

Uso de ácido salicílico em batata

Use of salicylic acid in potatoes

PEDRO HENRIQUE FERRUZZI

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: pedroferruzzi@unipam.edu.br

EVANDRO BINOTTO FAGAN

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: evbinotto@unipam.edu.br

Resumo: A batata é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros. Contudo, a ocorrência de doenças ainda é um problema para os produtores, causando perdas não só na produtividade, mas também no valor do produto final. Haja vista o dano potencial que as doenças fúngicas têm sobre a batata, a suplementação com o ácido salicílico mostra-se benéfica na atenuação e até anulação desses efeitos danosos, promovendo uma melhora da cultura. Dessa forma, o presente estudo teve como finalidade avaliar fontes e doses de ácido salicílico (SA) como alternativa de encontrar um melhor posicionamento dele em campo, visando a um maior controle de estresses e a um melhor incremento em massa das plantas. O experimento foi implantado na fazenda Água Santa, no município de Perdizes (MG). O plantio de batata foi realizado em março de 2022 com a cultivar Asterix. Foram colocadas três “batata-semente” por metro, totalizando 37.500 ha⁻¹. O delineamento experimental foi em DBC com dez 10 e 4 repetições, constituindo 40 unidades experimentais, sendo os tratamentos: Controle, SA (100 mg/ha⁻¹), SA (500 mg/ha⁻¹), SA (1000 mg/ha⁻¹), Agromos (1,0 L/ha⁻¹), Bion (0,04 Kg/ha⁻¹), SA (400 mg/ha⁻¹), SA+Cu (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹), ASS + Re-Leaf (100 mg/ha⁻¹ + 1000 mg/ha⁻¹), Bayfolan (1 L/ha⁻¹). Foram feitas análises de crescimento e do metabolismo oxidativo. Concluiu-se que o uso de SA+Cobre (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹) proporcionou incremento de massa de raiz e hastes e, de acordo com os dados apresentados, para o metabolismo antioxidante, o uso de Ácido acetilsalicílico (500 mg/ha⁻¹) se mostrou mais eficiente na ativação enzimática e na redução dos compostos tóxicos.

Palavras-chave: ácido salicílico; resistência de plantas; enzimas.

Abstract: Potato is one of the most consumed foods by Brazilians. However, the occurrence of diseases is still a problem for producers, causing losses not only in productivity, but also in the value of the final product. Considering the potential damage that fungal diseases have on potatoes, supplementation with salicylic acid has been shown to be beneficial in attenuating and even nullifying these harmful effects, promoting an improvement in crop yield. Thus, the present study aimed to evaluate sources and doses of salicylic acid (SA) as an alternative to find a better positioning of it in the field, aiming at greater stress control and better plant mass increment. The experiment was conducted at Água Santa farm, in the municipality of Perdizes (MG). The potato planting was carried out in March 2022 with the Asterix cultivar. Three “seed potatoes” were placed per meter, totaling 37,500 ha⁻¹. The experimental design was in randomized complete block with ten treatments and four replications, constituting 40 experimental units, with the treatments being: Control, SA (100 mg/ha⁻¹), SA (500 mg/ha⁻¹), Ácido acetilsalicílico (1000 mg/ha⁻¹), Agromos (1,0 L/ha⁻¹), Bion (0,04 Kg/ha⁻¹), AS (400 mg/ha⁻¹), SA+Cu (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹), ASS

+ Re-Leaf (100 mg/ha⁻¹ + 1000 mg/ha⁻¹), Bayfolan (1 L/ha⁻¹). Growth and oxidative metabolism analyses were performed. It was concluded that the use of SA+Copper (400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹) provided an increase in root and stem mass, and according to the data presented, for the antioxidant metabolism, the use of acetylsalicylic acid (500 mg/ha⁻¹) was more efficient in enzymatic activation and reduction of toxic compounds.

Keywords: salicylic acid; plant resistance; enzymes.

1 INTRODUÇÃO

A batata é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros, isso porque possui elevado valor nutricional e potencial produtivo (MILAGRES *et al.*, 2018). Devido à sua grande variedade gastronômica e tecnológica e ao avanço das tecnologias, a produtividade da batata vem aumentando. Apesar disso, a ocorrência de doenças ainda é um problema para os produtores, causando perdas não só na produtividade, mas também no valor do produto final.

