético até diferentes sistemas de produção, resultando em aumentos significativos de produtividade e produção.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência do extrato pirolenhoso (EP) em diferentes concentrações no desenvolvimento e crescimento de plantas de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO PIROLENHOSO

A passagem do fogo, de forma natural ou premeditada, em locais cobertos por vegetações diversas ou restos culturais, possibilita a renovação do ambiente por meio da germinação de espécies presentes no banco de sementes junto às camadas superficiais do solo. Tal fato normalmente ocorre em ambientes nativos, como um processo natural. No entanto, como a germinação dessas sementes é promovida? Tal questão passou a ser motivo de pesquisas e, em um primeiro momento, observou-se que após a queimada ocorriam modificações nas características das sementes e do solo (MINORSKY, 2002). Na década de 90, alguns autores (DE LANGE & BOUCHER, 1990; BROWN et al., 1993 e BALDWIN & MORSE, 1994) observaram que após a queimada, a própria fumaça originada era um importante agente promotor de germinação. Essa descoberta desencadeou uma série de questões, destacando-se aquelas referentes à quais fatores presentes na fumaça seriam os responsáveis por induzir a germinação e se diferentes espécies de plantas responderiam de forma positiva a esta aplicação. Dessa forma, o uso da fumaça e de extratos de fumaça (após condensação) derivados da queima da madeira, passou a ser estudado na tentativa de buscar o modo de ação e os principais compostos promotores da germinação e crescimento de plantas presentes nos mesmos (MINORSKY, 2002).

Um produto de origem natural, derivado dos extratos de fumaça, conhecido como extrato pirolenhoso (EP), ácido pirolenhoso ou vinagre de madeira, com diversas formas de aplicação, dentre elas a agrícola, é composto por água em sua maior parte (80 a 90% - v/v) e uma mistura complexa de milhares de compostos, contendo nesses mais de 200 compostos orgânicos, como ácido acético, alcoóis, acetonas, ésteres, fenóis e alguns derivados de lignina, hidrocarbonetos e compostos nitrogenados (GUILLÉN et al., 1995; GUILLÉN & IBARGOITIA, 1996a, b, 1998, 1999; GUILLÉN & MANZANOS, 1996, 1997, 1999a, b, 2002; GUILLÉN et al., 2001; ADRIANSZ et al., 2000).

O EP é obtido após o processo de condensação da fumaça formada pela queima da madeira para produção de carvão vegetal. Trata-se de um líquido de coloração amarela a marrom avermelhada que é obtido de diferentes espécies vegetais, como bambu, eucaliptos e pinus (MAEKAWA, 2002; CAMPOS, 2007; SOUZA-SILVA et al., 2006), porém com sua composição caracterizada em função de determinada espécie. Além disso, no processo de obtenção do EP também é importante para sua composição, o controle da temperatura utilizada no processo de condensação, que pode inibir ou ativar compostos bioativos (BROWN & VAN STADEN, 1997; MU et al., 2004) e, portanto, influenciar na qualidade do produto. No entanto, não é um subproduto extraído em todas as carvoarias, constatando-se poucas unidades produtoras, principalmente no Brasil (BRITO, 2000).

A palavra "pirolenhoso" vem de "pirólise", termo utilizado para caracterizar a decomposição térmica de materiais contendo carbono, na ausência de oxigênio (CAMPOS, 2007). O objetivo principal da pirólise da madeira é produção de carvão vegetal, produtos líquidos e gasosos. Este processo é também uma fonte de muitas substâncias orgânicas de base como o ácido acético, aldeídos, cetonas, metanol e acetona (DEMIRBAS & GÜLLÜ (1998) citados por LOO et al., 2008).

No Japão, o extrato pirolenhoso (EP) tem seu uso caracterizado no controle de pragas em aplicações via solo (MIYASAKA et al., 2001a), como "fertilizante orgânico" em arroz (TSUZUKI et al., 2000), sorgo (ESECHIE et al., 1998) e batata-doce (SHIBAYAMA et al., 1998). Além do uso agrícola, o EP também tem aplicações em uso medicinal (GUILLÉN et al., 1995 e GUILLÉN & IBARGOITIA, 1998; LOO et al., 2008) e na alimentação humana e animal (WANG et al., 2010), já que possui aroma característico, incrementando determinados tipos de alimentos e sendo utilizado como uma barreira adicional para evitar crescimento microbiano em níveis que satisfaçam as boas práticas de fabricação (SANGSRICHAN, 2009).

Segundo MIYASAKA et al. (2001b), o extrato pirolenhoso diluído em água na concentração de 0,33 a 2% (v/v), quando aplicado ao solo melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas, propiciando aumento de microrganismos benéficos e facilitando a absorção de nutrientes da solução do solo pelas plantas. O EP bruto não

deve ser utilizado na agricultura sem ser purificado e dele extraído o alcatrão solúvel logo após a obtenção do produto, o que pode ser feito por meio de processo industrial, com destilação a vácuo ou, de forma artesanal, via decantação. No processo de decantação, o produto é submetido a repouso por tempo superior a 100 dias, o que promove a separação em três fases: uma fase superior, que contém óleos leves; uma fase mediana, que contém o extrato pirolenhoso puro e, uma fase inferior, que contém o alcatrão precipitado. Além disso, pode ser filtrado antes do uso. MIYASAKA et al. (1999) demonstraram o processo de obtenção do extrato pirolenhoso destilado, como um líquido resultante da condensação da fumaça originada da carbonização de madeiras, conforme Figura 1:

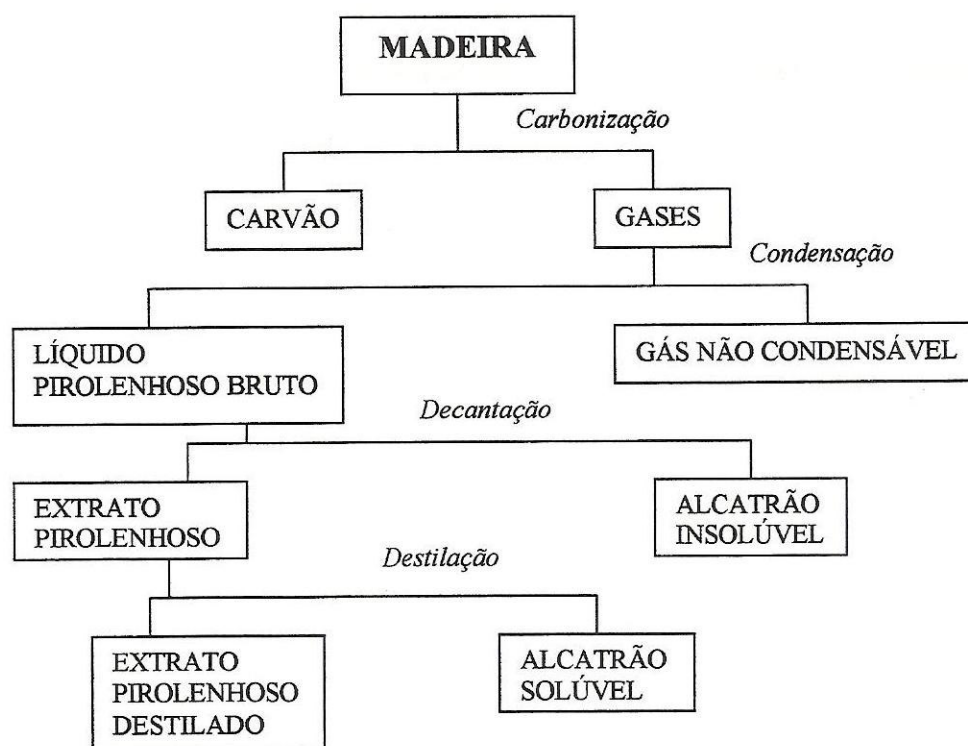


Figura 1. Esquema do processo de obtenção do extrato pirolenhoso destilado (MIYASAKA et al., 1999).

OASMAA & PEACOCKE (2001) citados por LOO (2008) apresentaram uma caracterização física (Quadro 1) e química (Quadro 2) do extrato pirolenhoso. Esses autores relataram que o ácido pirolenhoso contém água, compostos orgânicos solúveis

e insolúveis em água. Esses compostos, decorrentes da degradação térmica da madeira, são aldeídos, cetonas, dicetonas, ésteres, álcoois, ácidos, furanos e derivados pirano. Além disso, também contém um número significativo de componentes resultantes da degradação térmica da lignina (FENGEL & WEGENER, (1983); SHAFIZADEH, (1984) citados por LOO et al., 2008), tais como fenol, guaicol, siringol, pirocatecol e seus derivados, bem como uma quantidade de outros componentes (GUILLÉN & MANZANOS, 1999 e 2002, GUILLÉN et al., 2001).

Quadro 1. Propriedades físicas do extrato pirolenhoso (OASMAA & PEACOCKE, 2001 citados por LOO, 2008).

PROPRIEDADES FÍSICAS	VALORES
Aparência (coloração)	Marrom avermelhada
Pressão de Vapor	Similar a da água
Densidade Específica	1,07 a 1,09 a 25 °C
Ponto de Fulgor	44-46 °C
Acidez (pH)	2,0 a 3,0
Viscosidade	20-100 sCt a 40 °C
Curva de ebulição (°C)	Fervura inferior a 100 °C
Temperatura de auto-ignição	Mais de 500 °C
Odor	Aroma de fumaça

Quadro 2. Compostos determinados no extrato pirolenhoso (GUILLÉN & MANZANOS, 1999 e 2002; GUILLÉN et al., 2001).

FAMÍLIAS	COMPOSTOS
Guaiacol e Derivados	2-Methoxyphenol (guaicol) 4-Methyl -2-methoxyphenol 1-(3-Hydroxy-2-methoxyphenyl)-ethanone 4-(2-Propenyl)-2-methoxyphenol (eugenol) 4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin) 4-Hydroxy-3-methoxybenzoic acid (vanillin acid) 1-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-propanone 1-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-ethanal
Siringol e Derivados	2,6-Dimethoxyphenol (syringol) 3,4-Dimethoxyphenol 4-Methyl-2,6-dimethoxyphenol 4-Ethyl-2,6-dimethoxyphenol 4-Vinyl-2,6-dimethoxyphenol 4-Propyl-2,6-dimethoxyphenol (4-propylsyringol) 4-Hydroxy-3,5-dimethoxybenzaldehyde 1-(4-Hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-ethanone 1-(4-Hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-2-propanone
Pirocatecol e Derivados	1,2-Benzenediol (catechol) 1,4-Benzenediol (hydroquinone) 3-Methoxy-1,2-benzenediol 3-Methyl-1,2-benzenediol 4-Methyl-1,2-benzenediol 4-Ethylbenzenediol
Derivados de Carboidratos	1,6-Anhydro- α -D-galactofuranose 1,6-Anhydro- α -D-galactopyranose 1,6-Anhydro- β -D-mannopyranose
Compostos Terpénicos	Camphor Terpinen-4-ol 5-Hydroxy-1,8-cineole 2H-1-Benzopyran-2-one
Compostos Nitrogenados	2-Methylpyridine 3-Methylpyridine 3-Methoxypyridine 1,3-Dimethyl-1H-pyrazole 2-Ethyl-6-methylpyridine 2-Methyl-3-pyridinol

A fabricação e utilização do extrato pirolenhoso é muito antiga. Na China existem relatos de sua utilização há milênios atrás e na Índia foi muito utilizado para curar

doenças. Na Europa, século XVII, já havia destilação seca de madeira para produção de alcatrão, com relato de aproveitamento do líquido pirolenhoso. O início da produção do extrato pirolenhoso em maior quantidade ocorreu a partir de 1813 na Inglaterra, para ser utilizado na coloração do linho. Uma monografia produzida pela Sociedade Britânica para a História da Ciência (BSHS, 1988) enumera três companhias produzindo o ácido pirolenhoso em 1820 na Inglaterra e aponta para a introdução dos destiladores para a produção do extrato pirolenhoso em 1826. Em 1941, já havia oito companhias produzindo o extrato pirolenhoso com grandes lucros (CAMPOS, 2007).

Na revisão feita por CAMPOS (2007), uma série de informações sobre o EP foi observada, para compor sua história no mundo e, de forma resumida e clara, mostra que a divulgação das primeiras pesquisas com o extrato pirolenhoso deu-se no Japão, datando de 1874. Em 1893, as pesquisas experimentais visavam à construção de fornos, técnicas de carbonização para obtenção de óleo de terenbentina e alcatrão. Após a Segunda Guerra, em 1944, iniciou a utilização do extrato pirolenhoso nas lavouras. Em 1945, foi publicado o primeiro livro, intitulado “Fabricação e Utilização do Extrato Pirolenhoso”, por Tatsujiro Fukuda, com relatos interessantes sobre a eficiência do extrato pirolenhoso na cultura do arroz, sendo utilizado contra pragas e pássaros e no processo de compostagem e esterilização.

Em uma revisão realizada por GOOS (1952) e citada em CAMPOS (2007), foram listados 213 compostos diferentes presentes no extrato pirolenhoso, apontando-se a predominância do ácido acético. YASUHARA (1987) identificaram 118 compostos fenólicos voláteis em extrato pirolenhoso proveniente da madeira de *Larix kaempferi* e *Sasa kurilensis*. Em documento de 1987, da FAO, o extrato pirolenhoso bruto foi descrito como um “condensado cru” que consiste principalmente de água. O documento o descreveu como um líquido corrosivo, nocivo, altamente poluente e que deve ser trabalhado corretamente e com muito cuidado para se ter um bom produto com garantia de qualidade para a venda e uso. No entanto, o EP não tem até o momento, definições para o seu controle de qualidade, no qual poderiam ser especificados alguns componentes e principalmente a tecnologia de produção utilizada. HIGASHINO et al. (2005) verificaram que em um total de quinhentos e cinquenta e uma amostras de

extratos pirolenhoso, as proporções e reprodutibilidade dos constituintes de destilados de extrato pirolenhoso produzidas por um método de destilação controlada mostraram-se padrão em 15 compostos. Estes resultados sugerem a possibilidade de estabelecer uma especificação oficial para extrato pirolenhoso destilado, com maior controle de qualidade (CAMPOS, 2007), junto à devida faixa de temperatura para sua obtenção.

Recomenda-se seguir rigorosamente a orientação técnica para a produção, seguindo corretamente as etapas de produção, que vão desde a construção dos fornos e da temperatura utilizada na coleta do extrato na saída dos fornos até a madeira a ser utilizada, para evitar a alta concentração de alcatrão e outros compostos tóxicos, que poderão inviabilizar o produto para utilização na agricultura. As técnicas de separação destes produtos são eficientes e, quando seguidas corretamente, permitem obter um produto de boa qualidade e livre de riscos. Dessa forma as impurezas são eliminadas e alguns “mitos” sobre o produto, como ser cancerígeno e um poluente, podem deixar de existir.

Segundo BROWN & VAN STADEN (1997), durante o processo de combustão lenta de material derivado de plantas secas ou verdes, muitos compostos solúveis em água e promotores da germinação são obtidos. Para a disponibilização desses princípios ativos é necessário que a fumaça passe na saída do forno com temperaturas ao redor de 160⁰ a 200 ⁰C, pois os compostos serão volatilizados em temperaturas mais elevadas (JÄGER et al. 1996), afetando diretamente a qualidade do produto. No Brasil, a produção de EP segundo MIYASAKA et al. (1999) e CAMPOS (2007), tem como recomendação a observação da temperatura nos 5 cm abaixo do topo no interior da primeira chaminé, que deve estar em torno de 82 a 90 ⁰C, no início do processo, quando é obtido um EP de qualidade inferior e que precisaria ser melhorado pelo processo de destilação e quando as temperaturas estiverem entre 85 a 160 ⁰C, tem-se um EP de qualidade superior, que poderá ser utilizado para os diversos fins, após decantação e destilação. Porém, quando as temperaturas estiverem acima de 160 ⁰C, deve-se encerrar o processo. Nessa condição, o produto principal é o carvão vegetal e não o EP, mas quando a produção for voltada para o EP, deve-se resfriar o forno,

quando necessário, para manter a temperatura em torno de 90 a 160 °C por mais tempo.

Este fato confirma a relação preconizada por BROWN & VAN STADEN (1997), sobre a máxima temperatura que se pode chegar para obter um bom produto e, a partir dessas condições de temperatura começar a se pensar em uma padronização, que tem sua concepção mais importante do que se comparado ao uso de madeiras de espécies diferentes no processo. As Figuras 2, 3 e 4 demonstram o processo de produção de carvão vegetal e a extração do extrato pirolenhoso, com controle de temperatura, garantindo um produto de qualidade.

PRESTON & BALDWIN (1999) ressaltaram que depois de constatada a importância do processo de combustão, pode-se inferir que os componentes bioativos da fumaça de origem vegetal são derivados da celulose ou hemicelulose, constituintes da parede celular e formadora da lignina.

