



REVISTA ELETRÔNICA
CIENTÍFICA DA UERGS

Efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento inicial de plantas de milho e feijão

Darlan Weber da Silva

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: darlanweberdasilva@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/6861027975295243>

Eduardo Canepelle

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: eduardocanepelle@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/9610736541010188>

Thaniel Carlson Writzl

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: thaniel.cw@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/9511802344834037>

Andersson Daniel Steffler

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: anderssonsteffler@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/3203350859811354>

Jackson Eduardo Schmitt Stein

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: jackson.s.stein@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/2183664958159614>

Divanilde Guerra

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: divanilde-guerra@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/9759850350175482>

Danni Maisa da Silva

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: danni-silva@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/2971607375965625>

Marciel Redin

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: marciel-redin@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/7912908707815307>

ISSN 2448-0479 Submetido em: 31 mar. 2020. Aceito: 19 nov. 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.71.93-102>

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes concentrações de extrato pirolenhoso (EP) aplicado nas sementes e no solo sobre o desenvolvimento inicial de plantas de milho (*Zea mays* L.) e feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.). O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 8 dm³ com as culturas do milho e feijão com aplicação do EP de duas formas, no solo e na semente. As concentrações de EP (água + EP) testadas no solo foram: 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2% v.v⁻¹ e nas sementes: 0, 25, 50, 75 e 100% v.v⁻¹. Foi determinado o índice de velocidade de emergência das plantas (IVE) e as avaliações morfológicas: altura de planta e diâmetro do colmo em avaliações quinzenais. Ainda, a determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) foi realizada no final do experimento aos 60 dias após semeadura. O EP aplicado nas sementes de milho reduziu o diâmetro do colmo, altura de plantas e IVE, no feijão inibiu a germinação das sementes. Já quando aplicado no solo na concentração de 2,0% proporcionou aumento na altura das plantas de milho em 12 cm e incrementos na produção de MSR em 34,3%; no feijão reduziu o IVE, não promoveu incrementos

na altura das plantas e MSR. Assim, o uso de EP aplicado no solo apresenta-se como um potencial insumo alternativo para o incremento no crescimento inicial de plantas de milho.

Palavras-chave: Insumo alternativo. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*. Ácido pirolenhoso.

Abstract

Effect of pyroligneous extract on initial growth of corn and bean plants

The aim of this work was to evaluate the influence of different concentrations of pyroligneous extract (PE) applied on seeds and soil on the initial growth of corn (*Zea mays* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. The experiment was performed in 8 dm³ plastic pots with corn and bean cultivated with PE application in two ways, in soil and seed. The soil PE concentrations (water + PE) tested were: 0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2% v.v⁻¹ and in the seeds: 0, 25, 50, 75 and 100% v.v⁻¹. Index of velocity of emergence (IVE) and morphological evaluations were determined: plant height and stem diameter with biweekly evaluations. In addition, the determination of shoot dry matter (SDM) and roots (RDM) was done at the end of the experiment at 60 days after sowing. The PE applied to corn seeds reduced stem diameter, plant height and IVE, in bean inhibited seed germination. When applied to the soil at a concentration of 2.0%, it increased the height of maize plants by 12 cm and increased RDM production by 34.3%; beans reduced IVE, did not increase plant height and RDM. Thus, the use of PE applied in the soil presents itself as a potential alternative input for the increase in the initial growth of corn plants.

Keywords: Alternative input. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*. Pyrolenous acid.

Resumen

Efecto del extracto piroleñoso sobre el desarrollo inicial de plantas de maíz y frijol

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de diferentes concentraciones de extracto piroleñoso (EP) aplicado a semillas y suelo sobre el desarrollo inicial de plantas de maíz (*Zea mays* L.) y frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.). El experimento se realizó en macetas de plástico de 8 dm³ con cultivos de maíz y frijol con aplicación de EP de dos formas, en el suelo y en la semilla. Las concentraciones de EP (agua + EP) probadas en el suelo fueron: 0; 0,5; 1,0; 1,5 y 2% v.v⁻¹ y en las semillas: 0, 25, 50, 75 y 100% v.v⁻¹. Fue determinado el índice de velocidad de emergencia de las plantas (IVE) y las evaluaciones morfológicas: altura de la planta y diámetro del tallo en evaluaciones quincenales. Además, la determinación de materia seca de brotes (MSPA) y raíces (MSR) se realizó al final del experimento a los 60 días después de la siembra. El EP aplicado a las semillas de maíz redujo el diámetro del tallo, la altura de la planta y el IVE, en el frijol, inhibió la germinación de la semilla. Ya cuando se aplicó al suelo en una concentración de 2.0%, proporcionó un aumento en la altura de las plantas de maíz en 12 cm y un aumento en la producción de MSR en un 34.3%; en frijoles redujo el IVE, no promovió incrementos en la altura de las plantas y MSR. Así, el uso de EP aplicado al suelo es un potencial insumo alternativo para incrementar el crecimiento inicial de las plantas de maíz.

Palabras clave: Entrada alternativa. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*. Ácido piroleñoso.