Nesse sentido, inúmeros esforços são feitos todos os anos na tentativa de mitigar esses danos. Apesar de sua importância no manejo integrado de doenças do cafeeiro, a aplicação de agrotóxicos aumenta em mais de 10% os custos de produção (CONAB, 2017) e representa riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Por isso, diversos produtos alternativos têm sido estudados em substituição aos defensivos agrícolas, como os indutores de resistência em plantas (BONALDO *et al.*, 2005; BARROS *et al.*, 2010).

O ácido salicílico é considerado um indutor natural da termogênese e floração das plantas. Ela faz o controle de metabólitos no floema, além de atuar como indutor de resistência ao estresse nas plantas; reduz também a baixa temperatura nas mudas e alivia as ações tóxicas do cádmio, ou seja, ajuda no crescimento vegetal, principalmente nas raízes por deficiência mineral e alivia a salinização, que é um limitante na produtividade da planta (NECHAEVA *et al.*, 2020).

Além do ácido salicílico, estudos comprovaram a eficácia do cobre *in vitro* como bactericida, sendo que oxicloreto de cobre inibe o crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. Outros estudos também comprovaram a eficiência do cobre *in vitro* nos quais as concentrações de hidróxido de cobre e fosfito de cobre inibiram completamente o crescimento de *P. Syringae* pv. *garcae in vitro*. Um exemplo de fertilizante foliar é o Bayfolan Copper, composto de nitrogênio, aminoácidos e cobre associado a sulfatos que atuam juntos ativando sistemas enzimáticos em plantas.

Haja vista o dano potencial que as doenças fúngicas têm sobre a batata e suas complicações estéticas, morfológicas e até comerciais, a suplementação com o ácido salicílico (SA) mostra-se benéfica na atenuação e até anulação desses efeitos danosos, promovendo uma melhora da cultura. Dessa forma, o presente estudo teve como finalidade avaliar fontes e doses de SA como alternativa de encontrar um melhor posicionamento dele em campo, visando a um maior controle de estresses e a um melhor incremento em massa das plantas.

2 METODOLOGIA

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O experimento foi implantado na fazenda Água Santa pertencente ao grupo Rocheto, no município de Perdizes (MG). O local apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1750 mm, tendo temperatura média anual igual a 20,1°C.

O plantio de batata foi realizado em março de 2022 com a cultivar Asterix. No plantio foram colocadas três “batata-semente” por metro, totalizando 37.500 ha⁻¹. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com dez tratamentos e quatro repetições (Tabela 1), constituindo 40 unidades experimentais. As parcelas foram compostas por quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamentos de 0,8 m entre linhas, totalizando 16m² por unidade experimental.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos utilizados na cultura da batata no experimento “Uso de ácido salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Época de aplicação após o plantio | | |
|-----------------|--------------------------|--|-----------------------------------|----|----|
| | | | 45 | 65 | 75 |
| T ₁ | Controle | - | - | - | - |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | X | X | X |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | X | X | X |

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

2.2 AVALIAÇÕES

As avaliações foram realizadas no Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP), no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram feitas análises de crescimento e do metabolismo oxidativo.

2.2.1 Massa de matéria seca de raiz, haste, folha, tubérculo e total

Foi realizada a coleta de duas “batatas sementes” com o mesmo número de hastes por plantas em cada repetição para as avaliações de massa seca aos 21 dias após a última aplicação. No momento da coleta das plantas, foi feita a separação de folhas e caule. Posteriormente esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados,

identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65°C, até massa constante para determinação da massa de matéria seca.

2.2.2 Análise do metabolismo oxidativo

A determinação da atividade dos sensores do metabolismo oxidativo foi efetuada aos 15 dias após a aplicação. Para essas análises, as amostras de folhas foram coletadas entre oito e dez da manhã, horário em que as enzimas expressam maior atividade. Essas amostras foram colocadas em sacos de papel. As folhas foram maceradas, utilizando-se de nitrogênio líquido, e depois foram adicionados 4 mL de tampão de fosfato de potássio 0,1 mol L⁻¹ pH 6,8 para a diluição do extrato. As amostras foram, então, transferidas para eppendorf's e centrifugadas a 10.000 rpm (6.000 g) por 30 min a 4°C. Ao final, as amostras foram armazenadas a -20°C para posterior determinação.

