

## UTILIZAÇÃO DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA ASSOCIADOS COM FUNGICIDA NA CULTURA DE SOJA

**Victor Barros Pacheco**

Mestrando profissionalizante em Produção Vegetal, Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM/Uberaba).

E-mail: victor.pb116@gmail.com

**Evandro Binotto Fagan**

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: evbinotto@unipam.edu.br

---

**RESUMO:** O trabalho objetivou avaliar o efeito de fungicida associado a indutores de resistência em parâmetros fisiológicos na soja. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em sistema fatorial (2x4), sendo o primeiro fator (i) duas cultivares e o (ii) segundo fator constituído por aplicações de fungicida associado a indutores de resistência no estágio  $V_{4/5}$ . Constatou-se que a aplicação de mancozeb + fosfito proporcionou incremento de 5,25 sacas  $ha^{-1}$  em relação ao controle.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max* L. Merrill. Doenças. Mancozeb.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the effect of fungicide associated with resistance inducers on physiological parameters in soybean. The experimental design was randomized blocks in factorial system (2x4), where the first factor (i) two cultivars and second factor (ii) constituted by fungicide applications associated with resistance inducers at stage  $V_{4/5}$ . The application of mancozeb + phosphite resulted in an increase of 5.25 bags  $ha^{-1}$  in relation to control.

**KEYWORDS:** *Glycine max* L. Merrill. Diseases. Mancozeb.

---

### INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a espécie mais cultivada em todo o mundo, sendo que aproximadamente 80% da produção está concentrada em três países: Estados Unidos, Brasil e Argentina (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2015). Na safra 17/18, a produção brasileira chegou a 119,3 milhões de toneladas do grão em uma área de 35,1 milhões de hectares, atingindo produtividade média no Brasil em torno de 3.394  $kg ha^{-1}$  (CONAB, 2018). Entretanto, essa produtividade pode atingir os 6.000  $kg ha^{-1}$  (COOPER, 2003), tornando o aumento dessa característica um dos desafios na agricultura atualmente.

Sendo assim, visto a importância da soja como uma peça fundamental na economia do país, tecnologias que visem incrementar a produtividade dessa cultura são de suma importância. Contudo, a expansão dessa cultura vem sendo acompanhada pelo aumento do ataque de pragas e doenças, principais fatores que

limitam a obtenção de alta produtividade. Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus já foram identificadas no Brasil. São estimadas perdas anuais de produção de cerca de 15% a 20% em decorrência desses ataques, podendo chegar, em alguns casos, a perdas de quase 100% (ARANTES; SOUZA, 1993).

Dessa maneira, uma das alternativas que busca atenuar esse limitante é a utilização de fungicidas, com o objetivo de proteger a planta contra a infecção de fungos ou controlar as doenças após o seu aparecimento. Nesse sentido, a utilização de mancozeb tem sido uma das estratégias adotadas pelos produtores de soja e de outras culturas como feijão, milho e algodão, conceituando uma tecnologia que começa a ser utilizada para proteção de plantas (BALARDIN *et al.*, 2017). Esse fungicida é pertencente ao grupo dos ditiocarbamatos, com modo de ação multissítios e ação protetora sobre os patógenos. Isso significa que o mancozeb aplicado fica depositado sobre o tecido, inibindo a germinação do esporo e a infecção dos patógenos (GULLINO *et al.*, 2010).

Aliado a isso, outra técnica que vem sendo adotada no campo é a utilização de substâncias que atuam como indutores de resistência, contribuindo, assim, para o manejo das doenças na cultura de soja. Dentre essas substâncias, podem-se destacar quatro delas: (i) ácido salicílico, conhecido como importante sinalizador na resposta das plantas à imunidade, conhecida como resistência sistêmica adquirida (SAR). Esse mecanismo permite que as plantas desenvolvam estratégias de resistência para futuras infecções de patógenos, o que reduz a severidade das doenças (AN; MOU, 2011); (ii) fenilalanina, que está ligada com a produção de compostos fenólicos de defesa como, por exemplo, taninos, lignina e flavonoides, Além disso, participa da síntese do ácido salicílico (TAIZ; ZEIGER, 2013); (iii) fosfitos, que podem atuar diretamente sobre o patógeno, agir como um “ativador” de rotas de defesa estimulando a produção de fitoalexinas, flavonoides e ácidos cinâmicos (GUEST; GRANT, 1991) e (iv) óxido nítrico, que está envolvido no acúmulo de fitoalexinas e na ativação de respostas de defesa contra o ataque de patógenos (FERREIRA, 2011).