Introdução

Insumos agrícolas alternativos de fontes renováveis têm sido de grande importância para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam ser utilizadas na agricultura (SILVEIRA, 2010). Nas últimas décadas é notável a crescente busca por produtos oriundos de fontes naturais renováveis, afim de atender as exigências do mercado consumidor por alimentos produzidos na agricultura de base ecológica, que provoquem menores impactos ambientais, e ainda para reduzir os custos de produção. Neste contexto, destaca-se o extrato pirolenhoso (EP) como um líquido obtido por meio da condensação da fumaça produzida durante o processo de queima da madeira na produção de carvão vegetal (JÚNIOR *et al.*, 2018). O EP possui cerca de 90% de água em sua composição, os outros 10% são misturas complexas de vários componentes, em que mais de duzen-



tos compostos orgânicos podem estar presentes, tais como acético, álcoois, acetonas, ésteres, fenóis e alguns derivados de lignina, hidrocarbonetos e compostos nitrogenados (WU *et al.*, 2015; GUILLÉN; MANZANOS, 2002; GUILLÉN *et al.*, 2001).

O Brasil é o maior produtor de carvão vegetal do mundo, assim apresenta potencial de ser maior produtor mundial também de EP (ROGACIANO, 2017). A obtenção do EP além de diminuir a emissão de gases para atmosfera, decorrentes do processo de fabricação do carvão vegetal, também contribui para produção de produto com potencial de utilização na agricultura tendo em vista que o EP é considerado um subproduto da fabricação do carvão vegetal através de recursos naturais. O EP, conforme relatado por diversos autores (MELO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2017; YAHAYU *et al.*, 2017; THEAPPARAT; LEELASUPHAKUL, 2015; TIILIKKALA; FAGERNÄS; TIILIKKALA, 2010), pode ser utilizado para diversos fins na agricultura tais como: Fertilizante líquido, na composição de adubos orgânicos, compostagem, potencializador da eficiência de produtos fitossanitários e desinfetante do solo, condicionador do solo das propriedades físicas, químicas e principalmente biológicas do solo, bioestimulante vegetal, indutor de enraizamento, repelente de insetos, contribuindo com a diminuição do uso de agroquímicos na agricultura convencional. Grewal; Abbey e Gunupuru (2018) também relatam que o EP possui propriedades antioxidantes e necrófagas sendo usado na agricultura como agente antimicrobiano, inseticida, promotor da germinação de sementes e do crescimento das plantas.

O EP diluído em água quando aplicado ao solo propicia aumento de microrganismos benéficos e facilita a absorção de nutrientes da solução do solo pelas plantas, além de ação desinfetante do solo (THEAPPARAT; LEELASUPHAKUL, 2015; RODRIGUES; AL-ASMI; ESECHIE, 2002), apresenta ação positiva na germinação de sementes e emergência de plantas, incluindo as plantas daninhas, pois os compostos químicos derivados da fumaça se comportam de maneira semelhante àqueles responsáveis por regular o crescimento em plantas (GARDNER *et al.*, 2001), apresenta respostas hormonais, com evidências em muitas espécies e interação com giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno em sementes (MELO *et al.*, 2017; YAHAYU *et al.*, 2017). A aplicação de produtos que contenham substâncias capazes de exercer efeitos na germinação de sementes, emergência de plantas e no vigor de plantas e, conseqüentemente, no estabelecimento das plantas em campo, pode ser uma alternativa para potencializar a produção vegetal de alimentos (LIGHT *et al.*, 2010).

Resultados com arroz mostram que solo tratado com EP promove o maior crescimento das plantas, com aumento da matéria seca da parte aérea e raízes, especialmente maior número de novas raízes emitidas (TSUZUKI; MORIMITSU; MATSUI, 2000). De maneira geral, a aplicação de EP no tratamento de sementes e/ou aplicação no solo aumenta o peso fresco das plantas, à medida que se aumenta as doses de EP (SILVA *et al.*, 2017; SILVEIRA, 2010). No entanto por outro lado, doses com concentrações elevadas, dependendo da espécie, podem apresentar efeitos negativos nas plantas (RODRIGUES; AL-ASMI; ESECHIE, 2002). Em trabalho realizado por Cardelli *et al.* (2020), os maiores valores de conteúdo de biomassa microbiana e da atividade enzimática foram encontrados no solo tratado com doses mais baixas de EP (1%), o que contribuiu para a melhoria da qualidade do solo, mas, tanto a biomassa microbiana quanto a atividade enzimática da maioria das enzimas do solo diminuíram com o aumento das doses aplicadas (2 e 5%). Esses fatos permitem questionar sobre qual(is) seria(m) a(s) melhor(es) dose(s) para as diferentes aplicações do EP na agricultura, no solo e nas diferentes culturas. Essa informação é de grande importância agrônoma para melhorar o condicionamento das sementes para a rápida emergência, estabelecimento do estande de plantas, para maior tolerância à seca devido ao maior desenvolvimento radicular, para a melhoria da qualidade do solo e por fim, melhor para produção das culturas.

Algumas culturas de interesse agrícola no Brasil, como o milho e feijão são cultivadas tanto na agricultura familiar quanto na patronal, apresentando assim grande importância econômica e social para setor agrícola do país. O Brasil na safra 2018/19 foi o maior produtor mundial de feijão e o milho é o principal cereal cultivado no país (CONAB, 2019). No entanto, o cultivo destas culturas precisa ser realizado de maneira mais eficiente, pois ainda são observadas baixas produtividades de grãos, principalmente nas pequenas propriedades familiares (MOURA; BRITO, 2015). Assim, torna-se crucial a busca por insumos e tecnologias baratas que sejam capazes de incrementar a produtividade dessas culturas agrícolas, além de manter a estabilidade econômica e ambiental dos pequenos produtores familiares. O EP pode ser uma das alternativas a ser incorporada pelos pequenos produtores visando cultivo mais eficiente, pois além de atuar como condicionador de solo é bioestimulante vegetal e apresenta baixo custo (SILVEIRA, 2010).