Apesar de não ser conhecido completamente, e quais os efeitos e ações dos diferentes compostos presentes nos extratos derivados da fumaça, alguns autores como BROWN & VAN STADEN (1997), ROCHE et al. (1997), SENARATNA et al. (1999), VAN STADEN et al. (2000), GARDNER et al. (2001) relataram que sua ação na germinação de sementes é conhecida amplamente e utilizada de diversas maneiras. Tais autores sugeriram, ainda, que o(s) princípio(s) ativo(s) na fumaça poderia se comportar de maneira semelhante àqueles responsáveis por regular o crescimento em plantas. Desse modo, os estudos com os derivados de fumaça têm mostrado que soluções líquidas de fumaça (EP) apresentaram respostas hormonais, com evidências em muitas espécies e interação com giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno em sementes (VAN STADEN et al., 2000).



Figura 2. Processo tecnificado para obtenção de carvão vegetal e extrato pirolenhoso (EP) de qualidade. **A:** Forno de encosta e tubulação para processo de condensação da fumaça (36 m); **B:** Controle da temperatura na saída da primeira chaminé do forno e captação da fumaça; **C:** Coleta do EP (bruto) e **D:** Carvão vegetal pronto para uso. Fonte: Fernando Sá (Adaptado por SILVEIRA, 2010).

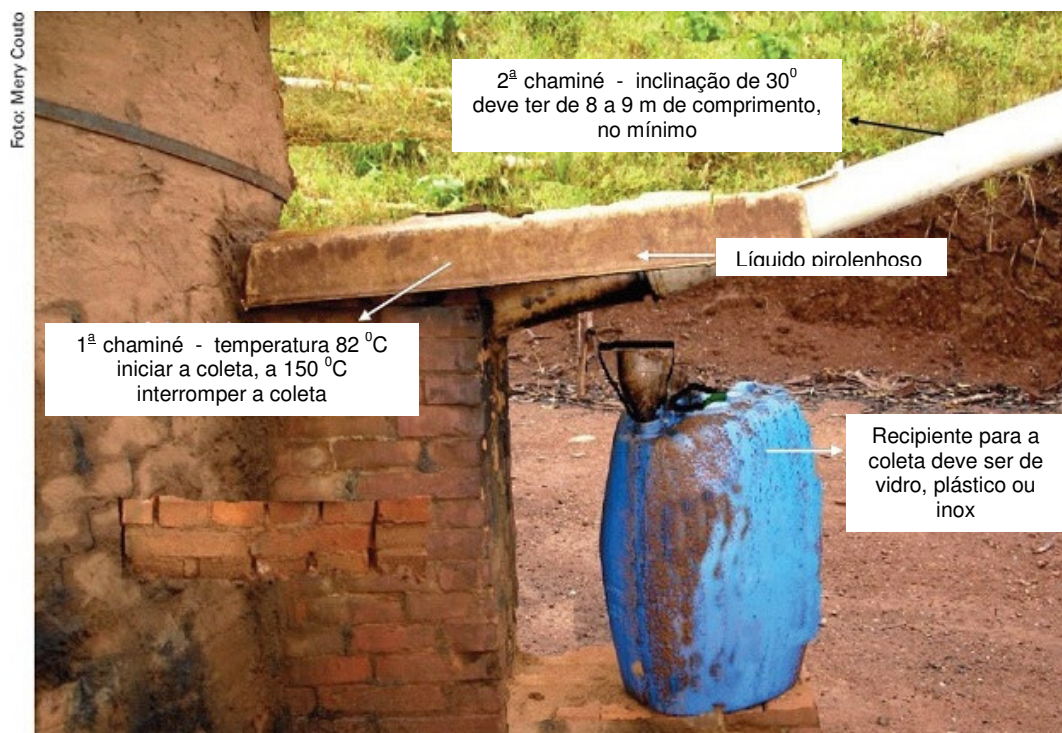


Figura 3. Adaptação de um forno para a produção de extrato pirolenhoso. Primeira chaminé de tijolos e controle da temperatura no início da coleta; Segunda chaminé de 8 m de comprimento para a condensação da fumaça. Fonte: CAMPOS, 2007.



Figura 4. Detalhes da posição de uma chaminé para a produção e coleta de extrato pirolenhoso. Fonte: CAMPOS, 2007.

Além dessas considerações, FLEMATTI et al. (2004) e VAN STADEN et al. (2004) isolaram um composto derivado da celulose, durante o processo de carbonização da madeira, que promove (ou incrementa) a germinação de diferentes espécies, de forma semelhante aos extratos derivados da fumaça (EP), classificado como um composto orgânico, chamado de butenólídeo (3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one) – *composto [1]*. Esse composto propiciou ação sinérgica no processo de germinação em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e de duas ervas (*Conostylis aculeata* e *Stylidium affine*) de origem australiana. KULKARNI et al. (2006) e VAN STADEN et al. (2006) utilizaram o *composto [1]* que quando comparado com os extrato derivado de fumaça, proporcionou aumentos na germinação e no vigor de plântulas de tomate e milho, respectivamente. Ainda nessas condições, tanto o extrato quanto o composto foram superiores aos tratamentos controles ($p < 0,05$).

A identificação do *composto [1]* permite aprofundar as pesquisas para a aplicação da tecnologia de uso dos extratos derivados da fumaça em uma variedade de hortaliças e culturas agrícolas, incluindo o milho. Esta questão é importante, pois se tornaria fato para o estabelecimento das plantas em campo de forma adequada, principalmente em regiões onde se tem alguns entraves para produção vegetal (MURUNGU et al. 2003 e 2005; FINCH-SAVAGE et al., 2004), como os custos de implantação que, quando do uso de produtos de origem vegetal, tendem a ser diminuídos. Além do *composto [1]*, FLEMATTI et al. (2009) isolaram outro composto análogo a esse, conhecido como 3,5-dimethyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one [3], com modificações nos radicais alquilas, sendo também um promotor da germinação.

Porém, não há relatos na literatura nacional sobre as funções e a presença dos compostos envolvidos nos processos de aumentos da germinação, vigor e estabelecimento das plantas em campo, para as diversas culturas com uso de extrato pirolenhoso. No entanto, os efeitos observados no desenvolvimento inicial de determinadas culturas já foi relatado na literatura internacional e indicam que há uma ação estimuladora na solução aquosa desses extratos, possibilitando o uso na agricultura.

2.2 USOS DO EXTRATO PIROLENHOSO NA AGRICULTURA

A aplicação de produtos que contenham substâncias capazes de exercer efeitos na germinação e no vigor de sementes, e conseqüentemente, no estabelecimento das plantas em campo, pode ser uma alternativa para potencializar as suas respectivas produções. Produtos advindos de fontes renováveis têm sido estudados na tentativa de uso na agricultura, como no caso do extrato pirolenhoso, possibilitando incrementos na produção das culturas agrícolas (DE LANGE & BOUCHER, 1990; SHIRAKAWA et al., 1993; UDDIN et al., 1994; JÄGER et al., 1996; VAN STADEN et al., 2000; TSUZUKI et al., 2000; MU et al., 2003; FLEMATTI et al., 2004; VAN STADEN et al., 2006; DEMIR et al., 2009; FLEMATTI et al., 2009; NELSON et al., 2009; MU & KU, 2010; LIGHT et al., 2010).

Atualmente, os principais países produtores de extrato pirolenhoso são o Japão, China, Indonésia, Malásia, Brasil e Chile, incluindo outros no Sudeste Asiático e na América do Sul (CAMPOS, 2007). No Brasil sua utilização na agricultura é recente e vem atraindo a atenção de pesquisadores e técnicos, como alternativas de usos de um produto oriundo de fontes renováveis.

Alguns trabalhos com uso de extrato pirolenhoso corroboram com uso do produto para na agricultura, principalmente com destaques para os incrementos na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas. ICHIKAWA & OTA (1982) estudando o efeito do EP no crescimento de plântulas de arroz, observaram que o tratamento do solo com produto promoveu crescimento da parte aérea das plântulas e aumentou o seu peso fresco, à medida que se aumentava as doses de EP, avaliados aos 13 dias após a semeadura ($p < 0,01$). Em relação ao desenvolvimento do sistema radicular, este foi favorecido com uso de EP, apresentando aumentos significativos em função do aumento da dose, que propiciava um maior número de novas raízes emitidas ($p < 0,01$). SHIRAKAWA et al. (1993) também relataram efeito positivo na atividade fisiológica de plantas de arroz com a aplicação de extrato pirolenhoso no solo. De acordo com TSUZUKI et al. (2000), os resultados em laboratório com plantas de arroz em solução nutritiva revelaram que o extrato pirolenhoso induziu a formação e alongamento de

novas raízes e que, segundo os autores a ação do produto deve ser hormonal. Esse fato se completa com as observações que foram encontradas por ICHIKAWA & OTA (1982).

DU et al. (1997) estudando a concentração de sacarose em melão (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.), após terem realizado cinco experimentos em três locais diferentes, no Japão, com uso de “Sannekka E” (uma mistura de carvão com extrato pirolenhoso), observaram aumentos significativos na concentração de sacarose do fruto de melão. UDDIN et al. (1995), em cultivo de cana-de-açúcar, ao estudarem os efeitos de Sannekka E sobre a taxa de brotação, número de colmos, comprimento de colmos, diâmetro de colmos, rendimento de colmos, conteúdo de açúcar e rendimento de açúcar, no período de agosto de 1991 a abril de 1993, em cultivo de verão (no Japão), observaram uma taxa de germinação superior a 8% ($p < 0,05$) quando relacionado com o tratamento controle (sem a mistura). Porém, não houve diferença significativa quanto ao número e diâmetro de colmos. No entanto, foram observados aumentos em torno de 14 – 26% em relação ao tratamento controle quando comparados e analisados o comprimento de colmo. Com relação ao conteúdo (%) e rendimento (kg m^{-2}) de açúcar, todas as doses da mistura mostraram-se superiores ao tratamento controle, diferindo-se significativamente entre si em função das quantidades utilizadas de “Sannekka E” ($p < 0,05$). Este fato permite questionar sobre a(s) melhor(es) dose(s) para as diferentes aplicações do produto na agricultura e nas diferentes culturas, como sendo uma informação de grande importância.

Os autores ressaltaram que esses aumentos foram garantidos pelo maior número de perfilhos devido à maior brotação e conservação dos mesmos durante o desenvolvimento da cultura, quando tratada com “Sannekka E”, porém os efeitos específicos da mistura ainda não foram explicados, mas corroboraram com outros estudos, como os realizados por UDDIN et al. (1994 e 1995), com cana e TSUZUKI et al. (2000) com arroz, nos quais esses autores observaram que devido ao maior incremento e formação de novas raízes, quando aplicados os tratamentos com EP, dava-se possibilidade para aumentos do crescimento e desenvolvimento das plantas,

permitindo maior estabelecimento na fase pós-germinação, já que as raízes são responsáveis pela translocação de água e nutrientes nas plantas.

BROWN & VAN STADEN (1998) realizaram um pré-tratamento nas sementes de flores nativas da África do Sul (*Syncarpha vestita* e *Rhodocoma gigantea* - espécies com uso característico para paisagismo) embebidas numa solução de EP (1:20; v/v) durante 24 horas e, em seguida, foram mantidas a 18 °C por mais 24 horas. Após o pré-tratamento, as sementes foram acondicionadas em embalagens seladas de polietileno a 18 °C, sendo as avaliações realizadas em diferentes períodos de armazenamento: 0, 4, 8, 12, 16, 20, 36 e 52 semanas. As avaliações foram realizadas por meio do teste de germinação, sendo considerado plântulas normais àquelas que atingiam 2 mm de comprimento da radícula. Os autores observaram que as sementes tratadas com EP mantiveram sua viabilidade ou apresentaram valores de germinação maiores durante os diferentes períodos de armazenamento, quando comparados ao tratamento controle (sem EP), para ambas as espécies ($p < 0,05$), existindo um incremento na germinação devido à interação do produto com as giberelinas e citocininas durante o processo germinativo e de crescimento, cujo EP seria um aditivo às ações hormonais, principalmente quando as sementes são postas para embeber anteriormente. Além disso, o armazenamento à temperatura relativamente baixa (18 °C) e em recipientes selados permitiu que os compostos voláteis do EP não fossem perdidos.

BROWN et al. (1994) e BROWN & VAN STADEN (1997), também associaram o pré-tratamento das sementes com EP a um possível efeito junto às giberelinas como promotor da germinação de várias espécies. VAN STADEN et al. (1995) observaram que os extratos de fumaça derivadas de plantas (EP) agiam de forma semelhante ao efeito de luz vermelha na germinação de sementes de alface sensível à luz (*Lactuca sativa* cv. Grand Rapids Waldmann M1) e superava parcialmente o efeito inibitório de luz na faixa do vermelho-extremo (faixa dos 730 nm). Dessa forma, a interação entre o EP e giberelinas (GA₃), citocininas, ácido abscísico (ABA) e etileno (ethefon - Ethrel®) foi investigada e os resultados demonstraram que o extrato agiu sinergicamente com GA₃ e aumentou a sensibilidade das sementes de alface ao ABA, parecendo ser

provável que o extrato afeta a permeabilidade da membrana ou a sensibilidade do receptor ao invés de influenciar na ação do fitocromo dessas sementes.

VAN STADEN et al. (2000) relataram que o EP pode ser utilizado imediatamente antes da semeadura ou pode ser utilizado em pré-tratamento nas sementes para posterior armazenamento, desde que sejam respeitadas as condições apropriadas para armazenagem e posterior semeadura. Esses autores comentaram que os compostos promotores da germinação são voláteis e termoestáveis e, além disso, o EP será mais responsivo quando adicionado em condições adequadas de germinação, levando-se em consideração aspectos extrínsecos como a temperatura e a presença ou ausência de luz e afirmam que esses compostos ainda dão a possibilidade de armazenamento para usos posteriores, o que é um fator importante para o aspecto técnico, com destaque para a comercialização ou mesmos para uso em pesquisas durante um período prolongado de tempo. Com relação às interações químicas entre o EP e hormônios promotores da germinação, os autores ressaltaram que o EP atua como um “gatilho” provável que participa no fornecimento de energia para iniciar o processo de germinação.

Segundo os mesmos autores, os aumentos na germinação de sementes de alface, aipo, de flores silvestres e a quebra da dormência em sementes de espécies silvestres, em baixas concentrações (1:50 - v/v), com EP aplicado às sementes em pré-tratamento, possuem um efeito de concentração muito claro, assemelhando-se às respostas hormonais. MU et al. (2003) utilizando extrato pirolenhoso de bambu (*Phyllostachys pubescens*), em concentrações diluídas com água destilada (10^2 - 10^7 vezes) também observaram um aumento sobre a velocidade de germinação e crescimento radicular em sementes de alface, agrião e crisântemo, ressaltando as considerações de uso em função das concentrações empregadas do produto.

Dessa forma, depois de observados os efeitos nas espécies nativas, e a comprovada presença de compostos nos extratos, o uso potencial da tecnologia de extratos derivados da fumaça de plantas expandiu-se para os vários campos agrícolas, incluindo as culturas cultivadas comercialmente (LIGHT & VAN STADEN, 2004).

MODI (2002 e 2004) em estudo sobre cultivares de milho tradicional, observou que as sementes das espigas quando submetidas a soluções de fumaça resultavam em plântulas mais pesadas e mais altas do que as não tratadas. Isto indica o envolvimento dos extratos em estimular o crescimento do milho. Além disso, SPARG et al., 2005 indicaram que o efeito dos extratos derivados de fumaça se estende para um aumento na germinação e vigor de plântulas. BLANK & YOUNG (1998) relataram que o extrato melhorou o surgimento e crescimento de mudas de gramíneas.

A exposição de sementes aos extratos e o estímulo da germinação de uma série de espécies de plantas, fez com que as pesquisas se aprofundassem nesse sentido. FLEMATTI et al. (2004) isolaram um composto promotor de germinação presente em extratos de plantas e derivado da celulose, conhecido como um butenolídeo, o 3-methyl-2*H*-furo[2,3-*c*]pyran-2-one (*composto [1]*). Esse composto incrementou a germinação de um número de espécies de plantas em um nível semelhante ao observado com uso dos EP. O *composto [1]* é estável em altas temperaturas (ponto de fusão 118-119 °C), solúvel em água e ativo em uma ampla gama de concentrações (até 1 ppt), mas ainda não é compreendido como promove a germinação ou interage com hormônios em plantas (VAN STADEN et al., 2006), apesar do efeito observado.

A identificação do *composto [1]* possibilitou o aprofundamento das pesquisas, de tal forma a se investigar sobre as aplicações dos extratos derivados da fumaça, como mais uma tecnologia, porém de fonte renovável, para uma série de espécies de hortaliças e culturas agrícolas, incluindo o milho. Esses estudos estão sendo feitos para melhorar o condicionamento das sementes para a rápida emergência, para o melhor estabelecimento do estande de plantas por área, para maior tolerância à seca, melhor floração e colheita (HARRIS et al., 1999), os quais são os principais entraves para a produção vegetal, principalmente em relação à cultura do milho, que pode ser influenciada pelos fatores citados. Assim, há necessidade de se avaliar o uso dos extratos nas culturas agrícolas e seu efeito nas fases iniciais de cultivo ou durante todo o seu ciclo. Porém, tal fato ainda não foi observado na maioria das pesquisas, talvez devido à importância dada ao efeito em sementes, até então.