Acredita-se que associações entre mancozeb e indutores de resistência podem promover redução na incidência de doenças na cultura de soja, além de aumentar a eficiência de controle proporcionada pelos fungicidas sítio-específicos. Ademais, especula-se que esta associação pode reduzir o nível de estresses das plantas e promover incremento na produtividade, devido aos efeitos adicionais relatados anteriormente para o mancozeb, ácido salicílico, fenilalanina, óxido nítrico e fosfito.

Visto a importância da soja como um item fundamental na economia do país, assim como as depleções em produtividade causadas por ataques de pragas e doenças, alternativas que visam minimizar os danos na produção se tornam imprescindíveis. Diante disso, o estudo da interação de indutores de resistência associados à fungicida atesta essa busca por melhores resultados. Desse modo, este trabalho resultará no desenvolvimento de novas tecnologias que potencializam o controle de doenças em plantas, possibilitando, assim, altos patamares produtivos. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de indutores de resistência em associação com fungicida em parâmetros fisiológicos da cultura de soja.

## METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental na Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), localizada no município de Rio Paranaíba – MG. O local, segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1540 mm, sendo a temperatura média anual igual a 20°C (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). As avaliações fisiológicas, fenométricas e produtivas foram realizadas no Laboratório do Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Patos de Minas-MG.

Foi utilizada a cultura de soja (*Glycine max* L. Merrill), cultivares TEC 7849 IPRO (grupo de maturação – GM-7.8) e Brasmax Desafio RR (GM-7.4). De acordo com a análise de solo, não foi necessária aplicação de calcário para correção do solo. A adubação utilizada foi de manutenção, em que se aplicou 390 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08:30:10 + 3,26% de Ca + 4,25% de S + 0,2% de B + 0,2% de Zn. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 23 de outubro de 2017, com espaçamento de 0,60 m entrelinhas para manter uma densidade populacional de 240.000 para a cultivar TEC 7849 IPRO e 350.000 plantas ha<sup>-1</sup> para Desafio RR, respectivamente. O experimento foi conduzido em área irrigada através de pivô central.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em sistema fatorial (2x4), onde o primeiro fator (i) duas cultivares e o (ii) segundo fator constituído por aplicações de fungicida associado a indutores de resistência no estádio V<sub>4/5</sub> (Tabela 1), totalizando oito tratamentos com cinco repetições (40 unidades experimentais). Cada parcela experimental apresentou cinco linhas com espaçamento de 0,6 m entre linhas com oito metros de comprimento, totalizando uma área (24 m<sup>2</sup>).

As pulverizações dos tratamentos foliares foram realizadas através de um pulverizador costal motorizado. A barra que foi utilizada contém 4 bicos do tipo leque, perfazendo 2,25 m de comprimento e com a pressão constante de 2 bar.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos (T) que foram utilizados no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR . Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.

Tratamentos	Descrições		
	Cultivar	Fungicida (V <sub>4/5</sub> )	Indutor de resistência (V <sub>4/5</sub> )
T <sub>1</sub> (controle)		Mancozeb <sup>1</sup>	Sem aplicação
T <sub>2</sub>	TEC 7849	Mancozeb <sup>1</sup>	Ácido salicílico <sup>3</sup>
T <sub>3</sub>	IPRO	Mancozeb <sup>1</sup>	Fosfito <sup>4</sup>
T <sub>4</sub>		Mancozeb <sup>1</sup>	*Óxido nítrico <sup>2</sup> + Fenilalanina <sup>3</sup> + Ácido salicílico <sup>3</sup>
T <sub>1</sub> (controle)		Mancozeb <sup>1</sup>	Sem aplicação
T <sub>2</sub>	Brasmax	Mancozeb <sup>1</sup>	Ácido salicílico <sup>3</sup>
T <sub>3</sub>	Desafio	Mancozeb <sup>1</sup>	Fosfito <sup>4</sup>
T <sub>4</sub>	RR	Mancozeb <sup>1</sup>	*Óxido nítrico <sup>2</sup> + Fenilalanina <sup>3</sup> + Ácido salicílico <sup>3</sup>

\* O óxido nítrico foi aplicado na forma de nitroprussiato de sódio. <sup>1</sup> Dose de 1,5 kg ha<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> Dose de 300 ppm ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> Dose de 100 ppm ha<sup>-1</sup>; <sup>4</sup> Dose de 1 L ha<sup>-1</sup>

## **Avaliações**

### **Atividade de enzimas antioxidantes**

A determinação das enzimas antioxidantes foi realizada aos 52 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 2), quando as plantas se encontravam no estágio R<sub>1/2</sub>.

