Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

# AUXINA E ÓXIDO NÍTRICO NA ESTAQUIA DE PIMENTA-DO-REINO

# AUXIN AND NITRIC OXIDE IN BLACK PEPPER CUTTINGS

**Mirele Coradini**
Engenheira Agrônoma, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: mirelecoradine@gmail.com

**Marcus Vinicius Sandoval Paixão**
Doutor em Produção Vegetal, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: mvspaixao@gmail.com

**Hediberto Nei Matiello**
Doutor em Produção Vegetal, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: hedibertonm@ifes.edu.br

**Antonio Resende Fernandes**
Doutor em Produção Vegetal, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: aresendefernandes@gmail.com

Recebido: 01/04/2025 – Aceito: 22/04/2025

## Resumo

A pimenta-do-reino tem forte representação na produção agrícola na região norte do país e forte difusão no estado do Espírito Santo, porém um dos seus entraves esta no baixo enraizamento de estacas. O ácido indolbutírico tem sido utilizado parainduzir e melhorar o enraizamento em estacas caulinares de diversas espécies, sendo usado também para o enraizamento da pimenta-do-reino. Além do uso de hormônios, como o AIB, o óxido nítrico, comprovado sinalizador celular, pode interagir com fontes auxínicas, melhorando sua ação na rizogênese. Considerando que qualidade da muda tem grande impacto no desempenho da futura lavoura, objetivou-se avaliar o efeito do ácido indolbutírico e do nitroprussiato de sódio, fonte de óxido nítrico, no enraizamento de estacas de pimenta-do-reino. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial (4x4), com quatro níveis no fator A (0,0; 1500; 3000 e 4500 mg. $L^{-1}$ de AIB) e quatro níveis de fator B (0,0; 100; 200 e 300 µM de NPS), totalizando 16 tratamentos. O estudo foi conduzido com quatro blocos, onde cada unidade experimental foi composta por 10 mudas. Aos noventa dias após a aplicação dos tratamentos foram avaliados o comprimento e massa seca de raiz; comprimento, massa seca e número dos brotos; número de folhas e volume de raízes. As variáveis comprimento de raiz e massa seca de raiz apresentaram interação entre a aplicação de NPS e AIB. As combinações entre as doses de AIB e NPS com imersão total das estacas contribuíram para o enraizamento das mesmas, porém acabaram prejudicando a emissão de brotos.

**Palavras-chave:** Propagação assexuada; *Piper nigrum;* Nitroprussiato de sódio.

## Abstract

The black pepper has a strong representation in agricultural production in the northern region of the country and strong diffusion in the state of Espírito Santo. But one of its obstacles is the low rooting

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

of cuttings. Indolbutyric acid (IBA) has been used to induce and improve rooting in stem cuttings of various species, and it is also used for rooting of black pepper. In addition to the use of hormones, such as AIB, nitric oxide (NO), a proven cellular marker, can interact with auxin sources, improving its action on rhizogenesis. The quality of the seedlings has a great impact on the performance of the future crop, in this sense, The objective of this study was to evaluate the effect of indolebutyric acid (AIB) sodium nitroprussianate (NPS), source of nitric oxide, on the rooting of black pepper cuttings. The experimental design was a randomized complete block design with four levels of factor A (0.0, 1500, 3000 and 4500 mg L-1 of AIB) and four levels of factor B (0,0; 100, 200 and 300 µM NPS), totaling 16 treatments. The study was conducted with four blocks, where each experimental unit was composed of 10 seedlings. Thus, in each block 160 seedlings were implanted and throughout the experiment 640 seedlings. Sixty days after the application of the treatments were evaluated the root length and dry mass; length, dry mass and number of shoots; number of leaves, and root volume. The variables root length and root dry mass showed interaction between the application of NPS and AIB. The combinations between the AIB and NPS doses with total immersion of the cuttings contributed to the rooting of the same, but ended up harming the shoot emission.

**Keywords:** Assexual propagation; *Piper nigrum;* Sodium nitroprusside.

## 1. Introdução

O gênero *Piper* apresenta mais de 1.000 espécies, com maior destaque nas regiões tropicais para a *Piper nigrum* L. (pimenta-do-reino). A pimenta-do-reino é originária da Índia e, desde 1930, quando foi introduzida no Brasil, por imigrantes japoneses, tem sido uma das especiarias mais valorizadas no mundo. Apresenta grande valor econômico, traduzindo aos produtores de pimenta-do-reino alta rentabilidade financeira (LIMA et al., 2010). A espécie apresenta inúmeras cultivares, dentre elas 51 foram catalogadas por Mathew; Mathew; Kumar, (2001) na Índia. No Brasil a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) recomenda o plantio das cultivares: Apra, Bragantina, Cingapura, Guajarina, Iaçará-1, Kottanadan -1 e Kuthiravally (POLTRONIERI; DE LEMOS, 2014).