A obtenção e utilização do EP é muito antiga, no Japão é utilizado há séculos principalmente na floricultura, horticultura e fruticultura. No entanto, eficiência do EP em culturas agrícolas, sobretudo de grãos, ainda não está

bem caracterizada no Brasil, devido ao limitado número de trabalhos científicos desenvolvidos até o momento (SILVEIRA, 2010). Tiilikkala; Fagernäs; Tiilikkala (2010) reforçam que, apesar da importância e do impacto social associados ao uso do EP, por ser uma técnica praticável no uso sustentável dos resíduos e das biomassas, pouca evidência científica está disponível para apoiar as alegações de eficácia do uso deste produto. Com isso, torna-se necessário obter informações do modo de uso e de concentrações adequadas do EP em culturas agrícolas como o milho e feijão. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes concentrações de EP aplicado nas sementes e no solo sobre o desenvolvimento inicial de plantas de milho e feijão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em vasos plásticos dispersos sobre o campo da área experimental da Escola Técnica Estadual Celeiro (ETEC) no município de Bom Progresso/RS, durante 60 dias. Foram utilizados vasos plásticos com volume de 8 dm³ e profundidade de 20 cm. Os vasos foram preenchidos com solo caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (STRECK *et al.*, 2018), proveniente da camada de 0-20 cm de profundidade, estratificado nas camadas de 0-10 e 10-20 cm da própria área do estudo, conduzida sob sistema de plantio direto consolidado. A densidade do solo dentro dos vasos foi ajustada para 1,2 g/cm³, através da razão entre a massa de solo seco e o volume ocupado pelo mesmo nos vasos, de acordo com metodologia de Ferreira (2010). Antes do preenchimento dos vasos, o solo em cada camada foi destorroado e homogeneizado, sendo retirado o excesso de resíduos culturais. Posteriormente, foi retirada uma amostra de solo para análise química da fertilidade do solo, sendo que a mesma indicou solo com pH adequado, sem o excesso de elementos tóxicos e alta fertilidade.

Os vasos foram dispostos na superfície do solo distantes 50 cm entre si, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Semanalmente, os vasos foram trocados de posição na área de estudo. O experimento contou com 20 tratamentos, sendo duas culturas agrícolas, milho e feijão comum do grupo comercial preto, nas quais foi aplicado o EP de duas formas, no solo e na semente. As concentrações de EP testadas no solo foram: 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2% (água + EP; v.v⁻¹) e nas sementes: 0, 25, 50, 75 e 100% (água + EP; v.v⁻¹). No solo o EP foi aplicado duas horas antes da semeadura em uma solução contendo 1000 ml de água destilada a fim de distribuir de maneira uniforme o produto no solo. Já nos tratamentos em que o EP foi adicionado nas sementes, de modo que estas permaneceram embebidas por uma hora na solução de EP testada, e após foram semeadas no solo dos vasos. As sementes de milho e feijão usadas apresentavam germinação acima de 92%.

Com o objetivo de garantir as mesmas condições experimentais de umidade do solo no início do experimento, os tratamentos testemunhas foram submetidos as mesmas quantidades de água que os demais tratamentos. Após o tratamento com EP, as sementes do feijão foram inoculadas com estirpe de *Rhizobium* recomendado para a cultura. A semeadura foi realizada a 2 cm de profundidade com quatro sementes de cada cultura por vaso e o tratamento químico de sementes não foi realizado visando uma não interação química que pudesse vir a interferir no resultado da ação do EP. Para a cultura do milho, como fonte de nitrogênio na semeadura, foi utilizado sulfato de amônio e ureia em cobertura aos 30 dias após semeadura, de acordo com a análise de solo e recomendação técnica da cultura. O controle de plantas de crescimento espontâneo nos vasos foi realizado manualmente. O controle de pragas foi necessário por três vezes, e foi realizado por meio de pulverizações com calda a base de óleo de *neem*, já o controle de doenças não se fez necessário. Com o propósito de evitar irregular disponibilidade de água no solo para as plantas e afetar os diferentes tratamentos, a irrigação foi realizada semanalmente com adição de 170 ml de água na superfície do solo de cada vaso, exceto nas semanas com chuva superior a essa quantidade proporcional por área.

O índice de velocidade de emergência (IVE), foi analisado diariamente por nove dias. Para isso foi feita a contagem das plântulas emergidas, sendo estas consideradas as plantas que apresentavam a parte vegetativa acima do solo igual ou superior a 1 cm, no momento da avaliação. O IVE foi calculado pela fórmula modificada por Wardle, Ahmed e Nicholson (1991), sendo $IVE = [N1/1 + N2/2 + N3/3 + \dots + Nn/n]$, em que N1, N2, N3... Nn são o número de sementes emergidas, e 1, 2, 3... n, o número de dias após semeadura. Após as avaliações do IVE, foi realizado o raleio das plantas nos vasos, deixando somente duas plantas por vaso para realização das avaliações morfológicas.