### **Obtenção do extrato vegetal**

Para essas análises, as amostras de folhas foram coletadas entre oito e dez da manhã. Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos e embrulhadas em papel alumínio. Em seguida, foram congeladas em nitrogênio líquido, a fim de paralisar todas as reações.

As folhas foram maceradas utilizando-se nitrogênio líquido, e depois foram adicionados 10 mL de tampão de fosfato de potássio 0,1 mol L<sup>-1</sup> pH 6,8 para a extração do material vegetal. 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 da atividade das enzimas catalase, peroxidase e superóxido dismutase, além do conteúdo de proteínas totais solúveis (KAR; MISHRA, 1976).

### **Conteúdo da proteína total solúvel na folha**

Para determinação do teor de proteína total solúvel na folha, foi utilizada a metodologia descrita por Bradford (1976).

### **Superóxido dismutase (SOD)**

A superóxido dismutase (SOD) foi determinada segundo a metodologia de Beauchamp e Fridovich (1971, *apud* BOR; OZDEMIR; TURKAN, 2003).

### **Peroxidase (POD)**

A atividade da peroxidase (POD) foi determinada de acordo com Teisseire e Guy (2000).

### **Enzima fenilalanina amônia-liase (PAL)**

A atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Umesha (2006).

### **Peroxidação de lipídios (PL)**

A peroxidação de lipídios foi determinada de acordo com a técnica de Heath e

Packer (1968, *apud* RAMA DEVI; PRASAD, 1998).

### **Conteúdo de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

O conteúdo de peróxido de hidrogênio foi determinado por meio da reação com iodeto de potássio (KI), segundo Alexieva *et al.* (2001).

### **Produtividade**

A produtividade foi quantificada por meio da colheita manual das plantas, considerando as três fileiras centrais. Foi descartado 0,5 m em cada extremidade. Foi determinado o teor de água dos grãos e efetuado o cálculo da produtividade (produção por unidade de área) com o teor de água corrigido para 13% (0,13 g<sup>-1</sup>). Para pesagem dos grãos, foi utilizada uma balança digital com precisão de 0,01 grama.

### **Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Atividade da superóxido dismutase**

Analisando a atividade da enzima SOD (Tabela 2), verificou-se que não houve interação entre os fatores e não houve diferença significativa entre os cultivares, analisadas individualmente. Contudo, considerando somente os tratamentos, observa-se um destaque para a aplicação de mancozeb + ácido salicílico (T<sub>2</sub>), sendo essa superior estatisticamente em relação aos demais tratamentos, com acréscimo de 70,9% comparado ao T<sub>1</sub> (mancozeb).

A SOD é uma enzima constituinte do metabolismo oxidativo de plantas, sendo responsável pela conversão de radicais livres de O<sub>2</sub><sup>-</sup> em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> (GILL; TUTEJA, 2010). Dessa maneira, essa enzima elimina o radical superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), resultando em um equilíbrio metabólico contra danos celulares provenientes das EROs (ELSTNER; OSSWALD, 1994). Sendo assim, os resultados referidos acima corroboram com uma das principais funções do ácido salicílico, que é a sinalização na resposta das plantas à imunidade (AN; MOU, 2011), sendo que a aplicação de mancozeb + ácido salicílico, tratamento T<sub>2</sub>, provocou o maior incremento no teor da SOD em ambos os cultivares.

**Tabela 2.** Atividade da superóxido dismutase (SOD,  $\mu\text{mol min}^{-1} \mu\text{g proteína}^{-1}$ ) no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR . Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.