A pimenta-do-reino faz parte dos condimentos utilizados na culinária brasileira e tem uma participação significante na economia do Espírito Santo, pois o Estado atualmente é o segundo maior produtor do país, atrás apenas do Pará (CONCEIÇÃO et al., 2018). No ano de 2017 o Espírito Santo apresentou-se como o segundo maior produtor nacional de pimenta-do-reino, com a produção de 37,5 mil toneladas, área colhida de 9,7 mil hectares, o que corresponde a um rendimento médio de 3.873 Kg/hectare (ROCHA; GALEANO, 2018). Dentre os

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

municípios do Estado do Espírito Santo que mais produzem a pimenta-do-reino destacam-se os municípios de São Mateus, Jaguaré e Vila Valério no Norte do Estado, com mais de 75% da área cultivada e da produção (CONAB, 2015).

Apresenta inflorescência em forma de espiga, chamada amentilho, e é composta de pequenas flores desprovidas de cálice e corola. Os frutos são globosos, pequenos e indeiscentes, apresentando cor verde-escura quando imaturos adquirindo coloração vermelha quando maduros. As sementes da pimenta-do-reino encerram uma resina, à qual se devem seu sabor picante e um óleo essencial de cheiro muito ativo com alto teor de uma substância chamada piperina (CORRÊA, 1984). Essas sementes inteiras ou moídas são utilizadas como condimento e preservadoras de carne nas indústrias de conservas, e os óleos essenciais extraídos das sementes são empregados em perfumaria, cultivada tanto nas regiões litorâneas como no planalto,necessita de precipitação pluviométrica de 1.800 mm/ano e boa distribuição de chuvas durante o ano, temperatura média de 25 °C a 27 °C e umidade relativa em torno de 80 % (FRANÇA-DANTAS, 2004).

A pimenta-do-reino é uma planta de hábito trepador, chegando a atingir 3m de comprimento quando adultas. Para viabilizar o crescimento ereto e melhor manejo é necessário o tutoramento. Tal técnica eleva o preço de sua implantação, sugerindo assim que as mudas a serem plantadas sejam de qualidade superior, capazes de garantir boa produtividade da lavoura (FREIRE, 2013).

A propagação da pimenteira-do-reino pode ser por via sexuada (sementes) ou assexuada (estaquia ou micropropagação). A propagação assexuada ou também chamada de propagação vegetativa produz clones, tornando-se um método vantajoso por produzir plantas idênticas a sua matriz, mantendo desta forma as características genéticas e, consequentemente, a uniformidade da lavoura e precocidade de produção. A propagação por meio de estacas é muito utilizada por viveiristas, a qual é retirada do terço médio da planta, com dois a cinco nós (LOURINHO et al., 2014).

Um fator preponderante na estaquia de pimenta-do-reino é a baixa

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

capacidade de enraizamento de estacas, necessitando do uso de reguladores de crescimento para induzir a emissão de raízes adventícias nas estacas, de tal forma que o uso de auxinas como o ácido indolbutírico (AIB), propicie maior precocidade de enraizamento e formação de raízes (MAGEVSKI et al., 2011). Auxinas são substâncias que tem a capacidade de atuar na expansão e no alongamento celular, ajudando também na divisão celular em cultura de tecidos, principalmente no enraizamento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em consonância com princípios hormonais, como as auxinas, pode atuar sinalizadores celulares, como o óxido nítrico. O óxido nítrico (NO) é uma molécula gasosa hidrofóbica altamente difusível com um amplo espectro de funções reguladoras envolvidas no controle do crescimento, desenvolvimento e processos fisiopatológicos. Frequentemente sob o controle de estímulos hormonais, o NO atua como um segundo mensageiro implicado em muitos eventos de sinalização de células vegetais. O NO é uma molécula importante na cascata de sinalização regulada por auxina, determinando a morfologia da raiz durante o crescimento e desenvolvimento (SANZ et al., 2015).

Usualmente utiliza-se o nitroprussiato de sódio como fonte de NO, que entre os vários efeitos biológicos na planta, está a indução do crescimento radicular (GOUVÊA et al., 1997), em tabaco (STÖHR et al., 2001) e em abóbora e pepino (PAGNUSSAT et al., 2002; 2004).

A pesquisa foi realizada com o objetivo de Avaliar o efeito da auxina e óxido nítrico no enraizamento e formação de mudas depimenta-do-reino.