2.2.3 Conteúdo de proteína na folha

Para determinação do teor de proteína na folha, foi utilizada a metodologia descrita por Bradford (1976). Foram adicionados 20µL de amostras e 1 mL do reagente de Bradford, após 10 minutos realizar a leitura em espectrofotômetro a 595nm. Para obtenção da curva padrão de caseína, 100 mg de caseína foram adicionados a 5 mL de água. Posteriormente, foi adicionada solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ até a completa dissolução da caseína. Quando dissolvido, o volume foi completado para 100 mL com água destilada. A partir dessa solução, foi obtida a curva padrão de caseína com base nas concentrações de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1 µg de caseína mL⁻¹ e 1 mL do reativo de Bradford.

2.2.4 Superóxido dismutase

A superóxido dismutase (SOD) foi determinada segundo a metodologia de Beauchamp e Fridovich (1971 *apud* BOR, OSDEMIR; TURKAN, 2003). Durante a preparação dos reagentes, todos os recipientes foram envolvidos com papel alumínio para evitar reação com a luz. Foram adicionados a um tubo de ensaio 2000 µL de tampão de fosfato de sódio (50 mmol L⁻¹ pH 7,8) 30 µL de extrato enzimático, 450 µL de solução de Nitroblue Tetrazolium (NBT) + EDTA (5:4) e 500 µL de solução de Metionina + Riboflavina (1:1). Todas as amostras foram preparadas em duplicata, sendo que, após o preparo do sistema de reação, uma das amostras foi exposta à luz durante 10 minutos, sem o papel alumínio, e a outra permaneceu coberta com o papel alumínio. Após esse período, foram realizadas leituras de absorbância a 560 nm em espectrofotômetro.

2.2.5 Atividade da peroxidase

A atividade da POD foi determinada de acordo com Teisseire e Guy (2000). Para isso, foram adicionados a um tubo de ensaio 500 µL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L⁻¹ pH 6,5), 30 µL de extrato enzimático, 250 µL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol)

(20 mmol L⁻¹) e 220 µL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (5 mmol L⁻¹), totalizando um volume de 1 mL. Posteriormente, os tubos de ensaio foram deixados por 5 minutos à temperatura em torno de 25°C. Após esse período, a formação de purpurogalina foi determinada em espectrofotômetro UV-visível, a 430 nm. Para o cálculo da atividade da enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar de 2,5 mmol L⁻¹ cm⁻¹, sendo a atividade expressa em µmol de purpurogalina min⁻¹ mg⁻¹ de proteína.

2.2.6 Atividade da catalase

Para a determinação da atividade da CAT, as amostras foram colocadas em um tubo de ensaio 1900 µL de tampão fosfato de sódio 50 mmol L⁻¹ pH 7,0 + H₂O₂ 12,5 mmol L⁻¹ e 100 µL de extrato enzimático, resultando em um volume final de 2 mL. As leituras de absorbância foram realizadas a 240 nm e avaliadas durante 50 segundos, para que possa ocorrer a estabilização da leitura. As leituras foram realizadas com luz ultravioleta e com a luz visível apagada. Além disso, foram utilizadas cubetas de quartzo, pois permitem uma melhor leitura nessas condições de avaliação. Para os cálculos da atividade da enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar do H₂O₂ de 39,4 mmol L⁻¹ cm⁻¹. A atividade da catalase foi expressa em nmol de H₂O₂ consumido min⁻¹ mg⁻¹ proteína (PEIXOTO *et al.*, 1999).

2.2.7 Peróxido de hidrogênio

A concentração de peróxido de hidrogênio foi determinada por meio da reação com iodeto de potássio (KI), segundo Alexieva *et al.* (2001). Em meio ácido, o iodeto de potássio reage com o peróxido de hidrogênio, liberando iodo e água, formando um composto de coloração laranja-avermelhado. Para essa determinação, foi utilizada a extração do material vegetal, em que 200 mg de folhas foram maceradas com 2 mL de TCA 0,1%. Após homogeneização, as amostras foram transferidas para tubos e centrifugadas a 9.700 rpm por 15 min a 4°C. Do sobrenadante foram retirados 200 µL e adicionados 200 µL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e 800 µL de solução 1 M de KI. O branco consiste na mesma mistura descrita acima, porém, ao invés do sobrenadante da amostra, colocaram-se 200 µL de TCA 0,1%. Os tubos com a reação foram colocados em gelo e permaneceram no escuro durante uma hora. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 390 nm e a quantidade de H₂O₂ foi expressa em µmol g⁻¹ de matéria fresca.