Cultivar	Tratamentos				Média
	Mancozeb	Mancozeb + Ácido salicílico	Mancozeb + Fosfito	Mancozeb + Óxido Nítrico + Fenilalanina + Ácido salicílico	
TEC 7849 IPRO	16,63	24,99	23,13	19,84	21,15NS
Brasmax Desafio RR	14,25	27,76	21,52	24,48	22,00
Média	15,44c	26,38a	22,32b	22,15b	
CV (%)	15,22				
DMS cultivar: 2,12			DMS tratamento: 4,01		

\*Letras minúsculas diferem entre si em relação aos tratamentos e as maiúsculas entre cultivares pelo teste Tukey a 5% de significância. NS: não significativo

### Teor de peróxido de hidrogênio

Para o teor de peróxido de hidrogênio (Tabela 3), também não ocorreu interação entre tratamentos x cultivar, como também não houve diferença estatística examinando o fator tratamento isolado. Quanto aos cultivares, observou-se que o TEC 7849 IPRO obteve maiores teores de peróxido de hidrogênio, sendo estaticamente superior ao Brasmax Desafio RR (137,1% de acréscimo).

O peróxido de hidrogênio é uma espécie reativa de oxigênio (EROs), tendo grande participação no estresse oxidativo, responsável por gerar o radical hidroxila, causando danos nas plantas, reduzindo atividade enzimática, dificultando o transporte ativo entre as membranas celulares e, por fim, causando a morte celular. Segundo Cheeseman (2007), o peróxido de hidrogênio pode ser gerado de maneira espontânea, não dependendo somente da enzima SOD. Nesse caso, a elevada atividade da enzima peroxidase (POD) é necessária para proporcionar às plantas um baixo nível de estresse (CHEESEMAN, 2007)

**Tabela 3.** Teor de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}$ ) no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR . Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.

Cultivar	Tratamentos				Média
	Mancozeb	Mancozeb + Ácido salicílico	Mancozeb + Fosfito	Mancozeb + Oxido Nítrico + Fenilalanina + Ácido salicílico	
TEC7849 IPRO	14,75	14,91	15,12	14,24	14,75A
Brasmax Desafio RR	7,36	6,10	5,04	6,41	6,22B
Média	11,05NS	10,50	10,08	10,32	
CV (%)	11,03				
DMS cultivar: 0,74			DMS tratamento: 1,41		

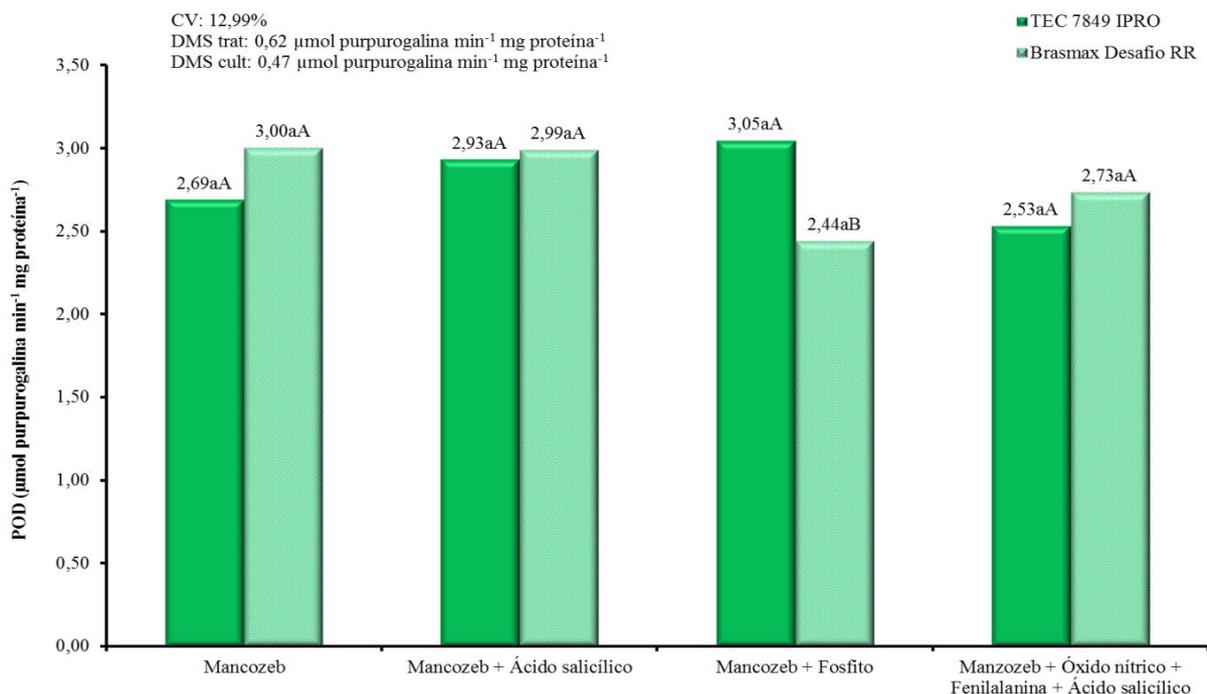
\*Letras minúsculas diferem entre si em relação aos tratamentos e as maiúsculas entre cultivares pelo teste Tukey a 5% de significância. NS: não significativo