As avaliações foram realizadas quinzenalmente até 60 dias após a semeadura. Os parâmetros morfológicos avaliados foram: altura de planta (cm) e diâmetro do colmo (cm). A altura das plantas foi avaliada com o

auxílio de uma régua graduada em centímetros, a partir do nível do solo. Para a cultura do milho a medição foi realizada até a bainha da última folha e para a cultura do feijão até a inserção do último trifólio. O diâmetro do colmo foi mensurado utilizando-se um paquímetro, cujas avaliações foram realizadas a 5 cm do colo das plantas. A determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSR) das plantas de milho e feijão foram realizadas aos 60 dias após a semeadura. Para isso, as plantas foram cortadas ao nível do solo, e posteriormente, foi realizada a coleta de todas as raízes presentes no solo existe dentro dos vasos. Ambos os materiais coletados, massa verde da parte aérea e massa verde das raízes foram colocados em estufa de circulação forçada a 65°C para secagem até peso constante, sendo posteriormente pesados para a determinação da matéria seca de cada parte das plantas.

As médias do IVE foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste Tukey 5% e as doses submetidas a análise de regressão polinomial, utilizando-se dos procedimentos disponíveis no pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussões

O IVE do milho mostrou que as concentrações de EP de 25 e 50% aplicados na semente foram estatisticamente iguais a testemunha (Tabela 1). Nas concentrações de 75 e 100% observou-se redução significativa no IVE do milho, sendo o mesmo efeito observado quando se fez aplicação no solo, indicando, assim, que concentrações mais elevadas de EP aplicadas na semente afetam o IVE de milho, provavelmente devido ao produto apresentar efeito fitotóxico às plântulas. Silveira (2010) verificou que a concentração de 25% de EP aplicado na semente de milho proporcionou maior VE quando comparado às mais altas concentrações estudadas (50, 75 e 100%). Ainda, observou que nas concentrações mais elevadas de EP testadas ocorreu uma redução do IVE, assim como observado neste estudo.

Tabela 1. IVE de milho e feijão com EP aplicado na semente e no solo aos nove dias após a semeadura.

Culturas	Doses de EP na semente (v.v ⁻¹)				
	0%	25%	50%	75%	100%
Milho	5,97 Aaα*	5,83 Aaα	5,52 ABaα	3,01 BCbβ	1,63 Cbβ
Feijão	4,25 Aaα	-	-	-	-
Culturas	Doses de EP no solo (v.v ⁻¹)				
	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
Milho	5,97 Aaα	5,52 Aaα	5,97 Aaα	5,64 Aaα	5,37 Aaα
Feijão	5,73 Aaα	4,83 Ba	4,07 Ba	4,62 Ba	4,53 Ba

* Letras maiúsculas (A) diferentes na linha, representam diferença estatística por meio do teste de Tukey 5% nos resultados para doses. Letras minúsculas (a) diferentes na coluna, para as culturas. Letras α e β diferentes, entre as formas de aplicação do EP para cada cultura. Valores são a média de três repetições, (n = 12 sementes).

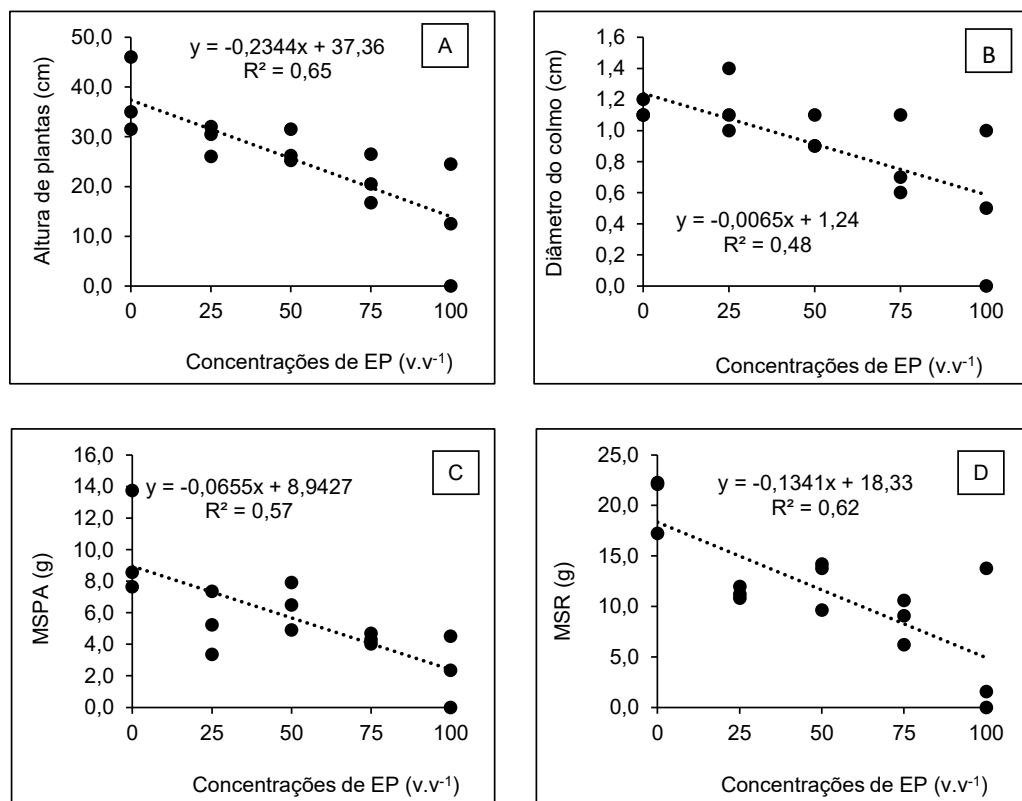
O EP aplicado nas sementes de feijão, nas concentrações de 25, 50, 75 e 100% inibiu a germinação das sementes, indicando assim que esta forma de aplicação do produto não deve ser utilizada nas sementes de feijão. Lourenço *et al.* (2018), também observaram que o EP atuou como inibidor de germinação da Fabaceae *Leucaena leucocephala* (*leucena*). O efeito inibitório do produto sobre as sementes de feijão pode ser observado claramente quando se verifica que apenas ocorreu germinação nas sementes do tratamento testemunha (0%). O EP causou alteração nas sementes de feijão, o que impossibilitou a germinação das mesmas, provavelmente pela composição da semente com maior proporção de proteína e lipídios, aliado ao tempo de exposição ao EP, que favoreceu a absorção do EP pela semente. Essa maior absorção do EP pode ter favorecido a absorção do composto químico 3,4,5-trimetilfurano-2, pois segundo Ligth *et al.* (2010), quando concentrado, é um potente inibidor de germinação de sementes. José *et al.* (2016) analisaram o efeito do EP diluído em água a 50, 500, 5.000 e 50.000 vezes sobre a germinação de sementes de espécies arbóreas do Cerrado brasileiro. Os resultados mostraram que em baixas concentrações o EP estimulou a germinação de sementes de *Eugenia dysenterica* (cagaita) enquanto que concentrações mais altas resultaram na inibição da germinação em