RODRIGUES et al. (2002), investigando os efeitos de diferentes concentrações do EP (forma não diluída, 10, 20, 40 e 60 vezes de diluição) em milho, observaram que a aplicação na forma não diluída resultou em baixa taxa de sobrevivência de plantas (39,4%) e as plantas sobreviventes tiveram vários perfilhos, resultando na diminuição da área foliar, do número de dias da semeadura à floração, do rendimento e da produção de grãos. A aplicação do líquido pirolenhoso em 20 vezes de diluição propiciou maior rendimento de grãos, enquanto esse rendimento foi menor em plantas irrigadas com o líquido puro. Dessa forma os autores ressaltaram que o seu melhor potencial é, provavelmente, como um agente que pode influenciar nos atributos químicos do solo, principalmente em solos com pH elevado (alcalinos), onde a disponibilidade de micronutrientes pode ser afetada, desde que em concentrações adequadas.

Com objetivo de avaliar a aplicação do Extrato Pirolenhoso (EP) na cultura do milho, RONCHI FILHO (2005), aplicando 3 doses (0, 3 e 6 t ha⁻¹) de fino de carvão (FC) no solo e 3 doses (0%, 0,5% e 1,0%) de extrato pirolenhoso (EP), no solo e via foliar, com produto comercial conhecido como BIOPIROL[®](Biocarbo, Itabirito – MG), compondo 9 tratamentos, avaliou o efeito do EP no desenvolvimento e nos fatores de produção da cultura do milho em campo. O EP influenciou significativamente na altura da planta, mas não afetou os fatores de produtividade considerados para avaliação (diâmetro de colmos, número de fileiras por espiga, número de grão por fileira e peso dos grãos), assim como o FC que propiciou aumentos nesses fatores, mas sem alterar a produtividade (p<0,05).

SPARG et al. (2006) avaliaram os efeitos dos extratos derivados da fumaça em dois experimentos, utilizando sementes de milho (variedade PAN 6479). No primeiro foi aplicado em pré-tratamento nas sementes o EP via líquida nas concentrações de 1:250 (1mL de EP:250 mL de água destilada), 1:500, 1:1000 e 1:2000) e no segundo, via exposição direta à fumaça em um forno pré-moldado, por 30, 60 e 90 minutos ficando as sementes expostas sob peneiras e antes de serem semeadas foram divididas em dois lotes, sendo um com sementes tratadas e não lavadas e outro com as sementes tratadas e lavadas duas vezes em água destilada, na quantidade de 1 litro por vez. No

primeiro experimento, foram observados efeitos na germinação, com valores médios de 92,5% para as concentrações de 1:500, 1:1000 e 1:2000, em relação a concentração 1:250 e a testemunha (sem EP), que apresentaram valores médios de 72,5% ($p < 0,05$). Quanto ao índice de vigor, determinado conforme DHINDWAL et al. (1991) citado por SPARG et al. (2005), observou-se diferença significativa para as concentrações de 1:500, 1:1000 e 1:2000 com índices de 3361, 2789 e 2597, respectivamente em relação a concentração 1:250 e a testemunha (sem EP), que apresentaram índices menores, com 1124 e 1165, respectivamente ($p < 0,05$).

No segundo experimento, SPARG et al. (2006) observaram efeitos significativos apenas para a exposição das amostras que compunham o lote de sementes exposto por 30 minutos na fumaça e lavados, com valores médios de germinação e vigor, iguais a 90,0% e 3860 respectivamente, diferindo-se dos demais tratamentos. O tempo de exposição de 90 minutos proporcionou os menores resultados quanto aos valores de germinação e vigor, com valores médios de 61,2% e 2418 (sementes lavadas) e 1028 (sementes não lavadas) respectivamente, com $p < 0,05$.

VAN STADEN et al. (2006) observaram efeitos positivos na germinação de sementes de tomate, quiabo, feijão e milho, melhorando o vigor de plântulas e acelerando o crescimento das mesmas. Para isto, foram colocados em placas de Petri de 9 cm, utilizando-se duas camadas de papel de filtro (Whatman n^o 1) umedecido com 5 mL de água destilada ou das soluções testes (1:500, EP:Água ou 10^{-7} M do butenolide (*composto [1]* => 3-metyl-2H-furo [2,3-c] piryran-2-one). Todos os experimentos foram repetidos duas vezes. No final de cada experimento, os parâmetros de crescimento avaliados foram: porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea, da raiz e massa seca plântulas. O vigor das plântulas foi determinado pelo índice de vigor (vigor index=VI), onde: $VI = (\text{comprimento da parte aérea} + \text{comprimento da raiz}) \times \text{porcentagem de germinação}$. As médias foram avaliadas pelo teste F ($p < 0,05$). Para todas as espécies testadas, tanto o EP quanto o *composto [1]* apresentaram diferença significativa em relação à testemunha e promoveram a germinação e o vigor, sendo que para o tomate e feijão, o *composto [1]* apresentou valores médios superiores aos obtidos pelo EP ($P < 0,05$), levando os autores a ressaltarem que tanto o EP quanto

o *composto [1]* podem estimular o alongamento ou a divisão celular, devido às diferenças no crescimento das plântulas.

Os mesmos autores, além do trabalho com sementes, também observaram o desenvolvimento inicial de plantas de milho cultivadas em vasos. Foram utilizados 4 tratamentos: pré-tratamento (embebição) das sementes com EP na concentração de 0,2% (1:500; v/v) por uma hora; pré-tratamento (embebição) das sementes com solução contendo o *composto [1]* a 10^{-7} M (butenolídeo) em água por uma hora; pré-tratamento (embebição) das sementes com água por uma hora (controle); pré-tratamento do solo (umedecimento) com solução contendo 250 mL de EP (0,2%). No entanto, os autores não revelaram a quantidade de EP e do composto contendo butenolídeo, assim como da quantidade de água, que foram adicionadas nas sementes em pré-tratamento. Após 30 dias, as plantas foram analisadas por meio do peso fresco e seco das raízes e da parte aérea. O tratamento com butenolídeo nas sementes apresentou valores médios maiores em relação ao tratamento controle ($p < 0,05$), mas não diferiu dos tratamentos com EP nas sementes e no solo.

ALVES (2006) estudando os efeitos da aplicação de fino de carvão sobre os atributos químicos do solo e o efeito da aplicação fino de carvão (FC) e extrato pirolenhoso (EP) sobre a absorção de macro e micronutrientes por plantas de milho, cultivadas em vaso, relatou que há carências de informações científicas sobre o efeito desses produtos no solo e nas plantas, inclusive sobre as doses a serem utilizadas em condições de clima tropical. A autora utilizou um esquema fatorial com cinco doses de FC (0; 3; 6; 12 e 24%) e duas doses de EP (0 e 2%) aplicados num volume de solo de $3,2 \text{ dm}^3$, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Numa primeira etapa, avaliou-se a ação do FC nos atributos dos solos e logo após, utilizou-se dos mesmos para aplicação do EP (via solo), sendo as avaliações feitas aos 45 dias após emergência, cortando-se a parte aérea das plantas e secando-as em estufa a 65°C até peso constante, para determinação da massa seca, que posteriormente foi moída para análise de nutrientes. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Contudo, a aplicação de ambos os subprodutos levou a pequenas

variações nos atributos de fertilidade do solo, insuficientes para alterar a resposta de crescimento das plantas de milho.

ESECHIE et al. (1998), avaliaram o efeito do EP como fertilizante orgânico e estudando a aplicação do produto em plantas de sorgo sob cinco tratamentos (água, EP puro, 100, 50 e 25 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$) em seis aplicações, relataram que o extrato pirolenhoso puro provocou a morte de 60% das plantas, mas aquele com a dose de 50 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ propiciou maior produção de massa seca, área foliar e altura das plantas. Tal fato demonstra a importância de se continuar os estudos com os compostos derivados da fumaça e sua ação pós-germinação e nos diferentes ambientes de cultivo (campo e cultivo protegido), que ainda tem sido pouco explorado pelos pesquisadores, pois em determinadas situações de uso, pode-se ter uma resposta variável do EP.

Outro fato importante é como seria o efeito desses compostos em campo, sob condições ideais e adversas de cultivo. Nesse contexto, ZANETTI et al. (2003), com objetivo de avaliar o efeito do uso de fino de carvão no substrato e da aplicação de extrato pirolenhoso no substrato e na planta sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck cv. Limeira) cultivados em ambiente protegido, analisaram as plantas aos 150 e 180 dias após o plantio. O experimento constava de um delineamento em blocos casualizados, com análise em esquema fatorial 3 x 2 x 3, sendo: 3 proporções de fino de carvão (0, 100 e 200 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$) em mistura com substrato comercial, 2 concentrações de extrato pirolenhoso (0 e 20 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$) misturadas no substrato (240 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ de substrato) e 3 concentrações de extrato pirolenhoso (0, 5 e 10 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$) pulverizadas na parte aérea, em 4 repetições. As misturas de fino de carvão e substrato comercial contendo fino de carvão na proporção de 100 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ não influenciaram no desenvolvimento de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', porém na proporção de 200 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ prejudica o desenvolvimento dos mesmos. O umedecimento pré-plantio do substrato com solução diluída (20 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$) de extrato pirolenhoso ou pulverização da parte aérea das plantas com soluções a 5 e 10 $\text{cm}^3 \text{dm}^{-3}$ provoca redução do desenvolvimento de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo'.

ZANETTI et al. (2004) trabalhando em ambiente protegido, conduzindo porta-enxerto de limoeiro 'Cravo' (*C. limonia Osbeck* cv Limeira), contendo seis tratamentos e quatro repetições, em blocos ao acaso, com parcelas compostas por 24 plantas, sendo as 12 centrais dadas como área útil, cujos tratamentos eram constituídos por pulverização das soluções: T0 = água; T1 = solução de micronutrientes sem EP; T2 = solução de micronutrientes + EP ($1 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$); T3 = solução de micronutrientes + EP ($2 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$); T4 = solução de micronutrientes + EP ($5 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$); T5 = solução de micronutrientes + EP ($10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$), observaram que a adição de extrato pirolenhoso a uma concentração de $10 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$ em solução contendo micronutrientes, aumentaram a absorção de Cu e Mn pela parte aérea das mudas, além do que as concentrações contendo EP aumentaram a absorção das raízes por Ca (g kg^{-1}) e diminuíram a absorção das mesmas por Fe (mg kg^{-1}). Segundo PEDRAS et al. (1989) e MALAVOLTA et al. (1997), a eficiência da adubação foliar pode ser influenciada por diversos fatores, dentre os quais se destacam: o ambiente (luz, temperatura e umidade); fatores intrínsecos à própria planta (superfície foliar, cutícula e idade da folha), e a solução (composição, pH, carga, forma e concentração dos nutrientes).

SOUZA-SILVA et al. (2006) testaram o emprego do EP em mudas de clone de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), recebendo adubação concentrada (50 e 100% da recomendação) e EP em diferentes concentrações (0,0%, 0,1%, 0,2%, 0,5%, 1,0% e 2,0% - v/v), durante 45 dias, com uma frequência de três aplicações por semana, via água de irrigação. Os autores avaliaram a altura das plantas, o diâmetro do colo, a massa seca da parte aérea, a massa seca radicular e o potencial de crescimento radicular das mudas. Nessas condições, as concentrações de EP utilizadas não contribuíram para melhoria da qualidade das mudas e o aumento da concentração de EP propiciou diminuição do diâmetro do caule, da massa seca da parte aérea, da massa seca radicular e do potencial de crescimento radicular das mudas. No entanto, quando se utilizou 100% da recomendação de adubação junto com EP, em comparação com 50%, esses valores foram maiores ($p < 0,05$). É válido ressaltar que o bom desempenho de uso do EP está vinculado às condições adequadas de produção e, provavelmente, a diminuição da adubação recomendada (50%) pode ter

inibido o efeito do EP ou, se esse tivesse ocorrido, não poderia ser avaliado nas condições propostas no experimento.

Ao estudar o efeito do extrato pirolenhoso (EP) em substratos incorporados com finos de carvão vegetal (FC), na germinação e no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, em condições de campo, PORTO et al. (2007) relataram que o EP não provocou redução ou efeito negativo tanto na germinação como no desenvolvimento das mudas e que a utilização do extrato pirolenhoso, incorporado nos substratos juntamente com fino de carvão, e a pulverização na parte aérea das plantas, proporcionou resultados satisfatórios para ambos os parâmetros estudados. No entanto, a credibilidade do estudo fica comprometida por não ter sido realizada análise estatística, o que dificulta as conclusões.

A partir dessas informações, é válido ressaltar que o uso e doses dos extratos derivados da fumaça (EP) podem contribuir ou não para incrementos diversos, como promotores da germinação, do vigor e do desenvolvimento inicial das plantas, pois o EP tem suas ações sendo influenciadas pela maior ou menor presença de compostos bioativos na sua composição de modo que, quando equilibrados na solução, tendem a promover incrementos no desenvolvimento inicial das plantas (YATAGAI & UNRININ, 1989).

No entanto, doses de EP entre 0,5 e 1,0 % (v/v), 5 e 10 cm³ dm⁻³ ou diluídas 10² vezes, em aplicações foliares, podem causar retardo no desenvolvimento vegetal, como uma ação herbicida e até injúrias, devido à acidez elevada do EP, sendo que o mesmo não é verdadeiro quando as concentrações são aplicadas no solo ou em substratos específicos. Estudos sobre aplicação de doses, da qualidade e do processo de obtenção do EP mostram-se importantes, pois há influência direta nos resultados experimentais, devido a diferenças nas composições e comportamentos desses compostos, como por exemplo, variação no pH, tornando o produto mais ou menos ácido ou a produção em temperaturas na saída do forno superiores a 160 °C, quando ocorre a perda de muitos compostos voláteis, propiciando um EP de qualidade inferior.

Em condições de uso sob concentrações superiores a 0,5% (v/v) de EP, via aplicações foliares, foi observado efeito herbicida do produto. MAEKAWA (2002)

verificou que a aplicação do EP, na diluição de 1 a 10 vezes (10% - v/v), promoveu o controle de plantas daninhas e possibilitou a melhora do crescimento da cultura subsequente. SAIGUSA (2002) comentou que o efeito ativador ou inibidor do EP sobre os organismos vivos depende de sua concentração e, ainda, ressalta que os efeitos residuais ou duradouros dependem da qualidade e do tipo de madeira que deu origem ao produto. Por isso a variação das doses ou concentrações de EP para avaliação dos seus efeitos é de suma importância para as pesquisas futuras, não devendo utilizar-se apenas da sua presença ou ausência como tratamentos. Além disso, a questão do efeito herbicida do produto ainda não tem demonstrado interesse pelos pesquisadores, mas certamente será uma nova opção para o desenvolvimento de trabalhos futuros com EP.

Outro tipo de emprego do EP na agricultura tem sido no controle de pragas e doenças, ressaltando a sua importância como um produto para fins de manejo, controle e condução das culturas, sem focar a sua eficiência no desenvolvimento ou na produção da cultura. NAKAOKA SAKITA & PERES (2006), obtiveram resultados positivos na utilização do EP em 50 espécies de plantas medicinais e principalmente na recuperação e desenvolvimento de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) atacada pela lagarta curuquerê-da-couve (*Asciamonute orseis*). ALMEIDA et al. (2000) testaram o ácido pirolenhoso a 0,3% (v/v) no controle de pulgões na cultura da acerola e, verificaram que 14 dias após as aplicações, houve diminuição da população deste inseto em relação à testemunha.

SOUZA-SILVA et al. (2005) observou que ao se utilizar fragmentos de mudas de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* tratados com EP nas concentrações de 0,1%; 0,2%; 0,5%; 1,0%; 2,0% (v/v) e a testemunha que se constituiu somente de água, por meio de pulverizações ou imersas e, posteriormente sendo oferecidas a uma colônia de *Atta sexdens rubropilosa* com livre chance de escolha entre tratamentos, com tempo de forrageamento de 1 hora, não causou efeito de inibição nas concentrações testadas, segundo análise estatística realizada pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade (SCOTT & KNOTT, 1974).

ALVES et al. (2007) estudaram a eficiência de diferentes preparações de extrato pirolenhoso sobre *Brevipalpus phoenicis*, ácaro vetor do vírus da leprose em plantas cítricas e observaram que ao utilizar EP destilado e EP decantado em diferentes concentrações (1:600, 1:300 (normalmente recomendadas segundo MAEKAWA, 2002), 1:150, 1:75, 1:38 e 1:19 – EP:água) e a ação dos mesmos após 24 e 48 horas da aplicação, os dois tipos de extrato pirolenhoso testados não apresentaram repelência significativa sobre os ácaros, induzindo a mortalidade significativa somente para concentrações acima de 1:150, com efeito mais pronunciado para o EP destilado com aumento na mortalidade de 24 para 48 horas após a aplicação ($p < 0,05$).

O EP tem sido utilizado também como desinfetante de solo (DORAN, 1932), nematicida (CUADRA et al., 2000 e CORBANI, 2008) e fungicida (NUMATA et al., 1994; FURTADO et al., 2002; PANSIERA et al., 2002).