## 2. Metodologia

O experimento foi realizado no período de dezembro de 2017 a março de 2018 no viveiro “Demuner Viveiro” localizado no município de São Roque do Canaã, Espírito Santo, na latitude de 19° 42' 45" Sul, longitude 40° 42' 18" Oeste, com uma altitude de 110 m. O viveiro possui estrutura simples com duas telas de

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

sombreamento (uma de 50% e outra de 30%), pé direito de 4 metros para entrada e saida de caminhões diariamente. As laterais do viveiro são fechadas com lonas plásticas, para impedir a ação do vento, o sistema de irrigação é por aspersão suspenso e as bandejas são apoiadas em perfis de aço galvanizado tipo U.

O município possui uma precipitação pluviométrica de aproximadamente 1155 mm anuais e um clima tropical com estação seca de inverno (Classificação de Köppen), com temperatura média de 24,6 °C e durante o experimento media de 27 ºC.

Foram utilizados ramos herbáceos de plantas adultas da variedade Kottanadan para a obtenção das estacas, as mesmas foram retiradas no jardim clonal dapropriedade, a 500 metros de distancia do viveiro. Com o auxílio de uma tesoura de poda fez-se o toalete dos ramos, e a individualização das estacas com um nó e uma folha fracionada em dois terços, e estas na sua base fez-se um corte em bisel simples, as mesmas foram acondicionadas em sacolas e colocadas em uma caixa térmica contendo gelo, para evitar a desidratação. Com número suficiente de estacas coletadas, estas foram transportadas imediatamente para o viveiro. No viveiro as estacas foram colocadas em bandejas plásticas e totalmente imersas por 10 minutos em solução aquosa contendo a combinação de doses de AIB (0,0; 1500; 3000 e 4500 mg $L^{-1}$) que foram diluídas anteriormente com álcool 50%, e nitroprussiato de sódio – fonte de óxido nítrico (0,0; 100; 200 e 300 µM), com 2% de óleo mineral com função de espalhante adesivo. Em seguida foram distribuídas em tubetes de polietileno com capacidade de 280 $cm^3$, de formato cônico invertido,preenchidos com substrato comercial.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (4x4), com quatro níveis de AIB (0,0; 1500; 3000 e 4500 mg $L^{-1}$) e quatro níveis de NPS (0,0; 100; 200 e 300 µM), totalizando 16 tratamentos.

Cada unidade experimental foi constituída por 10 estacas. Assim, cada bloco foram implantadas 160 estacas e em todo o experimento 640 estacas. Na

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

avaliação do experimento foram consideradas úteis seis plantas por parcela, excetuando-se as extremidades.

Aos noventa dias após a aplicação dos tratamentos foram avaliados:

- Volume de raízes (VR): obtido com o auxílio de uma proveta com uma determinada quantidade de água, ao colocar as raízes, o volume deslocado da água foi considerado o volume de raízes;
- Número de brotos (NB) e número de folhas (NF): foram contados individualmente o número de brotos e folhas que haviam nas estacas;
- Comprimento das raízes (CR) e comprimento de brotos (CB): foram mensurados utilizando-se uma régua milimitrada;
- Massa de matéria seca das raízes (MSR) e massa de matéria seca dos brotos (MSB): os materiais foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa com circulação de ar forçado a 70°C por 72 horas (três dias). Em seguida, realizou-se a pesagem dos materiais em balança eletrônica de precisão de 0,01g.

As variáveis foram submetidas à análise de variância considerando-se os efeitos principais e sua interação. Em caso de efeito significativo para a interação, asvariáveis foram comparadas por meio de gráficos de superfície de resposta. Para as variáveis que houve diferença somente para os efeitos de forma isolada, os dados foram comparados por meio da análise de regressão pelo método dos polinômios ortogonais. Os procedimentos foram realizados considerando um α de até 5% de probabilidade, utilizando-se o SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 3. Resultados e Discussão

As variáveis comprimento e massa seca de raiz apresentaram interação entre a aplicação de NPS e AIB ($P<0,05$), sendo representadas em gráficos de superfície de resposta.