### Atividade da peroxidase (POD)

Analisando a atividade da enzima POD (Figura 1), verificou-se que houve interação entre os fatores. Considerando os tratamentos isolados, percebe-se que não ocorreu diferença estatística entre eles. Quanto ao cultivar Brasmax Desafio RR, nota-se que a maior atividade da enzima POD está no controle (mancozeb). Examinando agora apenas os cultivares, constata-se que ocorreu diferença significativa apenas no tratamento T<sub>3</sub> (Mancozeb + Fosfito), onde o cultivar TEC 7849 IPRO se sobressaiu com ganho de 25%.

Segundo Barreiros, David e David (2006) e Alfenas (1998), a POD é uma enzima de oxidorredução, aceptora específica de hidrogênio, principal responsável pela eliminação do peróxido de hidrogênio através da transformação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub>. Em resposta a estresses, a peroxidase tem sua atividade aumentada, pois a proteção das células contra reações oxidativas é sua principal função. Esse fato é comprovado através do tratamento de sementes de melão com fungicidas, que proporcionaram aumento das enzimas antioxidantes, controlando a quantidade de EROs produzida (MACEDO, 2012).

**Figura 1.** Atividade da peroxidase (POD,  $\mu\text{mol}$  purpurogalina  $\text{min}^{-1}$   $\text{mg}$  proteína $^{-1}$ ) no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.



\*Letras minúsculas diferem entre si em relação aos tratamentos e as maiúsculas entre cultivares pelo teste Tukey a 5% de significância.

### Peroxidação lipídica (PL)

Em relação à peroxidação lipídica (Tabela 4), verificou-se que não houve interação entre os fatores. Entretanto, para tratamentos e cultivar analisados

individualmente, foi possível constatar diferenças significativas. Quando se observam os tratamentos, nota-se que o maior nível de peroxidação lipídica ocorreu no controle (mancozeb). Já para os cultivares, é possível perceber que o Brasmax Desafio RR apresentou nível de peroxidação lipídica 22,3% superior a cultivar TEC 7849 IPRO.

Sob condições de estresse aliados a uma baixa atividade de enzimas antioxidantes, temos um acúmulo de EROs, uma vez que os radicais livres gerados não são degradados, gerando danos em ácidos nucleicos, proteínas e membranas celulares, ocasionando a peroxidação lipídica (GILL; TUTEJA, 2010). Portanto, com base na interpretação dos resultados citada acima, o controle (onde não ocorreu a aplicação de indutores de resistência) obteve o maior índice de degradação da membrana, o que realça o efeito dos indutores de resistência na redução do nível de estresse das plantas.

Diversos relatos na literatura indicam que algumas substâncias atuam como sinalizadoras durante o estresse, dentre elas o óxido nítrico atua como moléculas chave de sinalização nas plantas (DURNER; WENDEHENNE; KLESSIG, 1998). O ácido salicílico já tem sido relatado inibindo a atividade de enzimas antioxidantes, durante a indução à resistência a doenças que este promove, com o objetivo de aumentar a concentração de ERRO, as quais funcionam como moléculas sinalizadoras nesta e em outras ações. O fosfito está envolvido na ativação do sistema de defesa natural das plantas, atuando na enzima fenilalanina amônio-liase (PAL) que participa da rota de síntese de flavonoides e ácidos cinâmicos. A fenilalanina, através da ação da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), produz ácido salicílico, que, por sua vez, age como sinalizador de defesa (BUCHANAN; GRUÍSSEM; JONES, 2000). Isso possivelmente explica as reduções de peroxidação lipídica observadas nos tratamentos T<sub>2</sub> (Mancozeb), T<sub>3</sub> (Mancozeb + Ácido salicílico) e T<sub>4</sub> (Mancozeb + Óxido Nítrico + Fenilalanina + Ácido salicílico), quando comparados ao controle.

**Tabela 4.** Peroxidação lipídica (nmol TBARS g MF<sup>-1</sup>) no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.