Nos estudos de CORBANI (2008), com uso do extrato pirolenhoso Biopiról[®] no manejo de nematóides em cana-de-açúcar, olerícolas e citros, em diferentes ambientes, com as concentrações variando de 0,5% até 2,0%, sobre a eclosão e atividade dos nematóides in vitro e nos experimentos a campo, as concentrações do produto variaram de 0,5% até 8,0% (v/v). O autor observou a redução na eclosão de juvenis de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e de *Tylenchulus semipenetrans* “in vitro” e, em condições controladas, ocorreram reduções na formação de galhas de *M. incognita* e *M. javanica* em raízes de tomateiro ($p < 0,05$). No entanto, em condições de campo, o EP não foi eficaz para a redução da população de *Pratylenchus zeae* e *Meloidogyne* sp. em cana-de-açúcar e na redução da população de *Tylenchulus semipenetrans* em laranjeira (Pêra-Natal) ($p < 0,05$). Além disso, nas concentrações inferiores a 8% (v/v), o EP não foi eficaz para a redução da população de *Rotylenchulus reniformis* e *M. incognita* em alface (Lucy Brown), sob condições de ambiente protegido ($p < 0,05$).

Vários autores têm destacado as potencialidades e aplicações deste produto, isoladamente ou de forma combinada. Porém, no Brasil as informações disponíveis carecem ainda do rigor científico, sendo essencial a caracterização de seus efeitos na planta e suas diferentes formas de aplicação, o que se caracteriza num entrave para seu uso.

Depois de constatada a possibilidade de uso do extrato pirolenhoso (EP) em sementes e no solo pela literatura internacional, o que no Brasil ainda não está muito bem caracterizado, devido ao pequeno número de trabalhos científicos desenvolvidos, torna-se importante obter informações de uso e de concentrações adequadas do produto para sua aplicação na cultura do milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP-FCAV) em Jaboticabal – SP. Foram realizados cinco experimentos com híbrido de milho DKB-950 (safra 2005/2006), em etapas distintas, durante o período de abril de 2007 a abril de 2009, utilizando concentrações diferentes do extrato pirolenhoso (EP) em aplicações nas sementes e aplicações via solo e foliares em diferentes estádios de desenvolvimento do milho.

O produto utilizado (EP) é comercializado com o nome de PiroQualis[®], sendo obtido da empresa Agrisá, localizada no município de Candido Mota – SP.

O EP utilizado é derivado do processo de carbonização da madeira de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), com idade em torno de 10 anos, para produção de carvão vegetal. O produto apresenta forma física líquida, com sua obtenção em temperaturas na saída dos fornos em torno de 90 a 160⁰C. A composição do EP foi determinada após análises realizadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT), Butantã, São Paulo – SP, com laudo expedido em 18 de agosto de 2006 (Quadro 3). As análises foram realizadas da seguinte forma:

- Análise qualitativa de compostos orgânicos por cromatografia em fase gasosa acoplada e espectrometria de massas (Procedimento IPT CMQ-LAQO-CG-004); Equipamento: Espectrômetro de massas – Shimadzu GC MS QP 5050;

- Análise quantitativa de compostos orgânicos por cromatografia em fase gasosa, método padrão interno (Procedimento IPT CMQ-LAQO-CG-005); Equipamentos: Cromatógrafo a gás – Thermo quest Trace GC 2000; Balança analítica, Mettler AB204-S; Certificado de calibração n^o 68517-101 do Laboratório de metrologia do IPT;

- Cálculo para determinação do fator de resposta para FID (Procedimento IPT CMQ-LAQO-CG-017); Equipamentos: Cromatógrafo a gás – Thermo quest Trace GC

2000; Balança analítica, Mettler AB204-S; Certificado de calibração nº 68517-101 do Laboratório de metrologia do IPT.

Quadro 3. Compostos determinados no extrato pirolenhoso (IPT, 2006).

Extrato Pirolenhoso (EP)	(%)
Água	96,00
Ácido acético	4,40
2,6-dimetoxifenol	0,30
Metanol	0,26
compostos não identificados	0,21
Ácido propanóico	0,13
Butirolactona	0,06
Resíduo mineral total	0,06
2-metoxifenol	0,05
1-hidroxi-2-propanona	0,03
furfural	0,03
acetato de metila	0,015
ácido butanóico	0,012
fenol	0,011
ácido octanóico	0,003
ácido decanóico	0,002

pH = 2,90; densidade = 1,02.

3.2 EXPERIMENTOS COM SEMENTES

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Produção Vegetal, sendo avaliado o efeito do EP na germinação e vigor das sementes. Para isso, utilizou-se como tratamento nas sementes uma solução

(10 mL kg⁻¹ de sementes) com cinco concentrações (tratamentos) diferentes de EP, assim representadas:

- # C1 => 0% - Sem aplicação de EP + 10 mL de água destilada;
- # C2 => 25% - Aplicação de 2,5 mL de EP + 7,5 mL de água destilada;
- # C3 => 50% - Aplicação de 5,0 mL de EP + 5,0 mL de água destilada;
- # C4 => 75% - Aplicação de 7,5 mL de EP + 2,5 mL de água destilada e;
- # C5 => 100% - Sem aplicação de água destilada + 10 mL de EP.

Segundo a empresa, a dose comercial para o produto é de 5 mL de EP kg⁻¹ de sementes. Dessa forma, a aplicação em solução contendo 10 mL (EP+Água) foi utilizada para facilitar a aplicação, homogeneizar e melhorar a distribuição do produto nas amostras de sementes, além de isolar o efeito do processo de embebição das sementes, o que poderia influenciar nos resultados, dando às amostras de sementes as mesmas condições para iniciarem a germinação. Nesta etapa, as sementes não foram tratadas com fungicida e inseticida.

3.2.1 AVALIAÇÕES

No primeiro experimento foram realizados os testes de: germinação (G); primeira contagem de germinação (PCG); índice de velocidade de emergência (IVE); comprimento de raízes (CPRZ), comprimento da parte aérea (CPPA) e comprimento de plântulas (CP); massa seca de raízes (MSRZ), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de plântulas (MS). Os testes, realizados em conjunto, foram dispostos em bancadas utilizando-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições.

Para a germinação foram utilizadas cinco subamostras (repetições) com 50 sementes cada, semeadas em caixas plásticas com dimensões 26x16x10 cm, contendo areia lavada e esterilizada, sendo acondicionadas em temperatura ambiente (25-30 °C), no LAS. Após quatro dias, realizou-se a primeira contagem de germinação (PCG), computando-se o número de plântulas normais, com os resultados expressos em

porcentagem. No sétimo dia, realizou-se a contagem final de germinação (G), determinando-se a porcentagem de germinação de plântulas normais (BRASIL, 1992). Junto a essas determinações, foram realizadas contagens diárias do número de plantas emergidas, obtendo-se o IVE, segundo MAGUIRE (1962), em que:

$$\text{IVE} = \text{E1/N1} + \text{E2/N2} + \dots + \text{En/Nn}, \text{ onde:}$$

IVE = índice de velocidade de emergência;

En= número de plântulas emergidas no dia de observação;

Nn = número de dias após a semeadura.

Em seguida, foi realizado o teste de comprimento das raízes (CPRZ), comprimento da parte aérea (CPPA) e o comprimento de plântulas (CP), a partir de dez plântulas normais de cada repetição, sendo a medição feita com o auxílio de uma régua milimetrada, com os resultados médios expressos em centímetros plântula⁻¹.

Posteriormente, as dez plântulas normais, foram separadas em raízes e parte aérea, sendo colocadas em sacos de papel e levadas à estufa, com temperatura de 65 °C, até obtenção de peso constante, determinando a massa seca de raízes (MSRZ), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de plântulas (MS), sendo realizada pesagem em balança de precisão de 0,001g e os dados expressos em miligramas por plântula.

No segundo experimento foi realizado o teste de emergência de plântulas em campo (EC), com o EP sendo aplicado às sementes de milho nas mesmas concentrações, com mesmo volume de solução, de acordo com o primeiro experimento. Logo após, realizou-se a semeadura em sulcos com 2,5 metros de comprimento a 0,05 metros de profundidade, distanciados entre si de 0,30 metros, utilizando-se 50 sementes em cada repetição (linha) e com uso de irrigação suplementar quando necessário. A emergência foi considerada na contagem do 21º dia após a emergência e os dados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas. Em conjunto, realizaram-se contagens diárias do número de plântulas emergidas para determinação do índice de velocidade de emergência em campo, com avaliações aos 7 (IVE7), 14

(IVE14) e 21 (IVE21) dias. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Nesta etapa de avaliação, os dados meteorológicos foram obtidos da estação agrometeorológica da UNESP/FCAV, segundo informações do Departamento de Ciências Exatas, em que as temperaturas mínimas, máximas e a precipitação acumulada foram de 16,5; 33,5 °C e 21,7 mm, respectivamente, para o mês de abril do ano de 2007.

As análises de variância, para os dois experimentos, foram realizadas pelo teste F, de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS Institute, 2002), sendo as médias dos resultados comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Nesta etapa, também foram determinados o coeficiente de correlação linear simples (r) de Pearson entre os testes utilizados e serão realizados os estudos de regressão para as concentrações testadas, quando houver diferença significativa entre os tratamentos com EP em relação ao tratamento sem EP.

3.3 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Tecnologia. O cultivo foi realizado em vasos de polietileno com volume de 7 dm³, sendo usado como substrato o Latossolo Vermelho Distroférico – LVdf (EMBRAPA, 2006), coletado na Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção da FCAV/UNESP. A amostra de solo da área apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) - 4,3; matéria orgânica – 6,0 g dm⁻³; P (resina) – 5,0 g dm⁻³; K - 0,4 mmol_c dm⁻³; Ca – 3,0 mmol_c dm⁻³; Mg – 2,0 mmol_c dm⁻³; H+Al – 18,0 mmol_c dm⁻³; SB – 5,4 mmol_c dm⁻³; CTC - 23,4 mmol_c dm⁻³ e V(%) - 23%. Posteriormente, foram realizadas a correção do solo, com 185 mg dm⁻³ de calcário calcinado (incubação prévia; PRNT = 127) e adubação do solo com 150 mg de N dm⁻³ de solo (uréia), 150 mg de P dm⁻³ de solo (super simples), 120 mg de K dm⁻³ de solo (cloreto de potássio), 0,5 mg de B dm⁻³ de solo (ácido bórico), 2 mg de Zn dm⁻³ de solo (sulfato de zinco), de acordo com NOVAIS et al. (1991) e FAQUIN et al. (2000). As plantas foram conduzidas até 55 dias após a emergência (DAE), que corresponde ao

estádio fenológico V₁₅ (início do aparecimento do pendão). Foram utilizados cinco tratamentos, compostos da seguinte forma, por vaso:

- # T1 => Sementes = 00% (10 mL kg⁻¹); Sem EP (testemunha);
- # T2 => Sementes = 25% (10 mL kg⁻¹); 0,5% de EP no solo e três aplicações foliares a 0,15% e uma a 0,2% - v/v);
- # T3 => Sementes = 50% (10 mL kg⁻¹); 1,0% de EP no solo e três aplicações foliares a 0,3% e uma a 0,4% - v/v);
- # T4 => Sementes = 75% (10 mL kg⁻¹); 1,5% de EP no solo e três aplicações foliares a 0,45% e uma a 0,6% - v/v) e;
- # T5 => Sementes = 100% (10 mL kg⁻¹); 2,0% de EP no solo e três aplicações foliares a 0,6% e uma a 0,8% - v/v).

Nas sementes repetiram-se os procedimentos dos tratamentos dados nos experimentos do item 3.2. Nos vasos, o EP foi aplicado no solo, em uma solução contendo 2000 mL de água destilada, de modo que fosse atingida a umidade correspondente à 60% da capacidade de campo (CC), sendo os vasos molhados diariamente. Para umedecer o solo até 60% da CC e iniciar o experimento, as aplicações de EP via solo foram realizadas, a exemplo, da seguinte forma: T1 = 2000 mL de água destilada/vaso; T3 = 20 mL de EP + 1980 mL água destilada (dose comercial) e T5 = 40 mL de EP + 1960 mL de água destilada, seguindo o mesmo raciocínio para os demais tratamentos. Após três dias da aplicação (mistura) do EP no solo, e do tratamento das sementes com a solução de 10 mL kg⁻¹, semeou-se 5 sementes por vaso, mantendo-se apenas 2 plantas mais vigorosas após desbaste (10 DAE). As pulverizações foliares foram realizadas nas plantas aos 10, 20, 30 e 40 DAE, com aplicador (borrifador), com volume de calda necessário para o completo molhamento da área foliar das plantas, sem escorrimento, sendo dado por tratamento e distribuído igualmente nos vasos. Os vasos foram dispostos em bancadas, utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições, sendo movimentados semanalmente.

3.3.1 AVALIAÇÕES

Aos 55 DAE foi analisada a altura da planta (ALP), o diâmetro de colmo (DC), a massa seca da parte aérea (MSP), o volume radicular (VLR), a massa seca de raiz (MSR) e a massa seca de planta (MS). Para a ALP, a medição levou em consideração a região do colo até a bainha da última folha; o DC foi avaliado por meio do uso de paquímetro (cm), com as medições realizadas a 15 cm da região do colo das plantas; a MSP foi determinada após coleta da parte aérea das plantas de milho sendo colocadas para secar em estufa a 65⁰C durante quatro dias; o VLR foi determinado após a lavagem e coleta das raízes de cada vaso, considerado-o igual ao volume de água deslocado pelas raízes, em mL, numa proveta (CARRIGAN & FREY, 1980); a MSR foi determinada após coleta do volume radicular e prévia secagem, sendo o material posteriormente posto em estufa a 65⁰C, para secagem, até obter peso constante; a MS foi determinada pelo somatório da MSP e da MSR.

As análises de variância foram realizadas pelo teste F, de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS Institute, 2002), sendo as médias dos resultados comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3.4 EXPERIMENTOS EM CAMPO

Nas safras 2007/2008 e 2008/2009 foram avaliados os efeitos da aplicação do extrato pirolenhoso (EP) nas características agrônômicas e na produtividade da cultura do milho. Os experimentos foram instalados na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP). O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho Distroférrico - LVdf (EMBRAPA, 2006), localizada a 21° 14' 05" de latitude S e 48° 17' 09" de longitude W, com altitude de 615 m, com clima Aw. As temperaturas mínimas e máximas e a precipitação média que ocorreram durante as duas safras estão representadas na Figura 5.

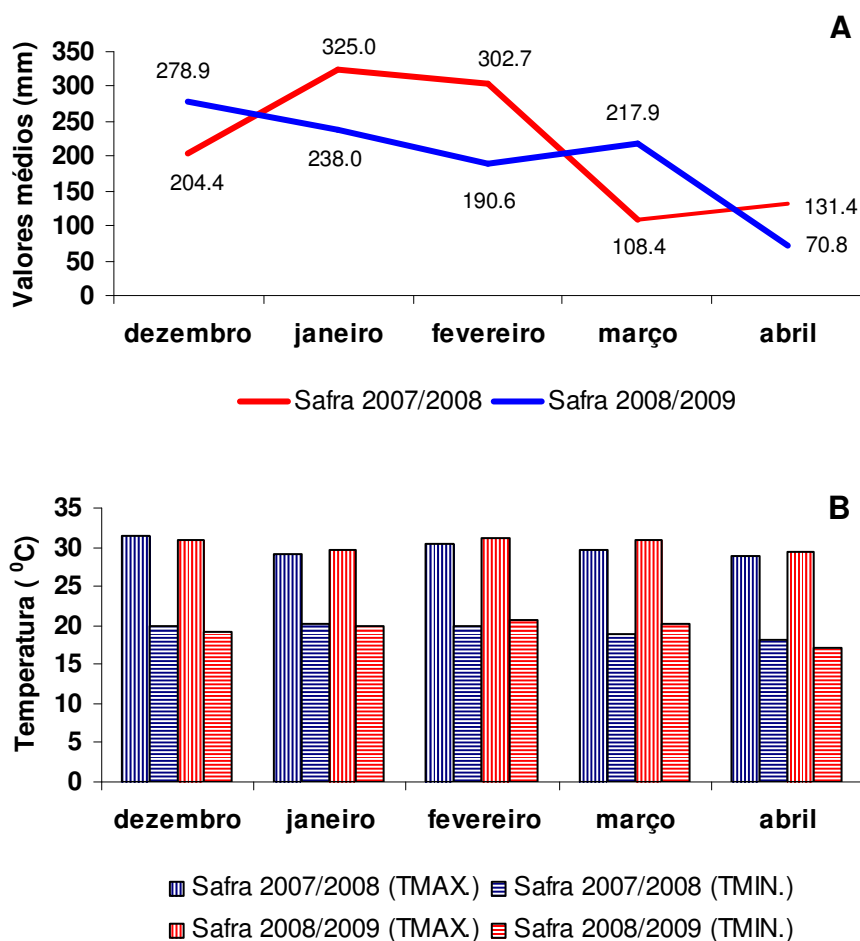


Figura 5. Médias mensais de precipitação (**A**) e temperaturas mínimas e máximas (**B**) durante o cultivo das safras de milho 2007/2008 e 2008/2009. Fonte: FCAV-UNESP, Departamento de Ciências Exatas, 2007-2009.