Handroanthus serratifolius (ipê amarelo); já para *Anadenanthera colubrina* (angico) e *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) não houve efeito do extrato, de tal modo que os autores concluíram que a resposta à aplicação do EP durante a germinação é dependente da espécie.

Já quando aplicado no solo o EP não inibiu a germinação das sementes de milho e feijão, no entanto, no feijão as concentrações de 0,5 a 2% de EP ocasionaram redução significativa do IVE. Dessa forma, o melhor IVE foi observado na concentração 0% de EP no solo, ou seja, no tratamento testemunha. Portanto, estes resultados mostram que embora esta forma de aplicação do EP não tenha ocasionado a inibição da germinação das sementes de feijão as concentrações estudadas provocaram uma redução no IVE, o que também contraindica a sua utilização em plantas de feijão, nas concentrações aqui avaliadas.

Houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados interferindo no comprimento, peso da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) das plantas milho e feijão (Figura 1). O EP aplicado via semente provocou a redução do crescimento das plantas de milho, com redução mais acentuada com aumento da concentração de EP testada (Figura 1A). As sementes de milho que não receberam EP (testemunha) foram as que apresentaram melhor desenvolvimento de plantas, com altura média de planta 37,50 cm, já as sementes submetidas à maior concentração de EP testada (100% - EP puro) apresentaram menor desenvolvimento de plantas, com altura média 62,50% inferior as plantas sem aplicação de EP na semente. O diâmetro do colmo das plantas de milho também foi influenciado pela utilização do EP nas sementes, haja visto que o aumento na concentração de EP na semente provocou diminuição no diâmetro das plantas (Figura 1B).

Figura 1 – Altura das plantas (A), diâmetro do colmo (B), matéria seca da parte aérea (C) e matéria seca de raízes (D) de milho com aplicação diferentes concentrações de EP aplicado na semente. Cada ponto nas figuras representa a média de três repetições, (n = 6 plantas).



O diâmetro médio das plantas de milho variou de 1,5 cm nas plantas em que as sementes não receberam EP a 0,5 cm quando foram submetidas a concentração 100% de EP. Verificou-se que o EP aplicada nas sementes influenciou negativamente o desenvolvimento das plantas de milho (altura de planta e diâmetro do colmo) com efeito mais pronunciado com aumento da concentração de EP testada. Possivelmente, tal resultado se deve, conforme relatado por Silva *et al.* (2017), ao uso de EP com doses mais concentradas inibirem o desenvolvimento de plantas, tais como as de milho, devido a fitotoxidez. De acordo com Ligth *et al.* (2010), o EP contém o composto químico 3,4,5-trimetilfurano-2, potente inibidor de germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas, quando concentrado.

Estudo realizado por Silveira (2010) demonstrou que a aplicação do EP nas sementes com 0, 25, 50, 75 e 100% de EP em solução não promoveu aumento no diâmetro do colmo, sendo que o aumento das doses de EP provocou efeito inverso, ou seja, redução dos colmos das plantas de milho. Souza-Silva *et al.* (2006) também verificaram uma diminuição do diâmetro do colmo das mudas de eucalipto submetidas as diferentes concentrações de EP (0,1%, 0,5%, 1,0% e 2,0%) aplicadas via foliar três vezes por semana durante um período de 45 dias. Segundo os autores, a diminuição do diâmetro das plantas foi influenciada diretamente pelas concentrações de EP aplicada, sendo que efeito mais pronunciado foi verificado na maior concentração testada.