Cultivar	Tratamentos				Média
	Mancozeb	Mancozeb + Ácido salicílico	Mancozeb + Fosfito	Mancozeb + Óxido Nítrico + Fenilalanina + Ácido salicílico	
TEC 7849 IPRO	16,73	12,36	12,41	12,71	13,55B
Brasmax Desafio RR	18,74	15,97	16,30	15,29	16,57A
Média	17,73a	14,35b	14,16b	14,00b	
CV (%)	8,28				
	DMS cultivar: 0,80		DMS tratamento: 1,52		

\*Letras minúsculas diferem entre si em relação aos tratamentos e as maiúsculas entre cultivares pelo teste Tukey a 5% de significância.

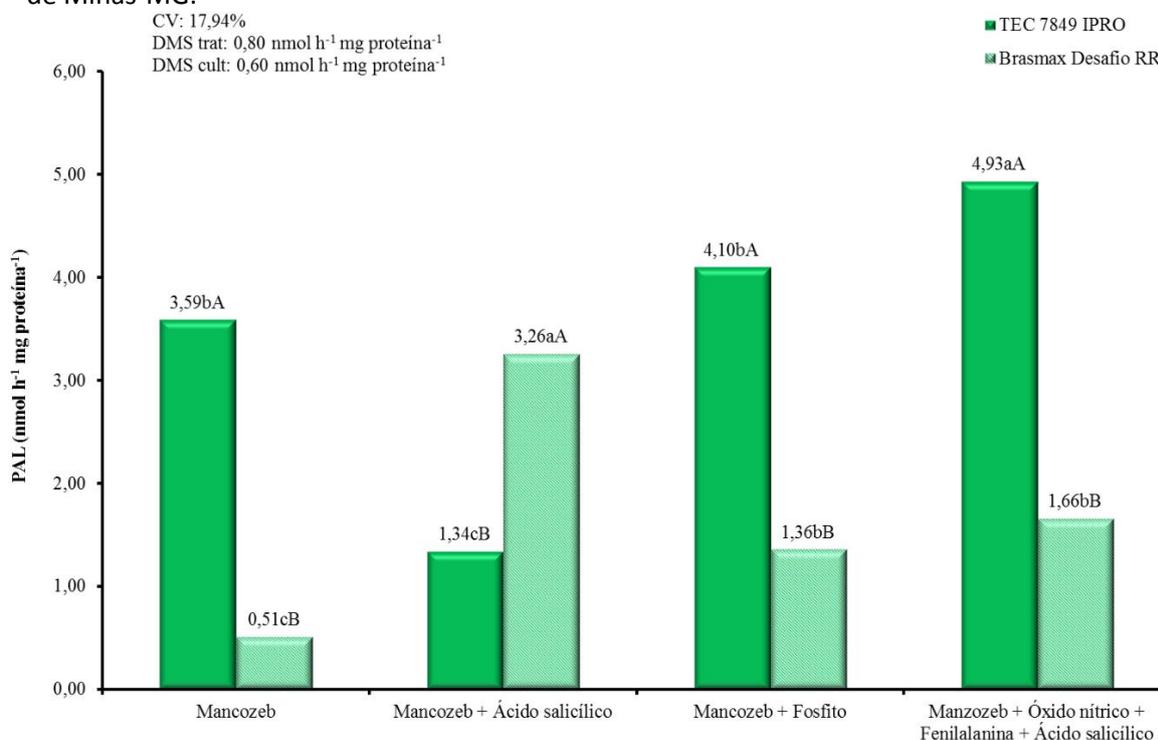
### Atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL)

Examinando a atividade da enzima PAL, é possível perceber que ocorreu interação do tratamento x cultivar (Figura 2). Dessa maneira, analisando apenas os

cultivares, verifica-se que a TEC 7849 IPRO foi estatisticamente superior a Brasmax Desafio RR em todos os tratamentos, com exceção do T<sub>2</sub> (Mancozeb + Ácido salicílico). Quanto aos tratamentos, percebe-se que a aplicação de mancozeb + óxido nítrico + fenilalanina + ácido salicílico (tratamento T<sub>2</sub>) no cultivar TEC 7849 IPRO se destacou com diferença significativa dos demais e com um ganho de 37,3%, comparado a aplicação de mancozeb (T<sub>1</sub>). Já para o cultivar Brasmax Desafio RR, observa-se que o T<sub>2</sub> (Mancozeb + Ácido salicílico) se diferenciou estatisticamente dos demais, apresentando um incremento de 539,2% em relação ao controle. As explicações para esses resultados, provavelmente, estão relacionadas com o mecanismo de funcionamento das substâncias que integram o tratamento T<sub>4</sub>, onde se aplicou mancozeb + óxido nítrico + fenilalanina + ácido salicílico, verificando o maior nível da enzima PAL.