Quando em combinação com o AIB, o nitroprussiato de sódio proporcionou aumento no comprimento de raiz, obtendo-se os maiores valores com as

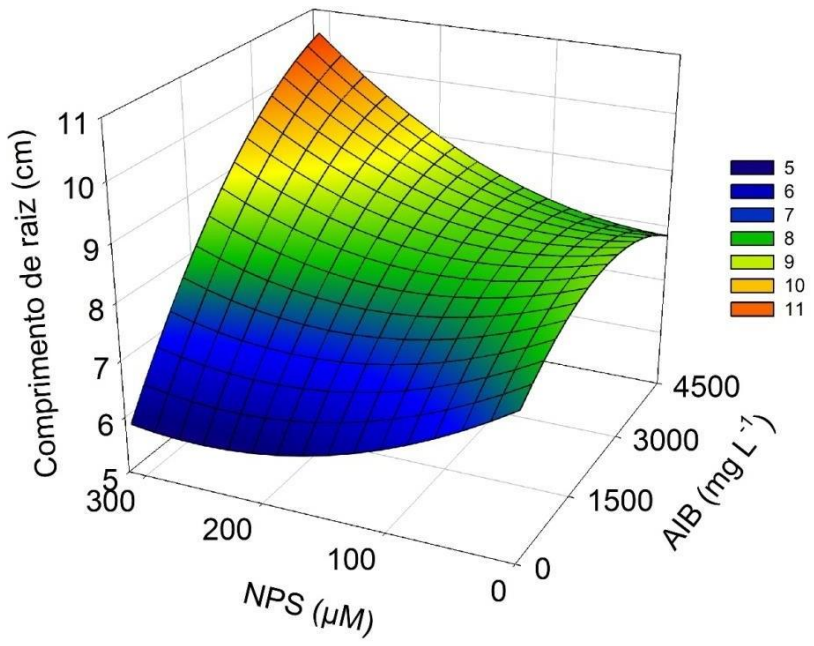
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

combinação de maiores níveis de cada fator, sendo, 300 µM de nitroprussiato de sódio e 4500 mg $L^{-1}$ de AIB (Gráfico 1).

Estes resultados comprovam que o AIB atua juntamente com o NPS no crescimento de raízes. Observa-se que conforme o aumento das doses de cada produto, os comprimentos das raízes aumentam, evidenciando a relação entre ambos no desenvolvimento de raízes. O nitroprussiato de sódio, entre os vários efeitos biológicos na planta, atua na indução do crescimento radicular, em milho (GOUVÊA et al., 1997), em tabaco (STÖHR et al., 2001); e em abóbora e pepino (PAGNUSSAT et al., 2002; 2004).

O uso de auxina e óxido nítrico em explantes de pepino demontra a relação entre ambos ao usar auxina juntamento com o inibidor de óxido nítrico, o cPTIO, provocando assim uma redução significativa de número de raízes adventícias em cerca de 10 vezes menor que com o uso de NPS (PAGNUSSAT et al., 2003). Seligman (2008) também relatou que a formação de raízes laterais, adventícias e convencionais, bem como a reposta gravitrópica da raiz foi prevenida pela aplicação do sequestrador de NO, o CPTIO, sugerindo uma importante função do NO endógeno mediando estes processos.

Gráfico 1 - Comprimento de raiz de mudas de pimenta-do-reino em função da interação entre a aplicação de NPS e AIB



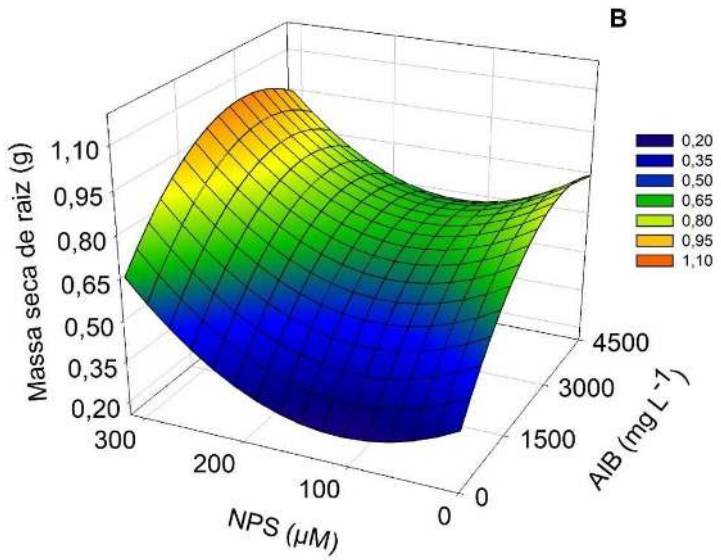

CR= 7,589+0,00074AIB-0,00000015AIB²-0,014NPS+0,000027NPS²+0,0000031AIB*NPS

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

A combinação de AIB com o nitroprussiato de sódio proporcionou aumento de massaseca de raiz com a maior dose de NPS (300 µM) e dose intermediaria de AIB (aproximadamente 3000 mg $L^{-1}$) (Gráfico 2).