O desenvolvimento das plantas de milho em altura e diâmetro de colmo foi inversamente proporcional a concentração do EP aplicado nas sementes e, conseqüentemente, a produção de MSPA, sendo os efeitos mais pronunciados nas maiores concentrações de EP testada. Assim, o tratamento sem utilização do EP na semente apresentou maior produção MSPA, já a menor produção foi verificada na maior concentração de EP testada. No entanto, quando comparadas as concentrações de 25% e 50%, essas não apresentaram diferença significativa para produção MSPA quando ambas são comparadas (Figura 1C). Entretanto, ressalta-se que todas as concentrações EP testadas no referido estudo apresentaram menor produção MSPA quando comparadas ao tratamento testemunha, demonstrando assim que independentemente da concentração aplicada nas sementes de milho, o EP provoca redução do desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, na produção MSPA, não sendo recomendado a sua utilização nas percentagens estudadas.

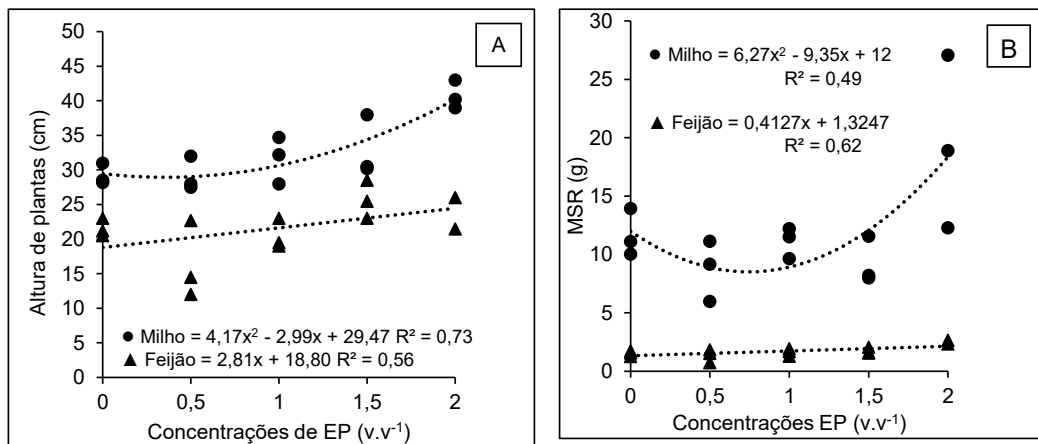
A utilização do EP na semente de milho influenciou negativamente a produção de MSR, sendo que menor produção de MSR foi verificada na maior concentração de EP testada (100%), já a maior produção de MSR foi observado no tratamento testemunha no qual não foi utilizado o EP (Figura 1D). No entanto, quando comparadas as concentrações de EP a concentração de 50%, em resposta a produção de MSR das plantas de milho foi a maior quando comparado com as demais, sendo sua média próxima ao tratamento testemunha. Assim, verifica-se que a utilização de EP nas sementes de milho não promoveu incrementos na produção de MSR. Estudo realizado por Souza-Silva *et al.* (2006) em mudas de eucalipto também verificaram redução linear na produção de MSR de acordo com aumento nas concentrações de EP testadas aplicadas via foliar (0,1%, 0,5%, 1,0% e 2,0%).

O EP quando aplicado nas sementes de feijão inibiu a emergência das plântulas, independe da concentração testada, dessa forma, não foi possível avaliar o desenvolvimento das plantas, produção de MSPA e MSR, como aconteceu com o milho. Ressalta-se que apenas plântulas do tratamento testemunha germinaram demonstrando, assim, claramente efeito inibitório que o EP apresenta quando aplicado nas sementes de feijão. De acordo com Silva *et al.* (2017), a inibição da emergência das plântulas de feijão com a utilização do EP na semente provavelmente ocorreu devido a sua toxicidade em sementes de leguminosa, conforme apresentado por Ligth *et al.* (2010). Ainda, segundo Rogaciano (2017), o EP pode causar distúrbios fisiológicos, porém principalmente nos estágios iniciais das plantas.

Referente a aplicação das diferentes concentrações de EP no solo, somente houve diferença entre as doses para altura e MSR das plantas de milho e feijão, as outras variáveis respostas não tiveram influência das doses (Figura 2). A altura de plantas de milho e feijão foi beneficiada pela aplicação das diferentes concentrações de EP ao solo (Figura 2A). As plantas de milho submetidas a concentração máxima de EP testada (2%) apresentaram aumento 12 cm quando comparada às plantas do tratamento testemunha em que não havia sido aplicado EP ao solo. Dessa forma, para a cultura do milho observou-se que a altura média das plantas aumentou de acordo com as concentrações do EP aplicado no solo.

Em estudo realizado por Schnitzer *et al.* (2015) os autores verificaram acréscimo da altura da parte aérea das plantas de milho diretamente proporcional e elevação da concentração de EP aplicado no solo. Silveira (2010) que testou diferentes concentrações de EP aplicados nas sementes, no solo e via foliar em plantas de milho, também concluiu que maiores doses de EP no solo proporcionou incremento na altura das plantas de milho. Guerreiro; Bento e Silvestre (2012) também verificaram que adição de diferentes concentrações (0; 0,1; 0,2; 0,4 e 0,6%) de EP em um substrato comercial proporcionou aumentos significativo na altura das mudas de tomate. No estudo realizado por Traverro e Mihara (2016) a aplicação semanal de EP após o plantio da cultura da soja, na proporção de 10, 20 e 30%, contribuiu significativamente para o rendimento da cultura.