A classe mais abundante de compostos fenólicos em plantas é proveniente do aminoácido fenilalanina que está relacionado com a síntese de compostos fenólicos de defesa (DENISOV, 2005). A síntese desses compostos provém da fenilalanina, por meio da eliminação de uma molécula de amônia para formar o ácido cinâmico. Essa reação é produto da ação catalizadora da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) sobre a fenilalanina (TAIZ; ZEIGER, 2013), que também produz o ácido salicílico. Além disso, o óxido nítrico induz o acúmulo de ácido salicílico, podendo assim, participar do início da indução de resistência sistêmica adquirida (ARASIMOWICZ; FLORYSZAK-WIECZOREK, 2007).

**FIGURA 2.** Atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) ( $\text{nmol h}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$ ) no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.



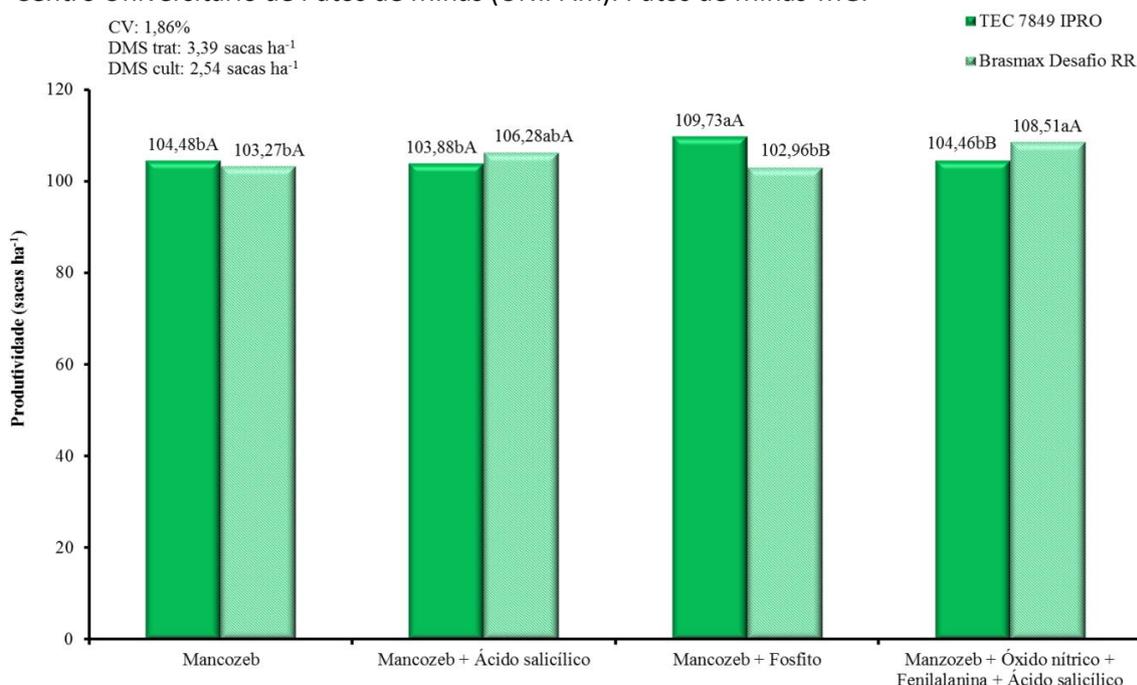
\*Letras minúsculas diferem entre si em relação aos tratamentos e as maiúsculas entre cultivares pelo teste Tukey a 5% de significância.