Para utilização da área, foi realizada amostragem do solo, na profundidade de 0-20 cm, sendo analisada conforme RAIJ & CANTARELLA (1996) com os seguintes resultados: pH (CaCl₂) - 4,8; matéria orgânica - 7 g dm⁻³; P (resina) - 5 g dm⁻³; K - 0,6 mmol_c dm⁻³; Ca - 8 mmol_c dm⁻³; Mg - 2 mmol_c dm⁻³; H+Al - 16 mmol_c dm⁻³; S-SO₄ - 9 mmol_c dm⁻³; SB - 10,6 mmol_c dm⁻³; CTC - 26,6 mmol_c dm⁻³ e V(%) - 40%. A correção e adubação do solo foram realizadas pela FEPP, junto com preparo do solo e sulcação, em função da análise de solo, sendo utilizado 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 70) e 350 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-20 na adubação de semeadura, sendo aplicado 140 kg ha⁻¹ de uréia (42% de N - 58,8 kg de N ha⁻¹) em adubação de cobertura

realizada no estágio V_6 da cultura. Para as duas safras, as sementes também foram tratadas com thiran ($300 \text{ mL } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes) e tiametoxam ($300 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes).

Na safra 2007/2008, o experimento foi instalado no dia 07/12/2007, utilizando-se cinco tratamentos e quatro repetições em delineamento com blocos casualizados (DBC), sendo cada parcela experimental caracterizada por 6 linhas de 6 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,90m, sendo distribuídas 10 sementes por metro de sulco, para posterior desbaste, deixando 5 plantas por metro. Os tratamentos com EP foram compostos por cinco doses, aplicadas na linha de semeadura (após o plantio) somada a quatro pulverizações foliares aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência (DAE). Tais tratamentos foram assim constituídos:

- # T1 => Sementes = 00% (10 mL kg^{-1}); sem aplicações de EP no solo e foliar;
- # T2 => Sementes = 25% (10 mL kg^{-1}) + aplicação de 2 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $0,8 \text{ L ha}^{-1}$;
- # T3 => Sementes = 50% (10 mL kg^{-1}) + aplicação de 4 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $1,6 \text{ L ha}^{-1}$;
- # T4 => Sementes = 75% (10 mL kg^{-1}) + aplicação de 6 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $1,8 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $2,4 \text{ L ha}^{-1}$;
- # T5 => Sementes = 100% (10 mL kg^{-1}) + aplicação de 8 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $2,4 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $3,2 \text{ L ha}^{-1}$.

O volume de calda utilizado nas pulverizações foi de 400 L ha^{-1} (água + EP), mediante o uso de pulverizador costal de pressão constante, com pressão de 55-60 lbf pol^{-2} e utilizando uma ponteira com bico leque 11008 (Magno[®]). As avaliações dos componentes agrônômicos foram realizadas em três etapas distintas.

3.4.1 AVALIAÇÕES

Na primeira etapa foram avaliadas as características agronômicas por meio de 5 plantas por tratamento, colhidas no estágio de desenvolvimento V_T (FORNASIERI-FILHO, 2007), de forma aleatória nas parcelas. As determinações foram: a altura de planta (AP); o diâmetro de colmo (DC); a massa seca de folhas (MSF) e a massa seca de colmos (MSC).

Na segunda etapa foram avaliados os componentes de produção, no estágio R_6 , após a colheita de 5 espigas, em cada parcela dos blocos, sendo feito as contagens do número de fileiras por espiga (NFE), o número de grãos por fileira (NGF), o número de grãos por espiga (NGE).

Na terceira etapa, após a colheita, foi avaliada a produtividade de grãos, em $kg\ ha^{-1}$ (PROD), sendo a umidade dos grãos corrigida para 13% bu, bem como a contagem do número de plantas colhidas por parcela para posterior correção da produção, segundo as fórmulas que seguem, respectivamente:

$Pf = ((Pi*(100-Ui))/(100-Uf))$, em que:

Pf = peso final do lote;

Pi = peso do lote de grãos com a umidade a ser corrigida;

Ui = umidade inicial do lote (%);

Uf = umidade final do lote (13%, no caso).

$PROD = (((10.000/E) \times Pp)/Np)$, em que:

PROD = produção corrigida, em $kg\ ha^{-1}$;

$10.000\ m^2 = 1\ ha$;

E = espaçamento da cultura, em metros;

Pp = produção por parcela colhida (kg);

Np = número de plantas colhidas por parcela (4 linhas de 4 m).

Na safra 2008/09, foram analisados as mesmas características agronômicas e os mesmos componentes de produção das plantas de milho, nos mesmos estádios de desenvolvimento das plantas, porém sendo o experimento instalado em campo com quatro tratamentos e com seis repetições, a fim de melhorar a precisão do experimento, em relação à safra anterior, utilizando DBC. A semeadura ocorreu no dia 18/12/2008. Os tratamentos com EP foram aplicados na linha de semeadura (após o plantio) somada a quatro pulverizações foliares aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência (DAE), conforme descrito para safra anterior. Tais tratamentos foram assim constituídos:

- # T1 => Sem aplicações de EP no solo e sem aplicações foliares;
- # T2 => Aplicação de 2 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $0,8 \text{ L ha}^{-1}$;
- # T3 => Aplicação de 4 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $1,6 \text{ L ha}^{-1}$;
- # T4 => Aplicação de 8 L ha^{-1} de EP no solo e três aplicações com $2,4 \text{ L ha}^{-1}$ e uma com $3,2 \text{ L ha}^{-1}$.

Para isso, procedeu-se a correção e adubação do solo, aplicando-se 1 t ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT = 75) e 250 kg do formulado 02-20-20 na semeadura, sendo aplicado 145 kg ha^{-1} de uréia (42% de N – $61,0 \text{ kg de N ha}^{-1}$) em adubação de cobertura realizada no estágio V₆ da cultura. Em relação às avaliações realizadas, estas procederam da mesma forma como estabelecido para safra anterior.

Para as duas safras, as análises de variância foram realizadas pelo teste F de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System 9.0 (SAS Institute, 2002) e as médias dos resultados foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTOS COM SEMENTES

No primeiro experimento, o EP aplicado em solução (10 mL kg⁻¹ de sementes) com diferentes concentrações (0, 25, 50, 75 e 100%) em sementes de milho, não influenciou a porcentagem de germinação e aumentou, quando na concentração de 25%, o vigor das plântulas ($p < 0,05$), através dos testes de primeira contagem de germinação (PCG) e do índice de velocidade de emergência (IVE) (Tabela 1). Segundo VIEIRA & CARVALHO (1994) e CARVALHO & NAKAGAWA (2000), a germinação caracteriza a qualidade fisiológica de sementes para a semeadura, porém não estabelece como seria o desempenho das plântulas emergidas, sendo importante observar a influência do uso do EP no vigor das sementes.

SPARG et al. (2005) não obtiveram efeito estimulador sobre a porcentagem final de germinação foi observado para duas espécies medicinais (*A. pachyklamys* e *T. violacea*), quando submeteram suas sementes ao pré-tratamento com EP, utilizando de uma solução (3,5 mL) em placas de Petri a 0,2, 0,1 e 0,05% mas, as medições pós-germinação demonstraram a capacidade do extrato de fumaça em melhorar o vigor das plântulas. Os autores ressaltaram que o mecanismo fisiológico envolvido na melhora do vigor não foi elucidado, apesar da descoberta de compostos que auxiliam no processo de germinação e promovem o vigor de sementes (VAN STADEN et al., 2004; FLEMATTI et al., 2004; FLEMATTI et al., 2009).

Para a porcentagem de plântulas emergidas aos quatro dias (PCG), foi observada diferença significativa para a concentração de 25% em relação às demais, com 40% das plântulas emersas, enquanto que a solução sem EP (0%) apresentou apenas 27,6%, conforme observado na Tabela 1. Para o IVE, a concentração de 25% de EP proporcionou maior velocidade de germinação às sementes de milho, quando comparada com a solução contendo 0% de EP ($p < 0,05$). Esses resultados, a exceção da germinação, concordam com os observados por VAN STADEN et al. (1995), JÄGER

et al. (1996), VAN STADEN et al. (2000) e VAN STADEN et al. (2006), em que o EP propiciou efeitos sinérgicos na germinação e no crescimento radicular de plântulas de alface, crisântemo, tomate, quiabo, feijão e milho.

Tabela 1. Influência do uso de extrato pirolenhoso na germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e pelo índice de velocidade de emergência (IVE) em milho. UNESP. Jaboticabal, 2007.

Concentrações ⁽¹⁾	G (%)	PCG (%)	IVE
0%	74,40a ⁽²⁾	27,60b	25,40b
25%	84,40a	40,00a	30,67a
50%	84,40a	28,00b	28,42ab
75%	77,60a	28,00b	26,65ab
100%	79,20a	24,40b	26,32b
Pr>F	0,13 ^{ns}	0,0057 ^{**}	0,0115 [*]
DMS	13,06	11,34	4,26
CV (%)	8,63	20,25	8,19

⁽¹⁾% de EP para solução de 10 mL kg⁻¹ de sementes;

⁽²⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade;

^{ns}(não significativo a 5% de probabilidade), * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

VAN STADEN et al. (2000) com a utilização do extrato pirolenhoso, diluído em 1:50 (v/v), relataram a existência de possível efeito sinérgico durante o processo de embebição da semente, propiciando o desenvolvimento embrionário acelerado, antes mesmo do surgimento da radícula. Porém as concentrações mais elevadas de EP, com 50, 75 e 100% aplicadas em solução de 10 mL kg⁻¹ de sementes, na presente pesquisa, apresentarem valores médios similares aos da testemunha. Este fato também foi confirmado por DREWES et al. (1995), que ao estudarem uma série de diluições com EP, observaram que soluções mais concentradas não alteravam a germinação, podendo inibi-la.

O efeito do EP em combinação com os hormônios citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno, por meio de uma suplementação exógena também tem sido observado. Essa combinação poderia causar mudanças na permeabilidade da membrana celular, ativar os sistemas dos fitocromos (com relação à sensibilidade à presença ou ausência de luz), reforçar o transporte de fitormônios para os sítios de ação por influenciar na biosíntese/metabolismo das giberelinas e de outros hormônios, estimulando enzimas e acelerando o início da mobilização da reserva e, conseqüentemente, o início de germinação, após tratamento das sementes. Sementes que não estavam sob controle do fitocromo podem ser germinadas com o EP e dessa forma descaracterizou sua ação no fitocromo (KEELEY & FOTHERINGHAM, 1998; EGERTON-WARBURTON, 1998; VAN STADEN et al, 2000). Vários autores relatam que o EP pode ser um gatilho para a germinação, por atuar no fornecimento de energia (síntese de ATP), para iniciar o processo germinativo (PIERCE et al., 1995; THOMAS & VAN STADEN, 1995; BLANK & YOUNG, 1998).

VAN STADEN et al. (2006) também observaram incrementos na germinação e no vigor de sementes de milho quando realizado um pré-tratamento das sementes com solução contendo EP e outra contendo um composto promotor da germinação. A ocorrência desses eventos pode ser devido a presença de compostos bioativos, derivados de compostos orgânicos presentes na madeira (celulose e hemicelulose) e que são liberados nos extratos de fumaça durante o processo de condensação (LIGHT et al., 2005), como o butenolídeo 3-metil-2H-furo [2,3-c]pirano-2-ona – *composto [1]* (FLEMATTI et al., 2004; VAN STADEN et al., 2004). O *composto [1]*, que teve sua ação confirmada na germinação e no desenvolvimento das plântulas quando foi testado como meio de pré-condicionamento de sementes, mais conhecido como “priming” (VAN STADEN et al., 2006; NELSON et al., 2009; DEMIR et al., 2009; LIGHT et al., 2010).

Embora os efeitos fisiológicos do EP sobre a germinação de sementes estejam bem documentados, com a identificação de componentes ativos (FLEMATTI et al., 2004; VAN STADEN et al., 2004 e FLEMATTI et al., 2009), as recomendações de uso estão relacionadas a baixas concentrações, como no caso do butenolídeo (*composto [1]*) que teve efeito em doses diluída em ppt (partes por trilhão), caracterizando o uso do

EP também como um fitormônio ou produto potencializador para o crescimento das plantas, já que esses compostos bioativos estão presentes. TODOROVIC et al. (2005) relataram que ao tentar germinar as sementes de uma espécie fotoblástica (*Paulownia tomentosa* Steud) na ausência de luz com EP, esta não ocorreu, mas quando se utilizou de níveis exógenos de giberelinas (GA_3) as sementes da espécie germinaram, no entanto, quando o EP foi adicionado junto a esses níveis de GA_3 , a germinação também ocorreu e em concentrações muitas vezes menores do que quando aplicadas apenas GA_3 .

O fato de se utilizar o EP em concentrações adequadas explica as baixas porcentagens obtidas para a PCG em relação às soluções com 50, 75 e 100% de EP, sendo semelhante para o IVE, apesar das concentrações de 50 e 75% não diferirem da solução com 25%, a qual apresentou valor médio superior ($p < 0,05$), conforme observado na Figura 6. Tal fato concorda com Mu et al. (2003) e Zanetti et al. (2003), quando ressaltaram que as doses ou concentrações de EP utilizadas podem influenciar o desenvolvimento inicial das plantas de diferentes maneiras.

Pela análise de regressão (Figura 6), pode ser observado o comportamento do EP em relação à aplicação das diferentes concentrações e seu efeito no vigor das plântulas de milho. Apesar dos valores de R^2 ($p < 0,11$) serem pouco representativos, há uma tendência de se aplicar concentrações maiores do que a de 25% de EP, para solução utilizada (10 mL kg^{-1}), podendo ser esta a concentração indicada para o uso nas sementes de milho, pois promoveu, de forma significativa, um maior número de plântulas (PCG) com um rápido crescimento (IVE), fato que pode ser importante para o estabelecimento das plântulas pós-germinação.

Conforme preconizado por diversos autores (DE LANGE & BOUCHER, 1990; SHIRAKAWA et al., 1993; UDDIN et al., 1994; JÄGER et al., 1996; TSUZUKI et al., 2000; VAN STADEN et al., 2000; MU et al., 2003; FLEMATTI et al., 2004; VAN STADEN et al. (2004); VAN STADEN et al., 2006; NELSON et al., 2009; FLEMATTI et al., 2009; DEMIR et al., 2009; LIGHT et al., 2010; MUN et al., 2010) e também evidenciado nesta pesquisa. O EP, quando em concentrações adequadas, pode ser utilizado como um produto potencializador do vigor de sementes, de acordo com os

testes de PCG e IVE. Nesta pesquisa, as sementes utilizadas apresentavam níveis de vigor relativamente elevados, realçando a importância das concentrações utilizadas na decisão do uso, podendo ser objetivo de pesquisas futuras.

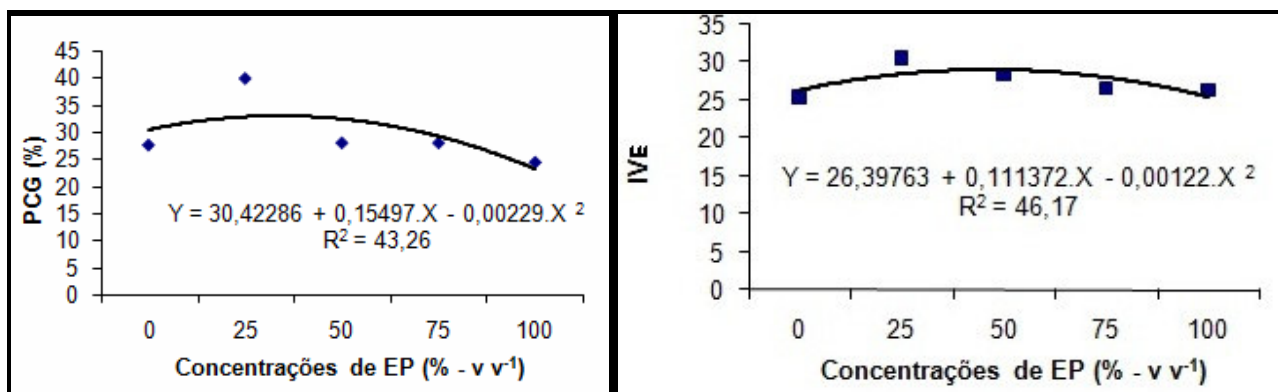


FIGURA 6. Primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho em função da aplicação de diferentes concentrações de extrato pirolenhoso (EP) nas sementes. UNESP. Jaboticabal, 2007.

Com relação ao comprimento do sistema radicular (CPRZ) e a parte aérea (CPPA), não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as soluções contendo EP e a sem o extrato, exceto para a solução com concentração 50% de EP que apresentou os menores valores médios de CPPA (Tabela 2).

VAN STADEN et al. (2006) em sementes de milho, observaram modificações no comprimento e no alongamento das raízes de plântulas. Para isso realizaram o pré-tratamento das sementes em placas de Petri, com solução contendo 5 mL de água destilada e as soluções teste (EP – 1:500 ou *composto [1]*). Dessa maneira, o contato das sementes com as soluções pode ter garantido maior efeito para germinação e desenvolvimento das plantas. Além disso, as avaliações foram realizadas por meio do índice de velocidade de germinação (IVG), que permite inferir sobre as condições iniciais do processo de germinação, diferente do que se propôs nesta pesquisa, que avaliou a velocidade de emergência das plântulas (IVE), que se estabelece após a germinação.