2.2.8 Peroxidação lipídica

Foi determinada de acordo com a técnica de Heath e Packer (1968). Para isso, foram pesados 200 mg do material vegetal moído, que foram homogeneizados em 4 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. Em seguida, o conteúdo foi transferido para tubos de ensaio com rosca e papel filme, e incubado em banho maria a 90°C por 1 h. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 10.000 x g por 15 minutos à temperatura ambiente e, em seguida, o

sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorvância em espectrofotômetro UV-visível a 560 e 600 nm.

2.3 AVALIAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e Teste Tukey a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES FENOMÉTRICAS

3.1.1 Massa seca de raiz

Conforme observado na Tabela 2, para a massa seca de raiz, houve diferença estatística entre os tratamentos. O aumento de massa foi mais expressivo nos tratamentos 4 e 8, que corresponderam a um incremento de 56,67 e 30%, respectivamente.

Os incrementos encontrados para essa variável podem ser justificados pelo estudo realizado em mudas de trigo (*Triticum aestivum* L.), por Haas *et al.* (2015), que avaliaram o efeito do SA. Como resultado, o SA auxiliou no aumento de massa fresca de raiz e na biomassa total dessas plântulas. O aumento na massa radicular tende a beneficiar o incremento na retenção e absorção de água e nutrientes, o que tem como resultado um melhor desempenho fisiológico das plantas (GORNÍ; PACHECO, 2016).

Tabela 2: Fitomassa seca de raiz (g.planta⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas ((MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Massa seca de raiz |
|-----------------|--------------------------|--|--------------------|
| T ₁ | Controle | - | 0,050 cde* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 0,048 def |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 0,045 efg |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 0,078 a |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 0,058 bcd |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 0,058 bcd |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 0,062 bc |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 0,065 b |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 0,0367 fg |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 0,035 g |
| | | DMS (g.planta ⁻¹) | 0,011 |
| | | CV (%) | 9,06 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.2 Massa seca de haste

Os tratamentos apresentaram diferença significativa para a massa seca de haste. Os tratamentos 8 e 5 foram os que mais apresentaram aumento em relação ao controle e

corresponderam respectivamente a 23,27 e 21,33% de aumento na massa dessa variável. Esse resultado pode ser novamente explicado pelo fato de que o SA, ao atuar como hormônio nas plantas, juntamente com outros hormônios responsáveis pelo crescimento, como o ácido indolilacético (AIA), e juntamente com a giberelina, desempenha papel importante no crescimento vegetativo, sobretudo na altura total das plantas (KERBAUY *apud* COLLI, 2008).

Tabela 3: Fitomassa seca de haste (g.planta^{-1}), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Massa seca de haste |
|-----------------|--------------------------|--|---------------------|
| T ₁ | Controle | - | 0,352 abc* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha^{-1} | 0,283 cde |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha^{-1} | 0,282 cde |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha^{-1} | 0,357 abc |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha^{-1} | 0,427 a |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha^{-1} | 0,387 ab |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha^{-1} | 0,317 bcd |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha^{-1} + 50 g/ha^{-1} | 0,433 a |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha^{-1} + 1000 mg/ha^{-1} | 0,250 de |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha^{-1} | 0,195 e |
| | | DMS (g.planta^{-1}) | 0,100 |
| | | CV (%) | 12,53 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.3 Massa seca de folhas

Na análise de massa seca de folhas, também houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Entre eles, o que apresentou o maior incremento quando comparado ao controle foi o tratamento 6, correspondendo a 80,36%. Além disso, vale ressaltar que os tratamentos 4 e 5 apresentaram média de aumento de 64,29%, quando comparado ao tratamento ausente de aplicações. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de AS atuar na divisão das células dos meristemas apicais, o que influencia diretamente na produção de auxinas, hormônio responsável por desempenhar a estimulação do aumento das taxas de crescimento vegetativo (KHAN *et al.*, 2010).

Um fator que está intimamente ligado ao desenvolvimento da cultura é a área foliar (AF), isso porque o maquinário fotossintético depende da absorção da energia solar, que é convertida em uma forma assimilada pela planta, e esta é um dos indicadores de produtividade (KHAN *et al.*, 2010). O aumento de massa seca de folha torna-se importante até o momento em que a planta atinge o IAF ótimo. Antes disso, o aumento da emissão de folhas potencializa a fotossíntese líquida de plantas.