As dosagens de AIB superiores de 4000 mg $L^{-1}$ fez com que ocorresse uma redução na massa seca, pois provavelmente a dose superior causou fitotoxidez, diminuindo então a massa de matéria seca, evidenciando o descrito por Loach (1988), onde afirma que elevadas concentrações de fitorreguladores são prejudiciais ao enraizamento. Hoffmann, Fachinello e Santos (1995) observaram que na propagação com estacas de mirtilo ocorreu maior promoção do enraizamento entre 2.000 e 4.000 mg $L^{-1}$, com posterior decréscimo na nas concentrações mais elevadas. A concentração ótima do fitorregulador (AIB) é variável de acordo com a espécie, cultivar e tipo de estaca (LANA et al., 2008).

Gráfico 2 - Massa seca de raiz de mudas de pimenta-do-reino em função da interação entre a aplicação de NPS e AIB




MSR= 0,37+0,00027AIB-0,000000039AIB²-0,0021NPS+0,0000099NPS²-0,000000097NPS*AIB

As variáveis comprimento do broto, massa seca do broto, número de brotos, número de folhas e volume de raiz não apresentaram interação entre a aplicação de NPS e AIB, entretanto foi observado diferença para os fatores

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

isolados (P<0,05). Para as variáveis CB, MSB e VR foi observado diferença para os fatores isolados (aplicação de NPS e AIB) (P<0,05). Já para as variáveis NB e NF foi observado diferença somente para aplicação de AIB (P<0,05).

Nos gráficos 3A, 3B, 3C, 3D, e 3E apresentam-se o comprimento de broto, massa seca de broto, o número de brotos, números de folhas e volume de raiz, em função das doses crescentes de AIB na imersão das estacas. As variáveis MSB, NB, NF manifestaram comportamento linear decrescente em função do aumento das concentrações de AIB, o CB apresentou um comportamento quadrático, com valor mínimo de 2625 mg $L^{-1}$ de AIB. O VR apresentou um comportamento linear crescente em função do aumento da concentração de AIB.

No gráfico 3A observa-se um comportamento quadrático, onde a não aplicação de AIB proporcionou um melhor comprimento do broto, porém conforme aumentaram- se as doses de AIB o comprimento do mesmo diminiu até a dose de 2625 mg $L^{-1}$. O bom desenvolvimento dos brotos próximo a 0 mg $L^{-1}$ pode ser explicado devido a relação de auxina e citocinina estarem mais próximas de um equilíbrio não impedindo a formação de parte aérea, já ao utilizar doses acima de 1500 mg $L^{-1}$, esta relação pode ter alterado o equilíbrio, diminuindo a capacidade de emissão de crescimento aéreo. Maior relação auxina/citocinina propiciam o desenvolvimento de raízes e adominância apical (TAIZ; ZEIGER, 2013).

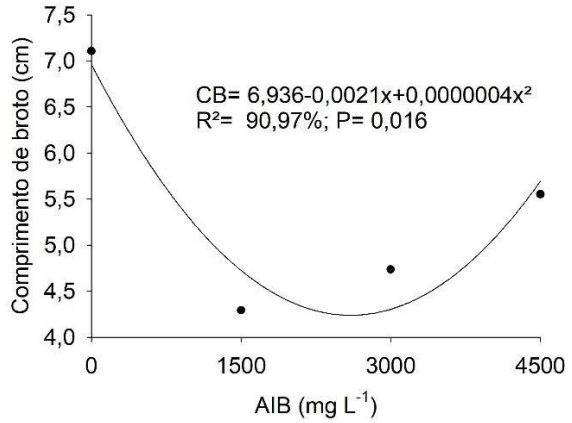
Nos gráficos 3B, 3C e 3D, temos as variáveis MSB, NB e NF, as quais obtiveram comportamento linear negativo, o que evidencia um decréscimo do desenvolvimento da parte área das estacas de pimenta-do-reino ao serem submetidas a doses crescentes de AIB. Grattapaglia; Machado (1998) mencionam que concentrações excessivas de auxina podem inibir a formação da parte aérea e favorecer demasiadamente o enraizamento. O número de folhas formadas pode interferir positivamente, devido à contribuição na produção de fotoassimilados, auxinas e cofatores do enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

A auxina atua na formação de raízes, portanto quanto maior sua concentração evidenciou-se um aumento no desenvolvimento da mesma, expressado pelo volume de raiz (3E).