SPARG et al. (2006), observaram um incremento no comprimento da parte aérea de plântulas de milho durante o processo germinativo, em relação ao tratamento controle, mas as concentrações utilizadas (0,4, 0,2, 0,1 e 0,05% - v/v) não foram diferentes entre si ($p < 0,05$); quando avaliado o comprimento das raízes dessas plântulas, as concentrações testadas propiciaram um comportamento distinto ($p < 0,05$), destacando-se a concentração de 0,2%.

Com relação ao vigor de sementes, é possível que sementes de alto vigor possam não responder aos tratamentos com EP. Em trabalho realizado por DEMIR et al. (2009), testando efeito de pré-condicionamento em sementes de berinjela com *composto* [1], os autores observaram os melhores resultados quando as sementes tiveram seus níveis de vigor reduzido, por meio do envelhecimento induzido.

Tabela 2. Influência do uso do extrato pirolenhoso no comprimento das raízes (CPRZ), comprimento da parte aérea (CPPA), comprimento de plântulas (CP), massa seca de raízes (MSRZ), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de plântulas (MS) de milho, aos sete dias após a semeadura. UNESP. Jaboticabal, 2007.

Concentrações ⁽¹⁾	CPRZ ⁽²⁾	CPPA	CP	MSRZ ⁽³⁾	MSPA	MS
0%	15,3a ⁽⁴⁾	25,4a	40,69a	135,0a	92,5b	227,5c
25%	14,7a	24,9a	39,60ab	155,0a	130,0ab	285,0bc
50%	14,4a	22,5b	36,88b	152,5a	127,5ab	280,0bc
75%	15,1a	24,9a	40,00ab	185,0a	167,5a	352,5a
100%	14,7a	23,6ab	38,29ab	140,0a	180,0a	320,0ab
Pr>F	0,73 ^{ns}	0,0014 [*]	0,0411 [*]	0,16 ^{ns}	0,0038 [*]	0,0003 ^{**}
DMS	2,1	1,9	3,6	61,2	61,3	63,4
CV (%)	6,6	3,6	4,3	18,2	20,1	9,9

⁽¹⁾% de EP para solução de 10 mL kg⁻¹ de sementes;

⁽²⁾CPRZ, CPPA e CP: resultados expressos em **cm plântula⁻¹**;

⁽³⁾MSRZ, MSPA e MS: resultados expressos em **mg plântula⁻¹**;

⁽⁴⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade;

^{ns}(não significativo a 5% de probabilidade) * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Para a massa seca de raízes de plântulas (MSRZ), não foi constatada influência do EP nas concentrações propostas. Apesar da não significância entre os valores médios e do coeficiente de variação (CV) de 18,2%, esses resultados não podem inibir as inferências feitas, pois quando avaliadas essas características em plântulas, alguns autores também se depararam com esses CV, fato observado por DEMIR et al. (2009), quando avaliaram o efeito do *composto* [1] (já observado anteriormente) em sementes de berinjela envelhecidas e não envelhecidas, obtiveram resultados semelhantes ($p < 0,05$), na qual os CV variaram de 19,7 a 33,9 %, para as análises de massa fresca e seca de plântulas.

No entanto, ao ser avaliada a massa seca da parte aérea (MSPA), para as concentrações de 75 e 100%, os resultados diferiram significativamente da solução sem EP (0%), influenciando diretamente na MS das plântulas. São poucos os relatos sobre a ação desses extratos na massa seca da parte aérea das plântulas e, neste estudo, foi possível detectar um incremento na MSPA. As concentrações contendo 25 e 50% de EP, em solução, também propiciaram maiores valores médios, mas não diferiram estatisticamente da solução com 0% de EP ($p < 0,05$).

Quando avaliada a MS, em função dos resultados observados para MSPA e MSRZ, a concentração com 75% de EP apresentou os maiores valores médios, apesar de não diferir estatisticamente da concentração com 100% de EP, a qual não diferiu das concentrações com 25 e 50% de EP, respectivamente ($p < 0,05$). No entanto, essas duas concentrações não foram significativamente diferentes da solução sem EP (0%). Esses resultados concordam com SPARG et al. (2005) e Van Staden et al. (2006) em plântulas de milho, os quais também obtiveram os maiores resultados de MS com uso do EP, mas sem descrever se os efeitos foram significativos ou não nas raízes ou na parte aérea (Tabela 2). Contudo, os tratamentos propostos na maioria dos trabalhos de literaturas internacionais se diferem dos utilizados nesta pesquisa, que preconizou um pré-tratamento das sementes de forma rápida, sem embebição e que, sem dúvida, facilitaria o uso do EP antes da semeadura e implantação da cultura no campo, mas certamente proporcionaria resultados diferentes, em partes, dos já observados.

Nesse contexto, foi realizado o segundo experimento, por meio do teste de emergência de plântulas no campo (EC), após o tratamento das sementes com soluções contendo as diferentes concentrações de EP, as quais não influenciaram a porcentagem de plântulas emergidas e nem os índices de emergência de plântulas aos 7 (IVE7), 14 (IVE14) e 21 (IVE21) dias após a semeadura (Tabela 3). No entanto, é importante observar que no desenvolvimento das plântulas em condições de campo, fatores edafoclimáticos podem influenciar na resposta desses produtos (EP), podendo ou não ocorrer uma influencia positiva do EP nos processos pós-germinativos, porém nas condições propostas nesta pesquisa se mantiveram similares ao tratamento sem EP ($p < 0,05$).

Tabela 3. Influência do uso do extrato pirolenhoso no índice de velocidade de emergência aos 7 (IVE 7), 14 (IVE14) e 21 (IVE21) dias e na emergência em campo (EC) de plântulas de milho. UNESP. Jaboticabal, 2007.

Concentrações ⁽¹⁾	IVE7	IVE14	IVE21	EC (%)
0%	33,00	41,25	47,10	82,00
25%	35,75	46,00	47,04	92,00
50%	33,75	42,75	47,61	85,50
75%	33,50	43,00	46,74	86,00
100%	32,00	44,75	47,70	89,50
Pr>F	0,98 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,33 ^{ns}
DMS	21,54	7,55	2,75	15,31
CV (%)	28,45	7,69	2,60	7,81

⁽¹⁾% de EP para solução de 10 mL kg⁻¹ de sementes;

^{ns}(não significativo a 5% de probabilidade).

Na Tabela 4, foram demonstradas as possíveis correlações lineares (r) entre a germinação e testes os realizados em campo com os testes de vigor realizados em condições de laboratório, durante o desenvolvimento inicial das plântulas de milho. Quanto à germinação (G), apenas o índice de velocidade de emergência (IVE)

correlacionou-se de forma positiva ($r = 0,90^*$). Em relação aos testes (G e IVE), pode-se afirmar neste caso, que pelos testes serem determinados em conjunto, apesar do uso das diferentes concentrações de EP não influenciarem na porcentagem de germinação (G), um efeito foi proporcionado, o que garantiu aumentos no IVE quando utilizado o tratamento das sementes com solução na concentração de 25% de EP ($p < 0,05$).

TABELA 4. Coeficientes de correlação linear simples [r] entre os testes de vigor em laboratório (PCG, IVE, CP e MS)¹ com: a germinação (G), os índices de velocidade de emergência (IVE7, IVE14, IVE21)² e a emergência em campo (EC), em função das diferentes concentrações de extrato pirolenhoso aplicadas às sementes de milho. UNESP. Jaboticabal, 2007.

[r]	G (%)	IVE7	IVE14	IVE21	EC (%)
G (%)	----	0,27	-0,03	0,20	-0,15
PCG (%)	0,55	0,58	0,15	0,67	0,06
IVE	0,90 [*]	0,46	0,10	0,49	-0,08
CP (cm)	-0,68	0,18	0,29	0,38	0,25
MS (mg)	0,13	-0,33	0,88	0,23	0,91 [*]

⁽¹⁾PCG – primeira contagem de germinação, IVE – índice de velocidade de emergência, CP – comprimento de plântulas, MS – massa seca de plântulas;

⁽²⁾IVE7, 14 e 21 – índice de velocidade de emergência em campo aos 7, 14 e 21 dias, respectivamente;

^{*}(significativo a 5% de probabilidade).

Com relação aos outros testes de vigor, apenas o teste de MS apresentou correlações lineares (r) positivas e significativas ($p < 0,05$) com o teste de EC ($r = 0,91^*$). Esses resultados permitem considerar que valores de MS, podem representar o vigor das plântulas emergidas no campo, para as concentrações de EP estudadas. É válido ressaltar que para ambos os testes, quando foi realizado o tratamento das sementes, tanto os valores médios da MS quanto os valores médios da EC foram superiores aos das sementes que não receberam o EP, apesar de não diferirem estatisticamente, quando considerada uma probabilidade para os valores médios, menores do que 5% pelo teste de Tukey. Esses resultados demonstram a importância do efeito do produto

na fase inicial de desenvolvimento das plântulas e que talvez possa existir alguma relação do EP no auxílio da transferência de matéria seca dos tecidos de reserva das sementes para o eixo embrionário, na fase de germinação, proporcionando plântulas com maior vigor e que poderá se refletir nos processos de desenvolvimento pós-germinação, como visto na EC.

Como visto, para as concentrações de EP aplicadas em solução nas sementes, os resultados foram positivos, influenciando o vigor das sementes de milho, mas sem alterar as porcentagens de germinação e emergência de plântulas em campo. Nesse aspecto, faz-se necessário estudar outras formas de condicionamento das sementes para futuras avaliações e implicações de uso do EP, inclusive nos processos pós-germinação.

4.2 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Foram avaliados os efeitos do EP em plantas de milho cultivadas até os 55 dias após a emergência (estádio fenológico V₁₅), caracterizando o experimento em casa de vegetação. O EP foi aplicado nas sementes, no solo e via foliar, de forma conjunta. Neste experimento, de maneira geral, foram observados incrementos significativos na massa seca das raízes, na massa seca de plantas e incrementos no volume radicular ($p < 0,05$).

De posse dos resultados, na Tabela 5, os valores de ALP e MSP não foram influenciados pelo uso do EP. RODRIGUES et al. (2002) verificaram o efeito do extrato pirolenhoso (EP) no crescimento e rendimento do milho cv. Nizwa em Omã, no Oriente Médio, em que a aplicação de EP não diluído causou redução das plantas em 39,4% e, aquelas que sobreviveram tiveram um menor desenvolvimento da parte aérea e redução da altura. No entanto, VAN STADEN et al. (2006) ao avaliarem as plantas de milho 30 dias após a emergência, em casa de vegetação, observaram que o EP aplicado tanto no solo (250 mL de EP (0,2%) por vasos de 2 dm³) quanto em solução nas sementes (1 hora de embebição – 0,2%) contribuíram para aumentos na massa

seca da parte aérea, porém apenas o tratamento aplicado no solo proporcionou aumentos na altura das plantas ($p < 0,05$). Esses resultados comprovam que a recomendação de uso (concentrações) e a forma de aplicação do extrato pirolenhoso podem favorecer ou não seus efeitos.

UDDIN et al. (1995) ao estudarem os efeitos de Sannekka E (uma mistura de carvão com extrato pirolenhoso), em cana-de-açúcar, sobre a taxa de germinação, número de colmos, comprimento de colmos, diâmetro de colmos, rendimento de colmos, conteúdo de açúcar e rendimento de açúcar, no período de agosto de 1991 a abril de 1993, em cultivo de verão (no Japão), observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao controle, quanto ao comprimento de colmos (altura da planta), para todas as aplicações via solo, que foram de 2, 4 e 8 t ha⁻¹, respectivamente.

ALVES (2006) ao utilizar EP no solo (0 e 2%), cultivando plantas de milho em vasos até 45 dias após a emergência, observou que o EP não influenciou na massa seca da parte aere, de raízes, no diâmetro de colmo e na altura de plantas ($p < 0,05$), concluindo que o EP causou pequenas variações nos atributos de fertilidade do solo, mas estes seriam insuficientes para alterar a resposta de crescimento das plantas de milho.

KADOTA & NIIMI (2004) também observaram esses efeitos de uso e as relações dos mesmos com as concentrações de EP, quando utilizaram 0, 10 e 30% de extrato em mistura com carvão a serem adicionados em substratos para cultivo em vasos, sendo observado que o EP na maior concentração, inibia o crescimento de algumas plantas testadas, com diminuição da altura ($p < 0,05$), e consideraram que além das concentrações diferentes, as espécies podem ter respostas diferentes com relação às concentrações empregadas. Outro fato importante é considerar que nas condições do experimento, dados 55 dias para avaliação, entre os estádios fenológicos V₁₅ e V₁₇, essas diferenças não puderam ser observadas.

Com isso, é preciso ressaltar a necessidade de novas pesquisas com EP, aplicando-o no solo, em sementes e via foliar ou isolando cada uma das formas de aplicação, mas com objetivo de se avaliar o desenvolvimento da cultura em diferentes estádios fenológicos. ICHIKAWA & OTA (1982) analisando mudas de arroz, 13 dias

após a semeadura, cultivadas em recipientes contendo 4,0 dm³ de solo, observaram aumentos no comprimento da parte aérea apenas para maior dose de EP testada (40 g por recipiente), ao passo que quando analisaram as mudas aos 20 dias após a semeadura, os aumentos no comprimento da parte aérea foram observados para todas as doses de EP (4, 8, 20 e 40 g por recipiente), diferindo-se da testemunha ($p < 0,05$). Porém tal fato parece não ter despertado interesse devido às aplicações, já evidenciadas com sucesso, do uso do EP em sementes.

Quando analisado o DC (Tabela 5) observou-se que T2, T3 apresentaram os menores valores médios e o T4 apresentou o maior valor médio de DC, porém não diferindo da testemunha (T1) ($p < 0,05$) e, nessa condição, não foi proporcionado nenhum efeito pelo uso do EP e que, ainda, em função da concentração utilizada restringiu o engrossamento do colmo, apesar da pequena diferença observada desse efeito (DMS = 0,11) entre os tratamentos com EP. Nos estudos de UDDIN et al. (1995), em cana, ao avaliarem o diâmetro de colmos, esses autores também não observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para esta variável nas aplicações via solo de Sannekka E (2, 4 e 8 t ha⁻¹).

Os tratamentos com EP proporcionaram efeitos na MSR, no VLR e consequentemente, na MS das plantas de milho cultivadas em vaso ($p < 0,0175$), sendo o T2 aquele que apresentou os maiores valores médios para as três variáveis, como observado na Tabela 5. Com relação ao desenvolvimento do sistema radicular, o uso de EP tem merecido destaque, sendo aplicado como potencializador do desenvolvimento e aumento do volume de raízes. Tal fato foi observado por ICHIKAWA & OTA (1982), em experimento arroz, no qual o tratamento prévio com EP (2, 4 e 8 g dm³) antes do transplântio das plantas acelerou o surgimento de novas raízes quatro dias após o mesmo, avaliado pelo número de raízes novas (%) ($p < 0,01$). Em cana-de-açúcar, UDDIN et al. (1995) utilizando Sannekka E (4 partes de carvão:1 parte de EP), aplicando 4 níveis (0, 2, 4 e 8 t ha⁻¹) em blocos casualizados nas condições de campo, observaram que a quantidade de raízes foi maior nas parcelas em que foram aplicados Sannekka E ($p < 0,05$), influenciando na atividade radicular que em maior quantidade, permitiu que as plantas pertencentes a essas parcelas também apresentassem bons

resultados dos componentes de produção como o diâmetro, comprimento, rendimento de colmo e inclusive do conteúdo de açúcar, apesar de ressaltarem que o solo, a temperatura, a umidade e outros fatores também influenciam no desenvolvimento das raízes.

Tabela 5. Médias da altura de planta (ALP), diâmetro de colmo (DC), massa seca da parte aérea (MSP), volume radicular (VLR), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de planta (MS) de milho, cultivadas em casa de vegetação, em função do uso de EP. UNESP. Jaboticabal, 2007.

Tratamentos ⁽¹⁾	ALP (cm)	DC (cm)	MSP (g)	VLR (mL)	MSR (g)	MS (g)
T1	90,90a	1,18ab ⁽³⁾	16,53a	164,00b	19,48c	36,01c
T2	91,40a	1,11b	16,60a	202,40a	47,65a	64,25a
T3	84,10a	1,11b	16,86a	162,20b	24,67c	41,53c
T4	87,60a	1,23a	17,54a	165,00b	24,91c	42,46bc
T5	87,20a	1,16ab	17,21a	178,80ab	34,27b	51,48b
Pr>F	0,22 ^{ns(2)}	0,0236 [*]	0,85 ^{ns}	0,0175 [*]	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}
DMS	10,18	0,11	3,13	36,48	8,95	9,26
CV (%)	6,09	5,18	9,76	11,05	15,66	10,38

⁽¹⁾ Cada Tratamento foi constituído das aplicações via solo e foliares.

⁽²⁾ ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

⁽³⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estudos têm demonstrado que os extratos interagem com giberelinas, citocininas, ácido abscísico e de etileno em sementes fotoblásticas e que apresentam dormência (VAN STADEN et al., 2000). Também foi sugerido que o princípio(s) ativo(s) dos extratos pode se comportar de maneira semelhante à de outros reguladores de crescimento (SENARATNA et al., 1999; GARDNER et al., 2001).