Tabela 4: Fitomassa seca de folha (g.planta⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Massa seca de folha |
|-----------------|--------------------------|--|---------------------|
| T ₁ | Controle | - | 0,187 cde* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 0,177 de |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 0,15 e |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 0,300 abc |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 0,313 ab |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 0,336 a |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 0,297 abcd |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 0,373 a |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 0,205 bcde |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 0,095 e |
| | | DMS (g.planta ⁻¹) | 0,118 |
| | | CV (%) | 20,06 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.4 Massa seca de tubérculo

Para a massa seca dos tubérculos, os tratamentos não se diferiram estatisticamente. De acordo com Banik *et al.* (2016), a caracterização da tolerância a estresses em cultivares de batata é complicada devido ao fato de não haver uma relação constante entre as respostas em peso e as características fisiológicas ou morfológicas específicas.

Tabela 5: Fitomassa seca de tubérculo (g.planta⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Massa seca de tubérculo |
|-----------------|--------------------------|--|-------------------------|
| T ₁ | Controle | - | 3,840 a* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 3,908 a |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 3,482 a |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 3,840 a |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 3,498 a |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 3,290 a |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 3,562 a |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 4,213 a |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 3,540 a |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 3,563 a |
| | | DMS (g.planta ⁻¹) | 0,950 |
| | | CV (%) | 10,63 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.1.5 Massa seca total

Para matéria seca total, os tratamentos se diferiram estatisticamente. O resultado encontrado diverge do observado por Alhoshan *et al.* (2019), que defendem que os fatores estressores podem afetar a arquitetura fisiológica da planta, reduzindo o tamanho da folha e a sua taxa de expansão e aumento na taxa de senescência. Contudo, no presente estudo, mesmo com a aplicação de ácido salicílico, não houve incremento em massa seca total das plantas quando comparadas com o tratamento ausente de aplicações.

Tabela 6: Fitomassa seca total (g.planta⁻¹), no experimento: “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Massa seca total |
|-----------------|--------------------------|--|------------------|
| T ₁ | Controle | - | 17,010 a* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 17,112 a |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 17,581 a |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 17,227 a |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 18,254 a |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 18,604 a |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 16,926 a |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 17,236 a |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 17,873 a |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 17,277 a |
| | | DMS (g.planta ⁻¹) | 2,497 |
| | | CV (%) | 5,86 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2 ENZIMAS

3.2.1 Proteína solúvel total

Para o teor de proteína, os tratamentos se diferiram quando comparados pelo teste estatístico. Ao analisar o teor de proteína dos tratamentos, observou-se um aumento de 2,65% no tratamento 5, quando comparado ao controle.

O aumento no tratamento 5 se justifica devido ao ácido salicílico funcionar como um regulador da planta na modulação de suas características bioquímicas e fisiológicas quando exposta a algum estresse abiótico. Além disso, ele é responsável por aumentar as respostas de aminoácidos como a prolina, enzimas antioxidantes, proteínas, metabólitos secundários e açúcar. Isso porque ele promove a tolerância a estresses como metais pesados, solo salino, seca e frio (ARIF *et al.*, 2020).

Tabela 7: Teores de Proteína Solúvel Total (mg g^{-1} MF), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | Proteína |
|-----------------|--------------------------|--|------------|
| T ₁ | Controle | - | 10,344 ab* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha^{-1} | 8,268 c |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha^{-1} | 8,737 bc |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha^{-1} | 10,114 ab |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha^{-1} | 10,618 a |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha^{-1} | 8,884 bc |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha^{-1} | 9,709 abc |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha^{-1} + 50g/ ha^{-1} | 9,903 abc |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha^{-1} + 1000 mg/ha^{-1} | 9,552 abc |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha^{-1} | 10,337 ab |
| | | DMS (mg g^{-1} MF) | 1,696 |
| | | CV (%) | 7,23 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2.2 Enzima POD

Para a enzima peroxidase (POD), os tratamentos se diferiram estatisticamente. A maior atividade da enzima foi observada no tratamento 3 (108,43%), porém vale salientar que os tratamentos 10 e 6 apresentaram respectivamente aumento de 62,83% e 60,05% quando comparados ao controle. Esses dados corroboram os valores encontrados por Sedaghat *et al.* (2017), que testaram o ácido salicílico em plantas de trigo e observaram incremento na atividade da POD, o que confirma que o ácido salicílico tem capacidade de estimular o metabolismo antioxidante.