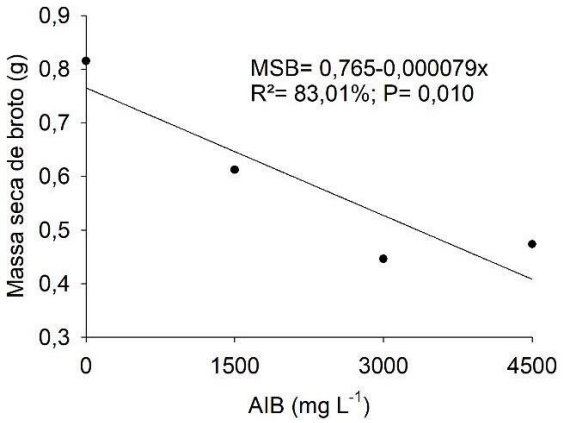
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

Gráfico 3 - Comprimento do broto (A), massa seca do broto (B), número de brotos (C), número de folhas (D) e volume de raiz (E) de mudas de pimenta-do-reino em função da aplicação de AIB

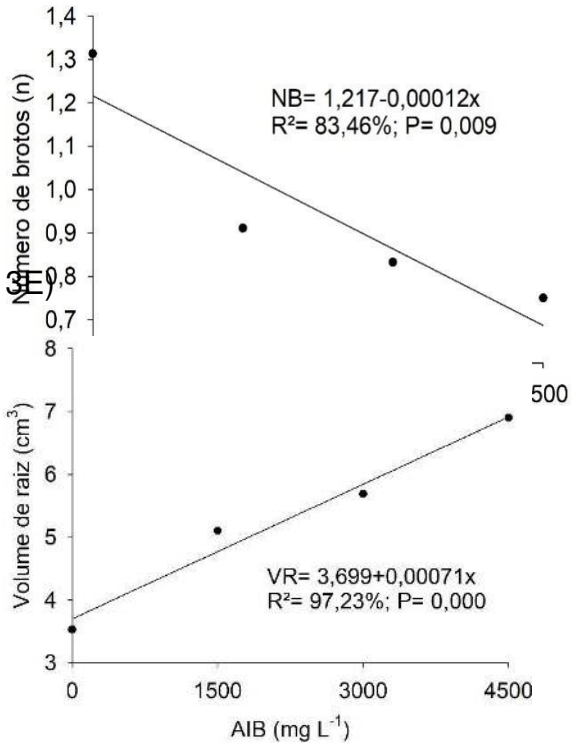
3A)



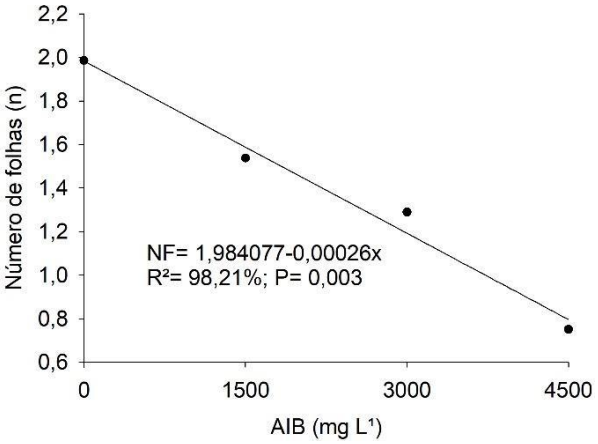

3B)




3C)




3D)




3E)

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

Nos gráficos 4A, 4B, e 4C, observa-se que todas as três variáveis apresentaram comportamento quadrático em função do aumento das concentrações de NPS. Para o CB e a MSB tem-se um comportamento similar, onde o valor de 165,38 µM e 163,33 µM respectivamente, proporcionaram o menor desenvolvimento, valores abaixo ou acima proporcionaram maior desenvolvimento dos mesmos. O valor de VR mostrou-se crescente em quantidades acima de 121,21 µM, sendo que a dose de 300 µMproporcionou o maior volume de raiz.