KADOTA & NIIMI (2004) também condicionam o fato do bom desempenho das plantas, quando tratadas com EP ter um efeito iniciado pelo maior desenvolvimento do sistema radicular, porém as concentrações podem impedir esse crescimento, como ocorrido em mudas de arroz (*O. sativa* L.) e concluíram que a ação do EP se assemelha a um comportamento hormonal. Nesta pesquisa, não houve inibição do crescimento

radicular, mas em função das concentrações utilizadas pode-se obter ou não um maior crescimento das raízes, em vaso.

Apesar de não ser sabida a real ação dos extratos nos processos pós-germinação, a sua contribuição no desenvolvimento e crescimento das plantas também foi observada por diversos autores (ICHIKAWA & OTA, 1982; VAN STADEN et al., 2004; VAN STADEN et al., 2006), principalmente quando se relaciona esta contribuição com a formação e crescimento radicular, assim como observado nos resultados desta pesquisa. Com esses relatos, novas pesquisas com EP devem ser realizadas, inclusive em condições de campo, pois quando o sistema radicular se desenvolve de forma adequada, há uma melhora na absorção de água e nutrientes pela planta, podendo influenciar na produção.

4.3 EXPERIMENTOS EM CAMPO

As características agronômicas e os componentes de produção do milho foram analisados através de dois experimentos em condições de campo, nas safras 2007/2008 e 2008/2009, avaliando-se em uma primeira etapa as características agronômicas das plantas, durante o estágio V_T (com 5 plantas) e numa segunda e terceira etapas os componentes de produção do milho.

Na primeira etapa, durante a safra 2007/2008 foi observado que a AP e o DC foram influenciados pelo uso do EP, mas sem diferir estatisticamente do T1 (controle) e que os T2 e T3 influenciaram negativamente na AP e DC ($p < 0,01$), respectivamente (Tabela 6). Porém, é válido ressaltar que esse efeito negativo foi gerado por uma diferença mínima, tanto para AP quanto DC, que apresentaram uma diferença média significativa (DMS) entre os tratamentos de 0,19 e 0,04, respectivamente, deixando evidente que esses efeitos possivelmente não comprometeriam o desenvolvimento da cultura do milho e nem a produção no final do ciclo, pois estaria relacionado com as características genéticas do híbrido de milho testado.

Essas considerações são pertinentes e puderam ser confirmadas na safra 2008/2009, em que a AP não apresentou diferenças significativas para os tratamentos com EP e nem em relação ao tratamento controle ($p < 0,05$). No entanto, o DC apresentou diferenças significativas apenas entre os tratamentos com EP (Tabela 7).

RONCHI FILHO (2005), aplicando 3 doses (0, 3 e 6 t ha⁻¹) de fino de carvão (FC) no solo e 3 doses (0%, 0,5% e 1,0% -v/v) de extrato pirolenhoso (EP), no solo e via foliar, observou que os mesmos não influenciaram significativamente na AP e no DC, aplicados juntos ou de forma isolada, em milho e sob condições de campo.

Nas Tabelas 6 e 7 não foram observados efeitos significativos na MSF e na MSC para os tratamentos com EP em relação ao T1. Esses resultados concordam com os encontrados por RONCHI FILHO (2005), em que o EP não influenciou tanto a MSF como a MSC. É de grande importância ressaltar que os trabalhos com aplicação do EP nas condições de campo são restritos e parece não ter despertado o interesse dos pesquisadores, pois o efeito do EP quando aplicado no solo, por exemplo, em condições de cultivo controlado, apresenta-se significativo no desenvolvimento do sistema radicular e no volume radicular, de forma positiva, porém esse efeito estaria sendo caracterizado num volume de solo conhecido, diferentemente do que acontece em condições de campo, em que o mesmo, com o desenvolver do ciclo da cultura poderá ser diminuído.

Alguns autores (ICHIKAWA & OTA, 1982; UDDIN et al., 1995; TSUZUKI et al., 2000; KADOTA & NIIMI, 2004; VAN STADEN et al., 2006) ressaltaram que o uso do EP em condições de campo seria favorecido em solos com pH alcalino ou próximo desses índices (pH > 7,0), contribuindo para uma maior disponibilidade dos nutrientes, o que iria somar ao efeito positivo no desenvolvimento e crescimento do sistema radicular.

Tabela 6. Médias da altura de planta (AP); diâmetro de colmo (DC); massa seca de folhas (MSF); massa seca de colmos (MSC); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por fileira (NGF); número de grãos por espiga (NGE) e da produtividade de grãos (PROD) de milho, em função da aplicação do extrato pirolenhoso na safra 2007/2008. UNESP. Jaboticabal, 2008.

Tratamentos ⁽¹⁾	SAFRA 2007/2008			
	AP (m)	DC (cm)	MSF (g)	MSC (g)
T1	1,91ab ⁽²⁾	1,79ab	237,69a	257,20a
T2	1,81b	1,79ab	236,34a	229,87a
T3	1,93ab	1,74c	249,36a	239,39a
T4	2,09a	1,76bc	255,41a	271,88a
T5	1,94ab	1,81a	251,26a	284,95a
Pr>F	0,0086 ^{**} (3)	0,002 ^{**}	0,65 ^{ns}	0,58 ^{ns}
BL	0,0303 [*]	0,005 ^{**}	0,0035 ^{**}	0,0276 [*]
DMS	0,19	0,04	48,47	118,11
CV (%)	4,45	1,07	8,74	20,42

Tratamentos ⁽¹⁾	SAFRA 2007/2008			
	NFE	NGF	NGE	PROD
T1	15,00a	33,25a	499,50ab ⁽²⁾	6.901,90a
T2	14,00a	34,00a	477,00b	7.153,10a
T3	15,50a	35,00a	542,50a	7.398,50a
T4	14,50a	35,25a	512,00ab	7.108,60a
T5	14,50a	34,25a	496,00ab	6.839,90a
Pr>F	0,0895 ^{ns} (2)	0,3666 ^{ns}	0,0456 [*]	0,5183 ^{ns}
BL	0,0014 ^{**}	0,2512 ^{ns}	0,0002 ^{**}	0,1956 ^{ns}
DMS	2,67	3,32	59,53	1.802,40
CV (%)	8,16	4,29	5,23	6,78

⁽¹⁾ Cada Tratamento foi constituído das aplicações nas sementes, via solo e foliares.

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

⁽³⁾ ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

RODRIGUES et al. (2002) avaliaram o efeito de diferentes concentrações do EP, em 1996 e 1997, em experimentos conduzidos em Sultan Qaboos University Agricultural Experiment Station, sob responsabilidade do Departamento de Agricultura de Rewwod City, Califórnia (E.U.A.) para cultura do milho. Os diferentes tratamentos com o líquido pirolenhoso foram: forma não diluída, 10, 20, 40 e 60 vezes de diluição. Aplicação na forma não diluída, resultou em baixa taxa de sobrevivência de plantas

(39,4%) e as plantas sobreviventes tiveram vários perfilhos, uma característica não relatada para cultivar de milho utilizada. Este tratamento também resultou na diminuição da área foliar, da altura de plantas, do número de dias da semeadura à floração, do rendimento e da produção de grãos. A aplicação do líquido pirolenhoso em 20 vezes de diluição propiciou maior rendimento de grãos, enquanto esse rendimento foi menor em plantas irrigadas com o líquido puro. Com base nesses resultados, concluiu-se que o líquido pirolenhoso em sua forma pura, não teve valor fertilizante, mas quando diluído em concentração adequada pode contribuir como um fertilizante e, dessa forma os autores ressaltaram que o seu melhor potencial é, provavelmente, como um agente de correção do solo, principalmente em solos com pH elevado (alcalinos), onde a disponibilidade de micronutrientes pode ser afetada.

Na segunda e terceira etapas, foram avaliados os componentes de produção do milho e a produtividade de grãos, respectivamente. Nas safras 2007/08 (Tabela 6) e 2008/2009 (Tabela 7), tanto os componentes de produção quanto a produtividade de grãos não foram influenciadas pelo uso ou não do EP ($p < 0,05$). Entretanto, o T3 apresentou os maiores valores médios dos componentes de produção (exceto para DC na safra 2007/2008) e para a produtividade de grãos, com 7,20 e 7,11% a mais em relação ao T1 (sem EP) nas safras 2007/2008 e 2008/2009, respectivamente, apesar desses valores não terem diferido significativamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, na comparação de médias.

RONCHI FILHO (2005) avaliando o efeito do EP nos fatores de produção da cultura do milho, em campo, observou que todos os tratamentos propostos (0%, 0,5% e 1,0% -v/v) aplicados no solo e na parte aérea, não influenciaram significativamente no número de fileiras por espiga, número de grão por fileira e peso dos grãos, assim como na produtividade ($p < 0,05$).

Tabela 7. Médias da altura de planta (AP); diâmetro de colmo (DC); massa seca de folhas (MSF); massa seca de colmos (MSC); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por fileira (NGF); número de grãos por espiga (NGE) e da produtividade de grãos (PROD) de milho, em função da aplicação do extrato pirolenhoso na safra 2008/2009. UNESP. Jaboticabal, 2009.

Tratamentos ⁽¹⁾	SAFRA 2008/2009			
	AP (m)	DC (cm)	MSF (g)	MSC (g)
T1	2,05a	1,94ab	250,95a	190,86a
T2	2,05a	2,00ab	275,14a	200,38a
T3	2,06a	2,03a	237,48a	187,69a
T4	2,03a	1,91b	242,38a	185,85a
Pr>F	0,18 ^{ns}	0,0219 [*]	0,24 ^{ns}	0,48 ^{ns}
BL	0,054 ^{ns}	0,048 [*]	0,0144 [*]	0,22 ^{ns}
DMS	0,03	0,11	599,72	28,19
CV(%)	1,01	3,07	5,54	8,86

Tratamentos ⁽¹⁾	SAFRA 2008/2009			
	NFE	NGF	NGE	PROD
T1	17,00ab ⁽³⁾	28,67a	486,67ab	6.272,80a
T2	16,33b	28,16a	460,33b	6.525,20a
T3	18,00a	29,00a	522,00a	6.718,70a
T4	17,00ab	28,67a	487,33ab	6.528,00a
Pr>F	0,0455 [*]	0,5081 ^{ns}	0,0106 [*]	0,2439 ^{ns}
BL	0,6454 ^{ns}	0,0335 [*]	0,0998 ^{ns}	0,0144 [*]
DMS	1,40	1,56	44,64	599,72
CV(%)	5,34	3,27	5,48	5,54

⁽¹⁾ Cada Tratamento foi constituído das aplicações via solo e foliares.

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

⁽³⁾ ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

É interessante observar que embora não sendo significativa ($p < 0,05$), em ambas as safras, a diferença de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) foi positiva, com ganhos médios de 239 kg ha^{-1} e de 318 kg ha^{-1} para as safras 2007/2008 e 2008/2009, respectivamente, em comparação ao tratamento sem uso de EP, sugerindo que tais variações possam não ser totalmente devidas ao efeito do acaso, apesar dos dados obtidos para a produtividade de grãos não permitirem conclusões seguras. Entretanto, o

efeito positivo do EP ficou bastante evidente no desenvolvimento inicial das plantas e do sistema radicular.

Dessa forma, a pesquisa produziu informações sobre o uso do extrato pirolenhoso na cultura do milho durante o desenvolvimento e crescimento das plantas, possibilitando que novos trabalhos científicos possam ser realizados para questionar o uso do EP em condições de campo, e comprovar sua influência nos estádios iniciais de desenvolvimento e crescimento de outras culturas.

5. CONCLUSÕES

- A concentração de 25% de EP em solução (10 mL kg^{-1}) aumentou o vigor das sementes de milho, possibilitando maior velocidade de estabelecimento das plântulas, observada pelo índice de velocidade de emergência e primeira contagem de germinação;
- O tratamento das sementes com solução de EP a 25 %, seguido de pulverização no solo com solução 0,5% (v v^{-1}) e com quatro pulverizações foliares com solução 0,15 - 0,2% (v v^{-1}) proporcionou maior massa seca de raízes e de planta, além do maior volume radicular, durante o desenvolvimento inicial das plantas de milho, em casa de vegetação;
- Nas safras 2007/08 e 2008/09 os tratamentos com EP não afetaram a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho, em condições de campo.

6. REFERÊNCIAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2009**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em: 02 julho 2010.

ADRIANSZ, T.D.; RUMMEY, J.M.; BENNETT, I.J. Solid phase extraction and subsequent identification by gás-chromatography-mass spectrometry of a germination cue present in smoke water. **Analytical Letters**, Philadelphia, v. 33, n. 13, p. 2793-2804, 2000.

ALMEIDA, J. E. M.; AUGUSTO, N. T.; BATISTA FILHO, A. Avaliação de ácido pirolenhoso, óleo de nim (*Azadirachta indica*) e *Beauveria bassiana* no controle de pulgões de acerola (*Malpighia glabra* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS. 1, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p.71.

ALVES, M. **Impactos da utilização de fino de carvão e extrato pirolenhoso na agricultura**. 2006. 43f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2006.

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

BALDWIN, I.T.; MORSE, L. Up in smoke. 2. Germination of *Nicotiana attenuata* in response to smoke-derived cues and nutrients in burned and unburned soils. **Journal of Chemical Ecology**, Lexington, v. 20, n. 9, p. 2373-2391, 1994.

BLANK, R.R.; YOUNG, J.A. Heated substrate and smoke: influence on seed emergence and plant growth. **Journal of Range Management**, Denver, v. 51, n. 5, p. 577–583, 1998.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**, Brasília, 1992. 365p.

BRITO, J. O. **Pró-carvão**: relatório sobre a cadeia produtiva de carvão vegetal e lenha do Estado de São Paulo. SINCAL/FCESP/SEBRAE, 2000.

BROWN, N.C.A.; KOTZE, G.; BOTHA, P.A. The promotion of seed germination of Cape Erica species by plant derived smoke. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 21, p.573-580, 1993.

BROWN, N.A.C.; JAMIESON, H.; BOTHA, P.A. Stimulation of seed germination in South African species of Restionaceae by plant-derived smoke. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 15, n. 1, p. 93-100, 1994.

BROWN, N.A.C; VAN STADEN, J. Smoke as a germination cue: a review. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 22, n. 2, p. 115-124, 1997.

BROWN, N.A.C; VAN STADEN, J. Plant-derived smoke: an effective seed pre-soaking treatment for wildflower species and with potential for horticultural and vegetable crops. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 26, n. 3, p. 669-673, 1998.

BSHS-British Society for the History of Science. Archives of the british chemical industry 1750-1914: a handlist. Londres, 1988. Não paginado. (BSHS. Monograph, 6).

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

CARRIGAN, L.; FREY, K. J. Root volumes of *Avena* species. **Crop Science**, Madison, v.20, p.407-408, 1980.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CORBANI, R. Z. **Estudo do Extrato Pirolenhoso BIOPIROL[®] no manejo de nematóides em cana-de-açúcar, olerícolas e citros, em diferentes ambientes**. 2008. 55f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2008.

CUADRA, R.; CRUZ, X.; PEREIRA, E.; MARTIN, E.; DIAZ, A. Algunos compuestos naturales com efecto nematicida. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 24, n. 15, p. 31-37, 2000.

DE LANGE, J. H; BOUCHER, C. Autecological studies on *Audouinia capitata* (Bruniaceae). 1. Plant-derived smoke as a seed germination cue. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 56, p. 700-703, 1990.

DEMIR, I. Effect of controlled hydration treatment on quality of aubergine seeds following storage. **Phyton Annales Rei Botanicae**, Graz, v. 43, n. 2, p. 307-317, 2003.

DEMIR, I; LIGHT, M.E.; VAN STADEN, J.; KENANOGLU, B. B.; CELIKKOL, T. Improving seedling growth of unaged and aged aubergine seeds with smoke-derived butenolide. **Seed Science and Technology**, Basserdorf, v. 37, n. 1, p. 255-260, 2009.

DORAN, W.L. Acetic acid and pyroligneous acid in comparison with formaldehyde as soil disinfectants. **Journal of Agriculture Research**. Washington, v. 44, n. 7, p. 571-578, 1932.

DREWES, F.E.; SMITH, M.T.; VAN STADEN, J. The effect of plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 16, p. 205–209, 1995.

DU, H. G.; OGAWA, M.; ANDO, S.; TSUZUKI, E.; MURAYAMA, S. Effect of mixture of charcoal with pyroligneous acid on sucrose content in netted melon fruit (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.). **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 66, n. 3, p. 369-373, 1997.

EGERTON-WARBURTON, L.M. A smoke-induced alteration of the sub-testa cuticle in seeds of the post-fire recruiter, *Emmenanthe penduliflora* Benth. (Hydrophyllaceae). **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.49, p.1317-1327, 1998.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. SANTOS, H. G. et al. (Coord.) 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

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.

FAQUIN, V.; VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E. **Cultivo de plantas em ambiente controlado**: solução nutritiva, hidropônico e em vasos com solo. DCS/UFLA, Lavras, 2000. 15p.

FINCH-SAVAGE, W.E.; DENT, K.C.; CLARK, L.J. Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm

priming (pre-sowing seed soak). **Field Crops Research**,. Amsterdam, v. 90, n. 2-3, p.361–374, 2004.