Figura 2 – Altura das plantas (A) e matéria seca de raízes (B) de milho e feijão com aplicação de EP no solo. Cada ponto nas figuras representa a média das duas plantas de cada vaso, (n = 6).



Segundo Grewal, Abbey e Gunupuru (2018) o EP parece estimular o crescimento celular ao atuar como um catalisador para o crescimento de vários microrganismos e na ativação enzimática, sendo estes aspectos chaves para vários processos fisiológicos e bioquímicos em plantas, como a fotossíntese, a absorção de nutrientes e o crescimento celular, entretanto, os mecanismos envolvidos nestes processos ainda são pouco estudados. Além disso, os autores destacam que ésteres como acetato de metila e formiato de metila, que aceleram o crescimento e o desenvolvimento da planta, também foram encontrados em EP (GREWAL; ABBEY; GUNUPURU, 2018).

A altura das plantas de feijão submetidas às diferentes concentrações do EP aplicados no solo não diferiu estatisticamente do tratamento testemunha (Figura 2A), embora tenha se observado incremento na altura das plantas principalmente nas doses de 1,5 e 2% de EP, de 19 e 10%, respectivamente. A aplicação do EP no solo, na maior concentração beneficiou o desenvolvimento radicular das plantas de milho e, consequentemente, proporcionou incrementos na produção MSR das plantas, conforme observado na figura 2B. Nas concentrações 0,5 e 1% ocorreu redução da MSR das plantas de milho, no entanto, na maior concentração de EP testada (2%) houve incrementos da MSR em 34,3% quando comparada ao tratamento testemunha. Schnitzer *et al.* (2015) verificaram que a aplicação do EP em diferentes substratos proporcionou incrementos significativos no número de raízes da orquídea *Cattleya intermedia*.

Nas plantas de feijão não houve redução da MSR em função das diferentes concentrações de EP aplicados no solo. As plantas de feijão de uma maneira geral apresentaram pequenos incrementos na MSR quando submetidas às diferentes concentrações de EP aplicado no solo, entretanto ressalta-se que, na concentração máxima, embora os resultados não diferissem do tratamento testemunha, foram observados incrementos na MSR das plantas. Neste sentido, Guerreiro, Bento e Silvestre (2012) testando adição de diferentes concentrações (0; 0,1; 0,2; 0,4 e 0,6%) de EP em um substrato comercial, também verificaram aumento MRS das plantas de tomate na concentração máxima de EP aplicado ao substrato.

Guerreiro; Bento e Silvestre (2012) observaram que o EP proporcionou às plantas de tomate sistema radicular mais vigoroso, consequentemente melhorou o desenvolvimento da parte aérea das plantas. Portanto, se observa que os incrementos na MSR das plantas de milho e feijão devido aplicação do EP no solo, ocorrem em função do produto potencializar o desenvolvimento radicular das plantas. Segundo Miyasaka, Ohkawara e Utsumi (1999), o uso de EP proporciona o aumento da população de organismos benéficos, como actinomicetos e micorrizas, assim favorecendo a absorção de nutrientes do solo pelo sistema radicular das plantas. Nesse sentido, Porto, Sakita e Nakaoka (2007) observaram resultados semelhantes em estudo com mudas de *Pinus elliottii*, nos quais todos os tratamentos com EP apresentaram maior desenvolvimento radicular e foliar quando comparados ao controle. Grewal, Abbey e Gunupuru (2018) relatam que em uma pesquisa realizada com *Camellia sinensis*, a aplicação de EP aumentou o nível de ácido fosfórico utilizável em três vezes, em razão dos ácidos orgânicos presentes no EP, que teriam um possível efeito semelhante ao dos ácidos orgânicos exsudados radiculares na rizosfera, que dissolvem o ácido fosfórico para torná-lo mais disponível para absorção pela raiz.

Os dados obtidos no presente estudo mostram resultados promissores quanto ao uso de EP na agricultura

como insumo alternativo, principalmente quando aplicado no solo e para a cultura do milho, pois aumenta a altura e produção de MSR. No entanto, ainda são poucos estudos sobre o efeito do EP sobre as plantas, sendo necessário aprofundar pesquisas nessa temática, levando em conta tanto as suas formas de aplicações, quanto tipos de cultura, diversos tipos de ambientes, e principalmente, buscando indicar a dose ideal para sua aplicação a fim de contribuir com a maximização da produção, menor impacto ambiental e redução dos custos de produção.

Considerações Finais

O EP aplicado nas sementes de milho reduz o diâmetro do colmo, altura de plantas e IVE, enquanto no feijão inibe a germinação das sementes.

O EP aplicado no solo na concentração de 2,0% proporciona aumento na altura das plantas de milho em 12 cm e incrementos na produção de MSR em 34,3%. No feijão não ocasiona inibição da germinação e não promoveu incrementos na altura das plantas e MSR, porém reduz o IVE.

Assim, o uso de EP aplicado no solo apresenta-se como um potencial insumo alternativo para o incremento no crescimento inicial de plantas de milho.