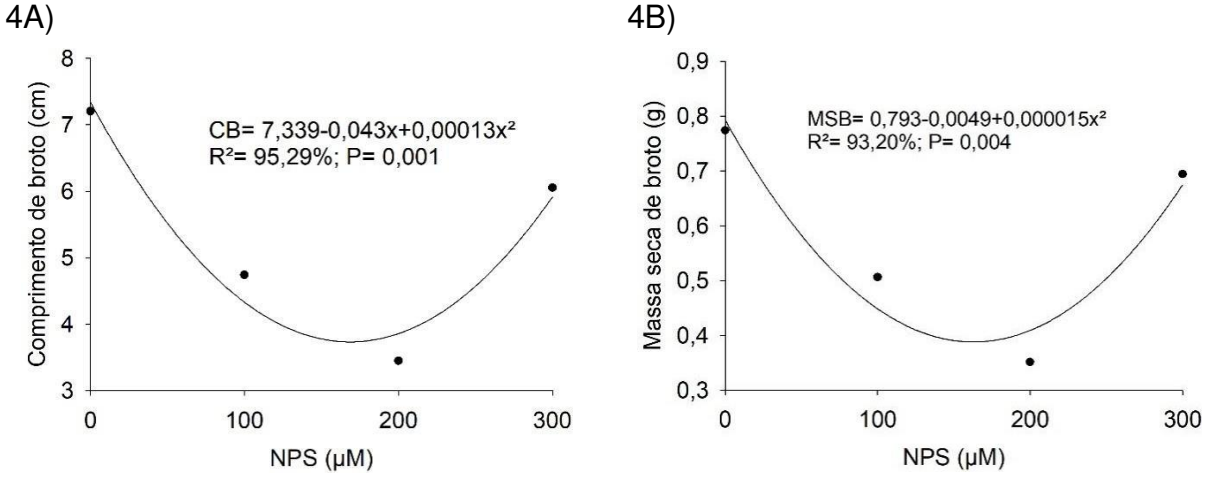
O comportamento do comprimento de broto e massa seca do broto foram muito parecidos o que demonstra a atuação efetiva do NPS no desenvolvimento da parte área das estacas, em que a não aplicação proporcionou melhores resultados para ambos, porém com doses próximas a 300 µM também obtiveram um bom resultado, sendo que a aplicação de maiores doses pode favorecer a parte aérea.

Os efeitos foram crescentes a partir da dose de 165,38 µM e 163,33 µM para as variáveis CB e MSB respectivamente, indicando um efeito latente e acumulativo da molécula em desencadear determinada resposta biológica.

O volume de raiz 4C manteve um comportamento quadrático apresentando um decréscimo ate a dose 121,21 µM de NPS, e a partir desse valor apresenta-se crescente e supera a dose 0.

A formação das raízes nas estacas de pimenta-do-reino estão relacionadas a interação do NPS com o AIB, porém, a parte aérea da planta não foi beneficiada com esta interação, o que pode ser devido a relação auxina/citocinina desfavorável a emissão de brotos, ou a parte superior da estaca ter vindo a ficar sem reservas necessárias ao desenvolvimento das brotações.

Gráfico 4 - Comprimento de broto (A) e massa seca de broto (B) e volume de raiz (C) de mudas de pimenta-do-reino em função da aplicação de NPS

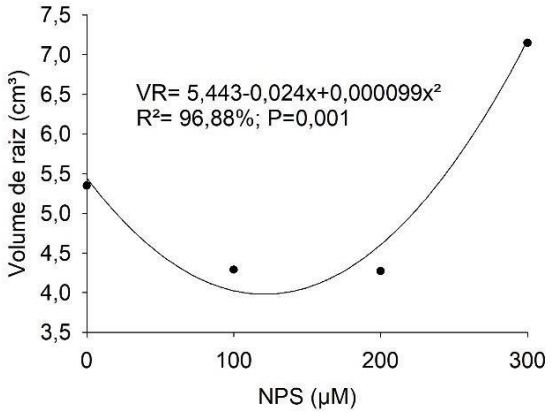


Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

4C)

A imersão total das estacas facilita o trabalho de tratamento das estacas, onde o viveirista pode imergir uma grande quantidade de estacas de uma só vez, diferentemente de quando o trabalho é feito somente na base da estaca a qual geralmente é realizado individualmente. Este tratamento proporcionou um ótimo índice de enraizamento de estacas, o que é favorável no desenvolvimento inicial das mesmas, porém o mesmo não favoreceu o desenvolvimento de brotações.

## 4. Conclusão




As combinações entre as doses de AIB e NPS contribuíram para o enraizamento, porém não contribuíram para melhoria na emissão de brotos.

A interação entre a dose de 300 µM de NPS e de 4500 mg $L^{-1}$ de AIB proporcionaram melhores valores para o crescimento de raízes. Já para a variável massa seca de raiz foi a dose de 300 µM de NPS e 3000 mg $L^{-1}$ de AIB.

O NPS apresenta potencial para ser utilizado no tratamento de estacas de pimenta- do-reino visando aumento do enraizamento. Sendo a dose de 300 µM de NPS a que proporcionou melhor desenvolvimento da raiz.

O AIB se mostrou eficiente para estimular o enraizamento, porém o aumento das concentrações pode reduzir a porcentagem da emissão da brotação.

## Referências

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura pimenta-do-reino no Espírito Santo**. 2015.