FLEMATTI G.; GHISALBERTI, E.; DIXON, K.; TRENGOVE, R. D. A compound from smoke that promotes seed germination, **Science**, Washington, v. 305, p. 977, 2004.

FLEMATTI, G.R.; GHISALBERTI, E.L.; DIXON, K.W.; TRENGOVE, R.D. Identification of Alkyl Substituted 2H-Furo[2,3-c]pyran-2-ones as Germination Stimulants Present in Smoke. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 57, n. 20, p. 9475–9480, 2009.

FORNASIERI FILHO, D.; **Manual da Cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.

FURTADO, G.R.; PEREIRA, R.T.G.; ZANETTI R.; SOUZA-SILVA A. Efeito do ácido pirolenhoso in vitro sobre isolados de *Botrytis cinerea*, *Cylindrocladium cavatum* e *Rhizoctomia solani*. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 27, p. 112, 2002.

GARDNER, M.J.; DALLING, K.J.; LIGHT, M.E.; JÄGER, A.K.; VAN STADEN, J. Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism? **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 67, p. 636–640, 2001.

GERAGE, A. C. Cultivares. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina, 1991. p.72-82.

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

GOOS, A.W. The Thermal Decomposition of Wood. In: Wise, L.E.; JAHN, E.C. **Wood Chemistry**. 2nd Ed., v. 2, Reinhold Pub. Co., New York, 1952, p.826.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J.; ZABALA, L. Study of a commercial liquid smoke flavoring by means of Gas Chromatography/Mass spectrometry and fourier Transform Infrared Spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 43, n. 2, p. 463-468, 1995.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Study of the components of a solid smoke flavouring preparation. **Food Chemistry**, Whiteknights, v. 55, p. 251–257, 1996.

GUILLÉN, M. D.; IBARGOITIA, M. L. Relationships between the maximum temperature reached in the smoke generation processes from *Vitis vinifera* L. shoot sawdust and composition of the aqueous smoke flavouring preparations obtained. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 44, n. 5, p. 1302–1307, 1996a.

GUILLÉN, M. D.; IBARGOITIA, M. L. Volatile components of aqueous liquid smokes from *Vitis vinifera* L. shoots and *Fagus sylvatica* L. wood. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 72, n. 1, p. 104–110, 1996b.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Characterization of the components of a salty smoke flavouring preparation. **Food Chemistry**. Whiteknights, v. 58, p. 97–102, 1997.

GUILLÉN, M. D.; IBARGOITIA, M. L. New components with potential antioxidant and organoleptic properties, detected for the first time liquid smoke flavoring preparations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 46, n. 4, p.1276-1285, 1998.

GUILLÉN, M. D.; IBARGOITIA, M. L. GC/MS analysis of lignin monomers, dimers and trimers in liquid smoke flavourings. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 79, n. 13, p. 1889–1903, 1999.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Extractable components of the aerial parts of *Salvia lavandulifolia* and composition of the liquid smoke flavouring obtained from them. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 47, n. 8, p. 3016–3027, 1999a.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Smoke and liquid smoke Study of an aqueous smoke flavouring from the aromatic plant *Thymus vulgaris* L. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v.79, n. 13, p.1267–1274, 1999b.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J.; IBARGOITIA, M. L. Carbohydrate and nitrogenated compounds in liquid smoke flavourings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 49, n. 5, p. 2395–2403, 2001.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Study of the volatile composition of an aqueous oak smoke preparation. **Food Chemistry**. Whiteknights, v. 79, p. 283–292, 2002.

HARRIS, D.; JOSHI, A.; KHAN, P.A.; GOTHKAR, P.; SODHI, P.S. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. **Experimental Agriculture**, Dundee, v. 35, p. 15–29, 1999.

HIGASHINO, T.; SHIBATA, A.; YATAGAI, M. Basic study for establishing specifications for wood vinegar by distillation I. Study of regulations and reproducibility of compounds contained in distilled wood vinegar. **Journal of the Japan Wood Research Society**, Tokyo, v. 51, n. 3, p.180-188, 2005.

ICHIKAWA, T.; OTA, YASUO Plant growth regulation activity of pyroligneous acid. I. Effect of pyroligneous acid on the growth of rice seedlings. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 51, p. 14-17, 1982.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO
S.A. Butantã, São Paulo – SP, Brasil.

IRIGON, D.L.; ROSSINI, M.C. Aferição de testes de vigor para sementes de trigo. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 7-16, 1992.

JÄGER, A.K.; STRYDOM, A; VAN STADEN, J The effect of ethylene, octanoic acid and a plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seeds. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 19, p. 197–201, 1996.

JÄGER, A.K.; STRYDOM, A; VAN STADEN, J The effect of ethylene, octanoic acid and a plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seeds. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 19, p. 197–201, 1996.

KADOTA, M.; NIIMI, Y. Effects of charcoal with pyroligneous acid and barnyard manure on bedding plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, p. 327–332, 2004.

KEELEY, J.E.; FOTHERINGHAM, C.J. Smoke-induced seed germination in California chaparral. **Ecology**, Washington, v. 79, p. 2320-2336, 1998.

KULKARNI, M.G.; SPARG, S.G.; LIGHT, M.E.; VAN STADEN, J. Stimulation of rice (*Oryza sativa* L.) seedling vigour by smoke-water and butenolide. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 192, n. 5, p. 395-398, 2006.

LIGHT, M. E.; BURGER, B. V.; STAERK, D.; KOHOUT, L.; VAN STADEN, J. Butenolides from Plant-Derived Smoke: Natural Plant-Growth Regulators with Antagonistic Actions on Seed Germination. **Journal of Natural Products**, Columbus, v. 73, p. 267–269, 2010.

LIGHT, M.E.; VAN STADEN, J. The potential of smoke in seed technology. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 70, p. 97–101, 2004.

LOO A. Y, **Isolation and characterization of antioxidant compounds from pyroligneous acid of *Rhizophora apiculata***. 2008. 239f. Tese (Doutorado). Universiti Sains Malaysia. Penang, 2008.

LOO A. Y.; JAIN, K. A., DARAHA, I. B. Antioxidant activity of compounds isolated from the pyroligneous acid *Rhizophora apiculata*. **Food Chemistry**, Whiteknights, n. 107, p. 1151–1160, 2008.

MAEKAWA, K. **Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura**. São Paulo: APAN (Associação dos Produtores de Agricultura Natural), 2002. Apostila.

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

MINORSKY, P. V. Smoke-induced germination. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 128, p. 1167-1168, 2002.

MIYASAKA, S.; OHKAWRA, T.; UTSUMI, B. **Boletim Agro-Ecológico: O ponto de encontro da Agroecologia**. São Paulo: 1999. n. 14, p.17.

MIYASAKA, S. et al. **Derivados de carvão vegetal, extrato pirolenhoso e fino de carvão na agricultura natural**. São Paulo: APAN (Associação dos Produtores de Agricultura Natural), 2001a. Apostila.

MIYASAKA, S. et al. Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso. In: I ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças. v.1, Botucatu. **Resumos....** 2001b. p.161-176.

MODI, A.T. Indigenous storage method enhances seed vigour of traditional maize. **South African Journal of Science**, Tygervally, v. 98, p. 138–139, 2002.

MODI, A.T. Short-term preservation of maize landrace seed and taro propagules using indigenous storage methods. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 70, p. 16–23, 2004.

MU J.; UEHARA, T.; FURUNO, T. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. **Journal of Wood Science**, Tokyo, v. 49, n. 3, p. 262–270, 2003.

MU J.; UEHARA, T.; FURUNO, T. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants II: composition of moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects. **Journal of Wood Science**, Tokyo, n. 5, v. 50, p. 470–476, 2004.

MUN, S. P.; KU, C. S. Pyrolysis GC-MS analysis of tars formed during the aging of wood and bamboo crude vinegars. **Journal of Wood Science**, Tokyo, v. 56, n. 1, p. 47-52, 2010.

MURUNGU, F.S.; NYAMUGAFATA, P.; CHIDUZA, C.; CLARK, L.J.; WHALLEY, W.R. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 74, p. 161–168, 2003.

MURUNGU, F.S.; NYAMUGAFATA, P.; CHIDUZA, C.; CLARK, L.J.; WHALLEY, W.R. Effects of seed priming and water potential on germination of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in laboratory assays. **South African Journal of Plant and Soil**, Bethlehen, v. 22, p. 64–70, 2005.

NAKAOKA SAKITA, M.; PERES, F. S. Coleção de plantas medicinais no viveiro do Parque Estadual da Cantareira, Instituto Florestal, São Paulo (SP). 1. In: FÓRUM DE BIOTECNOLOGIA DO VALE DO PARANAPANEMA: Novos rumos para o desenvolvimento, 2006, Assis. **Resumos...** Assis: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Assis, 2006. p. 118.

NELSON, D. C.; RISEBOROUGH, J. A.; FLEMATTI, G. R.; STEVENS, J.; GHISALBERTI, E. L.; DIXON, K. W.; SMITH, S. M. Karrikins Discovered in Smoke Trigger Arabidopsis Seed Germination by a Mechanism Requiring Gibberellic Acid Synthesis and Light. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 149, p. 863–873, 2009.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. et al. (Coord.) Métodos de Pesquisa em Fertilidade do Solo. Brasília, EMBRAPA-SEA, 1991. p.189-253. (EMBRAPA-SEA, Documento 3).

NUMATA, K.; OGAWA T.; TANAKA, K. Effects of pyroligneous acid (wood vinegar) on the several soilborne diseases. **Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection Society**. Omagary, v. 5, n. 41, p. 107-110, 1994.

PANSIERA, V. C.; VENDRAMIM, J. D.; BOGORNI, P. C.; GERVASIO, R. C. R. G.; BRITO, J. O. Efeito do ácido pirolenhoso de *Eucalyptus grandis* sobre a oviposição de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) e *Tuta absoluta* (Meyick). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO; XX REUNIÃO PAULISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS; XXIII

CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESALQ, 16, 2002, Piracicaba. **Resumos...** São Paulo: USP, 2002. p.46.

PEDRAS, J.F.; RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D. Absorção de íons via foliar. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 2, p. 301-320.

PIERCE, S.M.; ESLER, K.; COWLING, R. M. Smoke-induced germination of succulents (Mesembryanthemaceae) from fire-prone and fire-free habitats in South Africa. **Oecologia**, Berlin, v. 102, n. 4, p. 520-522, 1995.

PORTO, P. R.; SAKITA, A. E. N.; NAKAOKA SAKITA, M. Efeito da aplicação do extrato pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, n. 31, p. 15-19, 2007.

PRESTON, C.A.; BALDWIN, I.T. Positive and negative signals regulate germination in the post-fire annual, *Nicotiana attenuate*. **Ecology**. Washington, v. 80, p. 481-494, 1999.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagens. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. p.56-59 (boletim Técnico, 100).

ROCHE, S.; KOCH, J.M.; DIXON, K.W. Smoke enhanced seed germination for mine rehabilitation in the southwest of Western Australia. **Restoration Ecology**, Tucson, v. 5, p. 191–203, 1997.

RODRIGUES, V.; AL-ASMI, H. S.; ESECHIE, H. A. Effect of pyroligneous liquid on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). **Crop Research**. Rajendranagar, v. 24, n. 3, p. 471-475, 2002.

RONCHI FILHO, C. A. **Aplicação de extrato pirolenhoso e fino de carvão vegetal em milho (*Zea mays* L.)**. 2005. 52f. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2005.

SAIGUSA, T. Aplicação de extrato pirolenhoso na agricultura (APAN – Associação dos Produtores de Agricultura Natural), São Paulo, 2002. **Apostila**.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.58, n.2, p.271-276, 2001.

SANGSRICHAN, R.M.S. Evaluation of antioxidation and radical scavenging Activities in pyroligneous acid samples. **Pure and Applied Chemistry International Conference**. PACCON. Phitsanulok, p.51-53, 2009.

SANTOS, E. B. **Efeitos da aclimação de mudas de clones de *Eucalyptus* spp. sobre as características morfofisiológicas e crescimento inicial**. 2002. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2002.

SAS Institute. **SAS/STAT user's guide**: version 9.0. Cary, 2002.

SCOTT, A.; KNOTT, M. A cluster-analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SENARATNA, T.; DIXON, K.; BUNN, E.; TOUCHELL, D. Smoke-saturated water promotes somatic embryogenesis in geranium. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 28, p. 95–99, 1999.

SHIBAYAMA, H.; MASHIMA, K.; MITSUTOMI, M.; ARIMA, S. Effects of application of pyroligneous acid solution produced in Karatsu city on growth and free sugar contents of storage roots of sweet potatoes. **Marine and Highland Bioscience Center Report**, Phukel, v. 7, p. 15-23, 1998.

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

SOUZA, L.D.; REICHARDT, K. Estimativas da capacidade de campo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.183-9, 1996.

SOUZA-SILVA, A. **Efeito do extrato Pirolenhoso sobre *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), *Syntermes molestus* (Burmeister, 1983) (Isoptera: Termitidae) e mudas de eucalipto**. 2003. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SOUZA-SILVA, A.; ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A.; MATTOS, J.O.S. Preferência de formigas cortadeiras por mudas de eucalipto pulverizadas ou imersas em soluções de extrato pirolenhoso em diferentes concentrações. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p. 9-13, 2005.

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

SPARG, S.G.; KULKARNI, M.G.; LIGHT, M.E.; VAN STADEN, J. Improving seedling vigour of indigenous medicinal plants with smoke. **Bioresource Technology**, Fayetteville, v. 96, p. 1323–1330, 2005.

SPARG, S. G.; KULKARNI, M. G.; VAN STADEN, J. Aerosol Smoke and Smoke-Water Stimulation of Seedling Vigor of a Commercial Maize Cultivar. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 1336–1340, 2006.

SUGUIURA, G.; HIROKAWA, T.; TAKAHASHI, T. **Sumiyaki kyo hon** - handbook of charcoal making (Manual de produção de carvão vegetal). Tokyo, 1998. 171 p.

TAYLOR, J.L.S.; VAN STADEN, J. Plant-derived smoke solutions stimulate the growth of *Lycopersicon esculentum* roots in vitro. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 26, p. 77–83, 1998.

THOMAS, T.H.; VAN STADEN, J. Dormancy break of celery (*Apium graveolens* L.) seeds by plant-derived smoke extract. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 17, p. 195–198, 1995.

TODOROVIC', S.; GIBA, Z.; IVKOVIC', S.; GRUBIS'IC', D.; KONJEVIC', R. Stimulation of empress tree seed germination by liquid smoke. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 47, p. 141–148, 2005.

TSUZUKI, E.; MORIMITSU, T.; MATSUI, T.; Effects of chemical compounds in pyroligneous acid on root rice plant. **Japan Journal Crop Science**, Tokyo, v. 66, n. 4, p. 15-16, 2000.

UDDIN, S. M. M.; MURAYAMA, S.; ISHIMINE, Y.; TSUZUKI, E.; Effect of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on cane and sugar yield of spring and ratoon crops of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Japan Journal Crop Science**, Tokyo, v. 38, n. 4, p. 281-285, 1994.

UDDIN, S.M.M.; MURAYAMA, S.; ISHMINE, Y.; TSUZUKI, E. Studies on sugarcane cultivation. Effects of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on cane and sugar

yield of spring and ratoon crops of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, Kanagawa, v. 38, n. 4, p. 281–285, 1995.

VAN STADEN, J.; JIIGER, A.K.;STRYDOM, A. Interaction between a plant-derived smoke extract, light and phytohormones on the germination of light-sensitive lettuce seeds. **Plant Growth Regulation**, Pietermaritzburg, v. 17, p. 213-218, 1995.

VAN STADEN, J.; BROWN, N. A. C.; JÄGER, A. K.; JOHNSON, T. A. smoke as a germination cue. **Plant Species Biology**, Sapporo, v. 15, n. 2, p. 167–178, 2000.

VAN STADEN, J.; JÄGER, A. H.; LIGHJT, M. E.; BURGER, B. V. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 70, n. 4, p. 654–659, 2004.

VAN STADEN, J.; SPARG, S. G.; KULKARNI, M. G.; LIGHT, M. E. Post-germination effects of the smoke-derived compound 3-methyl-2Hfuro[2,3-c]pyran-2-one, and its potential as a preconditioning agent. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 98–105, 2006.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994a, 164p.

WANG, Z.; LIN, W.; SONG, W.; YAO, J. Preliminary investigation on concentrating of acetol from wood vinegar. **Energy Conversion and Management**, Belton, v. 51, n. 2, p. 346–349, 2010.

YASUHARA, A. Volatile compounds in pyroligneous liquids from Karamatu and Chisima-sasa. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 51, n. 11, p. 3049–3060, 1987.

YATAGAI, M. **Mokutan to mokusaku eki no shin yo to kaihatsu kenkyu seika shu.** (Coletânea de recentes pesquisas e resultados sobre carvão vegetal) Fukyu Sohsho. Tokyo, 1998. 174 p.

YATAGAI, M.; UNRININ, G. By-products of wood carbonization VI: germination and growth effects of wood vinegar components and their homologs on plant seeds: alcohols and phenols. **Mokuzai Gakkaishi**, Tokyo, v. 35, p. 1021–1028, 1989.

ZANETTI, M. et al. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro cravo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 3, v. 25, p.1-8, 2003.

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