Tabela 8: Atividade da enzima peroxidase (POD) (μmol purpurogalina min^{-1} mg proteína $^{-1}$), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | POD |
|-----------------|--------------------------|--|--------------|
| T ₁ | Controle | - | 2,537 d* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha^{-1} | 3,732 bc |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha^{-1} | 5,288 a |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha^{-1} | 2,591 d |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ ha^{-1} | 3,291 bcd |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ ha^{-1} | 4,061 b |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha^{-1} | 3,035 cd |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha^{-1} + 50g/ ha^{-1} | 3,874 bc |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha^{-1} + 1000 mg/ha^{-1} | 2,410 d |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ ha^{-1} | 4,131 b |
| | | DMS (μmol purpurogalina min^{-1} mg proteína $^{-1}$) | 0,884 |
| | | CV (%) | 10,40 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A peroxidase é amplamente distribuída em plantas superiores e envolvida em vários processos de estresse. É considerada uma enzima de alto peso molecular capaz de eliminar 15 H_2O_2 produzida durante a dismutação enzimática e não enzimática no citosol e cloroplasto. O aumento da atividade das peroxidases é uma resposta metabólica relacionada a diferentes tipos de estresses (JIMÉNEZ *et al.*, 1998).

Dessa forma, essa enzima, frequentemente, tem sido utilizada como um parâmetro metabólico durante alterações de crescimento e condições de estresse ambiental. A peroxidase apresenta maior afinidade ao H_2O_2 em relação à CAT, porém é necessário um substrato, para que haja a redução, transformando esse radical em água e oxigênio (ASADA, 1994; TAIZ *et al.*, 2017).

3.2.3 SOD

Para a enzima superóxido dismutase, também houve diferença estatística entre os tratamentos. O maior aumento da atividade da SOD foi observado no tratamento 8 (53,95%). Contudo, o tratamento 3 também apresentou aumento significativo, correspondendo a 50,94%, quando comparado ao tratamento ausente de aplicações.

Em um experimento desenvolvido por Fan *et al.* (2022), o uso de ácido salicílico promoveu aumentos nas atividades de SOD, CAT e POD em plantas de tomate sob déficit hídrico, o que foi explicado pelo fato de que as respostas antioxidantes induzidas por ácido salicílico são essenciais para proteger a planta do estresse oxidativo.

Tabela 9: Atividade da enzima Superóxido dismutase (SOD U μg proteína⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | SOD |
|-----------------|--------------------------|--|------------|
| T ₁ | Controle | - | 57,159 cd* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 75,146 ab |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 86,273 a |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 57,793 cd |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 69,971 bc |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 54,043 de |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 74,625 ab |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 87,996 a |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 42,190 e |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 52,478 de |
| | | DMS (U μg proteína ⁻¹) | 14,055 |
| | | CV (%) | 8,78 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

O melhor desempenho da enzima no tratamento 8 pode ser justificado pelo fato de cobre (Cu) desempenhar nas plantas um papel importante como elemento estrutural em proteínas reguladoras e como cofator de muitas enzimas (como Cu/Zn superóxido dismutase, amino oxidase, lacase, plastocianina e polifenol oxidase). Também participa do transporte de elétrons na fotossíntese, respiração mitocondrial e na resposta ao estresse oxidativo, bem como no metabolismo da parede celular, transcrição e translocação de proteínas e sinalização hormonal, conforme já descrito na literatura.

3.2.4 CAT

Para a enzima catalase, foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Quando comparados ao tratamento ausente de aplicações, o que apresentou maior incremento na atividade da enzima foi o tratamento 10, responsável pelo aumento de 75,75%.

Segundo Gill e Tuteja (2010), a alta atividade da enzima é justificada pela sua capacidade de converter rapidamente grandes concentrações de H₂O₂ em pouco tempo. Além disso, essas enzimas degradam o peróxido de hidrogênio sem utilizar redutores celulares, sendo sua atividade incrementada de forma linear à concentração de substrato (SCANDALIOS, 2005; TAIZ *et al.*, 2017). Outra justificativa pode ser o fato de o produto do tratamento 10 apresentar cobre em sua composição, o que pode ter proporcionado aumento da SOD e posteriormente da CAT.