CONCEIÇÃO, S. S.*;* ARANTES, L. de O.*;* POSSE, S. C. P.*;* CERRI NETO, B.*;* LAVANHOLE, D. F.*;* DOUSSEAU, S.*;* CALATRONI, D.*;* CORREIA, L. Z.*;* SANT'ANA, C. **Pegamento de diferentes genótipos de pimenta-do-reino cultivadas no Norte do Espírito Santo**. II SICT do Incaper, 2018.

CORRÊA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. In: **Dicionário de Plantas úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas**. Imprensa Nacional Brasília, 1984.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FRANÇA-DANTAS, M. S. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da pimenta-do-reino**. Brasília, DF (Brasil). 2004.

FREIRE, R. R. **Diagnóstico da produção de mudas em viveiros registrados e propagação vegetativa da pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Norte do Espírito Santo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

GOUVEA, C. M. C. P.; SOUZA, J. F.; MAGALHÃES, A. C. N.: MARTINS, I. S. NO-releasing substances that induce growth elongation in maize root segments. **Plant Growth Regulation**, v.21, n.3, p.183-187, 1997.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES AC; CALDAS LS & BUSO JA (eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília,EMBRAPA CNPH, 1:183-260, 1998.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation**: principles and practices. 8.ed., 2011. 915p.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; SANTOS, A. M. Propagação de mirtilo (*Vaccinium ashei Reade*) através de estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 231-236, 1995.

LANA, R. M. Q.; LANA, M. Q.; BARREIRA, S.; MORAIS, T. R.; FARIA, M. V. Doses do ácido indolbutírico no enraizamento e crescimentode estacas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*). **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 13-18, 2008.

LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B.; ROCHA, W. S. D.; OLIVEIRA, P. C.; QUARTEZANI, W. Z. Análise espacial de atributos químicos do solo e da produção

da cultura pimenta-do-reino (*Piper nigrum*, L.). **IDESIA,** Chile, v.28, nº 2, p.31-39, 2010.

LOACH, K. Hormone applications and adventitious root formation in cuttings — a critical review. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.227, p.126-133, 1988.

LOURINHO, M.P.; COSTA, C.A.S.; SOUZA, L.C.; SOUZA, L.C.; NETO, C.F.O. Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região norte do brasil. **Enciclopédia Biosfera:** Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.10, n.18, p.1016-1031, 2014.

MAGEVSKI, G. C. CZEPAK, M. P.; SCHMILDT, E. R.; ALEXANDRE, R. S.; FERNANDES, A. A. Propagação vegetativa de espécies silvestres do gênero Piper, com potencial para uso como porta enxertos em pimenta-do-reino (*Pipernigrun*). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.13, p.559-563, 2011.

MATHEW, P. J.; MATHEW, P. M.; KUMAR, V. Graph clustering of *Piper nigrum* L. (black pepper). **Euphytica**, v. 118, n. 3, p. 257-264, 2001.

PAGNUSSAT, G. C.; LANTERI, M. L.; LOMBARDO, M. C.; LAMATTINA, L. Nitric oxide mediates the indole acetic acid induction activation of a mitogen-activated protein kinase cascade involved in adventitious root development. **Plant Physiology**. 135: 279-286, 2004.

PAGNUSSAT, G. C. LANTERI, M. L.; LAMATTINA, L. Nitric oxide and cyclic GMP are messengers in the indole acetic acid-induced adventitious rooting process. **Plant Physiology**. 132, 1241-1248,2003.

PAGNUSSAT, G. C.; SIMONTACCHI, M.; PUNTARULO, S.; LAMATTINA, L. Nitric oxide is required for root organogenesis. **Plant Physiology**. 129: 954-956, 2002.

POLTRONIERI, M. C.; DE LEMOS, O. F. Pimenta-do-reino: cultivares. **Embrapa Amazônia Oriental -** Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2014.

ROCHA, J.; GALEANO, E. **Previsão da produção agrícola para 2018 edesempe ho da produção animal em 2017**. 2018.

SANZ, L., PABLO ALBERTOS, P.; MATEOS, I; SÁNCHEZ-VICENTE, I.; LECHÓN, T.; MARCOS, M. F.; LORENZO, O. Nitric oxide (NO) and phytohormones crosstalk during early plant development. **Journal of Experimental Botany,** v. 66, n. 10, p. 2857-2868, 2015.

SELIGMAN, K. **Importância do radical óxido nítrico no processo de floração utilizando-se *Arabidopsis thaliana* L**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 2008.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3850

STÖHR, C., STRUBE, F.; MARX, G.; ULLRICH, W. R.; ROCKEL, P. A plasma membrane-bound enzyme of tobacco roots catalyses the formation of nitric oxide from nitrite. **Planta**, v. 212, n. 5-6, p. 835-841, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 954p. 2013.