Referências

- CARDELLI, R.; BECAGLI, M.; MARCHINI, F.; SAVIOZZI, A. Soil biochemical activities after the application of pyrolytic acid to soil. **Soil Research**, v.58, n.1, p.461-467, 2020.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Monitoramento agrícola**. Companhia Nacional de Abastecimento, v.6, n.12, p.1-126, 2019.
- FERREIRA D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q.J. van. (Ed). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.12-24.
- GARDNER, M. J. *et al.* Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism? **South African Journal of Botany**, v.67, n.1, p.636-640, 2001.
- GREWAL, A.; ABBEY, L.; GUNUPURU, L. R. Production, prospects and potential application of pyrolytic acid in agriculture. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v.135, p.152-159, 2018.
- GUERREIRO, J. C.; BENTO, F. S.; SILVESTRE, C. Efeito da incorporação de extrato pirolenhoso em substrato no desenvolvimento inicial de mudas de tomate. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.8, n.1, p.1-9, 2012.
- GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Study of the volatile composition of an aqueous oak smoke preparation. **Food Chemistry**, v.79, n.3, p.283-292, 2002.
- GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J.; IBARGOITIA, M. L. Carbohydrate and nitrogenized compounds in liquid smoke flavourings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.5, p. 2395-2403, 2001.
- JOSÉ, A. C.; ANDRADE, R. J.; PEREIRA, W. V. S.; SILVA, N. C. N.; FARIA, J. M. R. Efeito do extrato pirolenhoso sobre a germinação de espécies do Cerrado brasileiro. **Caderno De Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.62-69, 2016.
- JÚNIOR, A. F. D. *et al.* Pyrolysis and wood by-products of species from the Brazilian semi-arid region. **Scientia Forestalis**, v.46, n.117, p.65-75, 2018.
- LIGHT, M. E. *et al.* Butenolides from plant-derived smoke: natural plant-growth regulators with antagonistic actions on seed germination. **Journal of Natural Products**, v.73, p. 267-269, 2010.
- LOURENÇO, Y. B. C. *et al.* Germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) sob influência do extrato pirolenhoso. In: **X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**. Natal, 2018. **Livro de Resumos** ... Natal: UFRN, 2018.

- MELO, T. A., ARAÚJO, M. U. P.; SERRA, I. M. R. S.; PASCHOLATI, S. F. Produtos naturais disponíveis comercialmente induzem o acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de soja e mesocótilos de sorgo. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.3, p.205-211, 2017.
- MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; UTSUMI, B. **Ácido pirolenhoso: uso e fabricação**. Botucatu. Boletim Agroecológico, n.14, 1999.
- MOURA, A. D.; BRITO, L. M. Aspectos Socioeconômicos. In: CARNEIRO, J. E.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p.16-36.
- PORTO, P. R.; SAKITA, A.; NAKAOKA, S. M. Efeito da aplicação do extrato pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **IF-Série Registros**, v.31, p.15-19, 2007.
- RODRIGUES, V.; AL-ASMI, H. S.; ESECHIE, H. Effect of pyroligneous liquid on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). **Crop Research**, v.24, n.1, p.471-475, 2002.
- ROGACIANO, M. S. **Estudo da arte uso do extrato pirolenhoso na produção agrícola e floresta**. 2017. Monografia (Especialização em Manejo Florestal de Precisão) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2017.
- SCHNITZER, J. A. et al. Doses de extrato pirolenhoso no cultivo de orquídea. **Revista Ceres**, v.62, n.1, p.101-106, 2015.
- SILVA, C. J. et al. Pyroligneous liquor effect on in and ex vitro production of *Oeceoclades maculata*. **Revista Caatinga**, v.30, n.4, p.947-954, 2017.
- SILVEIRA, C. M. **Influência do extrato pirolenhoso no desenvolvimento e crescimento de plantas de milho**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2010.
- SOUZA-SILVA, A. et al. Qualidade de mudas de eucalipto tratadas com extrato pirolenhoso. **Cerne**, v.12, n.1, p.19-26, 2006.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3 ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2018, 251p.
- THEAPPARAT, Y.; LEELASUPHAKUL, W. Pyroligneous acids from carbonization of wood and bamboo: their components and antifungal activity. **Journal of Tropical Forest Science**, v.27, n.1, p.517-527, 2015.
- TIIILIKKALA, K., FAGERNÄS, L. AND TIIILIKKALA, J. History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. **The Open Agriculture Journal**, v.4, n.1, p.111-118, 2010.
- TRAVERO, J. T.; MIHARA, M. Effects of pyroligneous acid to growth and yield of soybeans (*Glycine max*). **International Journal of Environmental and Rural Development**, v.7, n.1, p.50-54, 2016.
- TSUZUKI, E.; MORIMITSU, T.; MATSUI, T. Effects of chemical compounds in pyroligneous acid on root rice plant. **Japan Journal Crop Science**, v.66, n.1, p. 15-16, 2000.
- WARDLE, D. A.; AHMED, M.; NICHOLSON, K. S. Allelopathic influence of nodding thistle (*Carduus nutans* L.) seeds on germination and radicle growth of pasture plants. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.34, n.2, p.185-191, 1991.
- WU, Q. et al. Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process. **Bioresource technology**, v.179, n.1, p.98-103, 2015.
- YAHAYU, M. et al. Efficacy of pyroligneous acid from pineapple waste biomass as wood preserving agent. **Jurnal Teknologi**, v.79, n.4, p.1-8, 2017.