Tabela 10: Atividade da enzima Catalase (CAT, $\mu\text{mol min}^{-1} \mu\text{g proteína}^{-1}$), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | CAT |
|-----------------|--------------------------|--|--------------|
| T ₁ | Controle | - | 1.317,467 b |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 1.379,214 b |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 1.1130,579 b |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 849,117 b |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 1.214,059 b |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 852,594 b |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 870,343 b |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 1.200,899 b |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 758,409 b |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 2.410,313 a |
| | | DMS ($\mu\text{mol min}^{-1} \mu\text{g proteína}^{-1}$) | 655,836 |
| | | CV (%) | 22,40 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2.5 H₂O₂

Ao se analisarem os teores de peróxido de hidrogênio, observou-se que também houve diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento que apresentou maior redução foi o 3, responsável por 29,05%, seguido do tratamento 8, que correspondeu a 16,65% de diminuição do composto.

A diminuição dos teores de H₂O₂ se justifica pela atividade das enzimas antioxidantes que auxiliaram na redução do peróxido, evitando a degradação celular. Além disso, é importante ressaltar que os níveis do composto tóxico foram menores onde a atividade das enzimas POD e SOD foram maiores. De acordo com Gill e Tuteja (2010), ao ser exposta a estresses abióticos, a SOD é a primeira enzima antioxidante que defende a célula contra a oxidação que converteu os radicais de superóxido (O₂⁻) em agentes menos tóxicos como o H₂O₂.

Tabela 11: Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose(L ou mg/ha) | H_2O_2 |
|-----------------|--------------------------|--|------------------------|
| T ₁ | Controle | - | 56,809 abc* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 64,213 ab |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 40,306 d |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 47,818 cd |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 68,453 a |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 58,092 abc |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 69,293 a |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 47,353 cd |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 50,889 cd |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 52,515 bcd |
| | | DMS ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}$) | 13,268 |
| | | CV (%) | 9,81 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

3.2.6 Peroxidação lipídica (PL)

Para a peroxidação de lipídios, os tratamentos também se diferiram estatisticamente. Ao se analisar a degradação dessa estrutura, foi observada uma queda nos tratamentos 3 e 2, correspondendo a 12,44 e 9,04% de diminuição quando comparados ao controle.

A redução do teor de PL pode ser justificada pelo aumento da atividade das enzimas POD, SOD e CAT nos tratamentos 2 e 3 e na redução de H_2O_2 no tratamento 3, devido às enzimas controlarem os compostos tóxicos, evitando a degradação das membranas (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017).

Tabela 12: Peroxidação lipídica (nmol TBARS g MF⁻¹), no experimento “Uso de Ácido Salicílico em batata”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas (MG), safra 2021/22

| Trat | Produto | Dose (L ou mg/ha) | PL |
|-----------------|--------------------------|--|-------------|
| T ₁ | Controle | - | 15,219 cde* |
| T ₂ | Ácido acetilsalicílico | 100 mg/ha ⁻¹ | 13,843 de |
| T ₃ | Ácido acetilsalicílico | 500 mg/ha ⁻¹ | 13,325 e |
| T ₄ | Ácido acetilsalicílico | 1000 mg/ha ⁻¹ | 15,396 cde |
| T ₅ | Agromos | 1,0 L/ha ⁻¹ | 16,754 bc |
| T ₆ | Bion | 0,04 Kg/ha ⁻¹ | 15,065 cde |
| T ₇ | Ácido salicílico | 400 mg/ha ⁻¹ | 16,493 cd |
| T ₈ | Ácido salicílico + Cobre | 400 mg/ha ⁻¹ + 50g/ha ⁻¹ | 15,786 cde |
| T ₉ | ASS + Re-Leaf | 100 mg/ha ⁻¹ + 1000 mg/ha ⁻¹ | 19,277 ab |
| T ₁₀ | Bayfolan | 1,0 L/ha ⁻¹ | 21,726 a |
| | | DMS (g.planta ⁻¹) | 2,654 |
| | | CV (%) | 6,70 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o uso de ácido salicílico + cobre na dose de 400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹ (T₈) proporcionou incremento de massa de raiz e hastes. Para o metabolismo antioxidante, o uso de ácido acetilsalicílico na dose de 500 mg/ha⁻¹ (T₃) e de ácido salicílico + cobre na dose de 400 mg/ha⁻¹ + 50g/ha⁻¹ (T₈) se mostraram mais eficientes na ativação enzimática, principalmente das enzimas POD e SOD, respectivamente, além de reduzirem o peróxido de hidrogênio e a peroxidação dos lipídeos.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. A.; CABELLI, D. E. Superoxide dismutases-a review of the metal-associated mechanistic variations. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics**, [S. l.], v. 1804, n. 2, p. 263-274, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2009.11.005>.

ALEXIEVA, V. *et al.* The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, [S. l.], v. 24, n. 12, p. 1337-1334, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>.

ALHOSHAN, M. *et al.* Effect of soil drought on biomass production, physiological attributes and antioxidant enzymes activities of potato cultivars. **Russian Journal of Plant Physiology**, [S. l.], v. 66, n. 2, p. 265-277, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S1021443719020031>.

ARIF, Y. *et al.* Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: a study towards physiology and signal transduction under challenging environment. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], v. 175, p. 104040, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104040>.

ASADA, K. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. *In*: FOYER, C.H.; MULLINEAUX, P.M. (Ed.). **Causes of photo-oxidative stress and amelioration of defense systems in plants**. Boca Raton: CRC Press, p. 77-104, 1994.

BANIK, P. *et al.* Effects of drought acclimation on drought stress resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], v. 126, p. 76-89, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.01.008>.

BARROS, F. C. *et al.* 2010. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 231-239, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7071>.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BONALDO, S. M. *et al.* **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ. 11-28. 2005.

BOR, M. F. *et al.* The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Amsterdam, v. 164, n.1, p. 77-84, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00338-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00338-2).

BURRA, D. D. *et al.* Salicylic and jasmonic acid pathways are necessary for defence against *Dickeya solani* as revealed by a novel method for Blackleg disease screening of in vitro grown potato. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 17, n. 5, p. 1030-1038, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/plb.12339>.

COLLI, S. Outros reguladores: Brassinoesteróides, Poliaminas, ácidos Jasmônico e Salicílico. *In*: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2008. 297-302 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura da batata: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2008 a 2017**. vol. 12. Brasília-DF: Conab. 2017. 19 p.

MILAGRES, C. do C. *et al.* Índices de nitrogênio e modelo para prognosticar a produção de tubérculos de batata. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 3, p. 261-270, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865030006>.

FAN, S. *et al.* The salicylic acid mediates selenium-induced tolerance to drought stress in tomato plants. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 300, p. 111092, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111092>.

GARCIA, É. L. *et al.* Potencialidade de processamento industrial de cultivares de batatas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1742-1747, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140072>.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>.

GORNI, P. H.; PACHECO, A. C. Growth promotion and elicitor activity of salicylic acid on *Achillea millefolium* L. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 15, n. 16, p. 657-665, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15320>.

HAAS, C. J. T. *et al.* Effect of salicylic acid on root growth and total biomass of wheat seedlings. **Terra Latinoamericana**, Chapingo, v. 33, n. 1, p. 63-68, ref. 22, 2015. Disponível em: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/45>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [S. l.], v. 125, n. 1, p. 189-198, 1968. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)

JIMÉNEZ, A. *et al.* Mitochondrial and peroxisomal ascorbate peroxidase of pea leaves. **Physiologia Plantarum**, [S. l.], v. 104, n. 4, p. 687-692, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040424.x>.

KHAN, N. A. *et al.* Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. **International Journal of Plant Biology**, [S. l.], v. 1, n. 1, e1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1>.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York. 2012. 651 p.

MOREY, R. *et al.* Non-invasive identification of potato varieties and prediction of the origin of tuber cultivation using spatially offset Raman spectroscopy. **Analytical & Bioanalytical Chemistry**, [S. l.], v. 412, n. 19, p. 4585-4594, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02706-5>.

NECHAEVA, T. L. *et al.* Salicylic and hydroxybenzoic acids affect the accumulation of phenolic compounds in tea-plant cultures in vitro. **Biology Bulletin**, [S. l.], v. 47, n. 4, p. 374-380, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S1062359020040093>.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 38, n. 7, p. 995-1014, jul. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2005000700003>.

SEDAGHAT, M. *et al.* Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 119, p. 59-69, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.08.015>.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, v. 153, n. 1, p. 65-72, 2000.