## Produtividade

Para a produtividade (Figura 3), percebe-se que houve interação entre os fatores tratamento x cultivar. Analisando apenas os tratamentos para o cultivar TEC 7849 IPRO, constata-se que a aplicação de mancozeb + fosfito (T<sub>3</sub>) resultou no maior incremento de 5,25 sacas ha<sup>-1</sup> em relação ao controle. Esses resultados podem estar relacionados com a participação do fosfito na ativação de rotas de defesa, atuando na enzima fenilalanina amônio-liase (PAL) que participa da rota de síntese de flavonoides e ácidos cinâmicos (MARSCHNER, 2008). Quanto ao cultivar Brasmax Desafio RR, nota-se que a utilização de mancozeb + óxido nítrico + fenilalanina + ácido salicílico (T<sub>4</sub>) proporcionou incremento de 5,07 sacas ha<sup>-1</sup> em relação ao Controle. Apesar disso, esse tratamento (T<sub>4</sub>) foi estatisticamente igual ao T<sub>2</sub> (Mancozeb + Ácido salicílico). Essa tendência de incremento, possivelmente, pode estar ligada às funções do ácido salicílico, em que têm sido relatados efeitos desse mediando resposta a estresses abióticos como estresse hídrico, estresse por frio, tolerância a metais pesados, altas temperaturas e estresse osmótico (RIVAS-SAN VICENTE; PLASENCIA, 2011).

Referente aos cultivares, nota-se que o TEC 7849 IPRO foi superior estatisticamente em relação ao Brasmax Desafio RR apenas no tratamento T<sub>3</sub> (mancozeb + fosfito). Já o Brasmax Desafio RR demonstrou diferença significativa quando comparado ao TEC 7849 IPRO somente no tratamento T<sub>4</sub> (Mancozeb + Óxido Nítrico + Fenilalanina + Ácido salicílico). Notam-se respostas diferentes de cada cultivar em relação aos tratamentos, tanto em produtividade quanto no metabolismo oxidativo, o que possivelmente está ligado à expressividade genética individual dos cultivares.

**FIGURA 3.** Produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>) no ensaio: “Utilização de indutores de resistência associados à fungicida na cultura de soja”. Cultivares TEC 7849 IPRO e Brasmax Desafio RR. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas-MG.



\*Letras minúsculas diferem entre si em relação aos tratamentos e as maiúsculas entre cultivares pelo teste Tukey a 5% de significância.

## CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos e do que foi discutido, pode-se concluir que o uso de mancozeb + fosfito no cultivar TEC 7849 IPRO apresentou o maior incremento de produtividade, e, também, elevados níveis de atividade da enzima POD e PAL. A utilização de mancozeb + óxido nítrico + fenilalanina + ácido salicílico dentro do cultivar Brasmax Desafio RR obteve o maior ganho em produtividade e baixos níveis de PL. Não foi possível perceber resultados expressivos na interação dos cultivares TEC 7849 IRO e Brasmax Desafio RR.

## REFERÊNCIAS

ALEXIEVA, V; SERGIEV, I; MAPELLI, S; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, p. 1337-1344, 2001.

ALFENAS, A.C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações** em plantas e microrganismos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 574p.

AN, C.; MOU, Z. Salicylic acid and its function in plant immunity. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 53, p. 412-428, 2011.

ARANTES, N.E.; SOUZA, P. I. de M. de. **Cultura de soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 333-397.

ARASIMOWICZ, M.; FLORYSZAK-WIECZOREK, J. Nitric oxide as a bioactive signalling molecule in plant stress responses. **Plant Science**, v. 172, p. 876-87, 2007.

BALARDIN, R.S.; MADALOSSO, M.G.; STEFANELLO, M.T.; MARQUES, L.N.; DEBORTOLI, M.P. **Mancozebe: muito além de um fungicida**. Porto Alegre: Bookman Editora LTDA, 2017.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BOR, M.F.; ÖZDEMIR, F.; TÜRKAN, I. 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**, v. 164, p. 77-84, 2003.

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

BUCHANAN, B.B.; GRUÍSSEM, W.; JONES, R.L. Biochemistry and molecular biology of

plants. **American Society of Plant Physiologists**, 2000, 1367p.

CHEESEMAN, J.M. Hydrogen peroxide and plant stress: a challenging relationship. **Plant Stress**, v. 1, n. 1, p. 4-15, 2007.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6, n. 1, 129p, out. 2018.

COOPER, R. L. A delayed flowering barrier to higher soybean yields. **Field Crops Research**, v. 20, n. 82, p. 27-35, 2003.

DENISOV, E.T. **Oxidation and antioxidants in organic chemistry and biology**. Boca Raton: CRC Taylor & Francis Group, 2005. 981p.

DURNER, J., WENDEHENNE, D., KLESSIG, D.F. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic GMP, and cyclic ADP-ribose. **Proceedings of the National Academy of Sciences. USA**, v. 95, p. 10328-33, 1998.

ELSTNER, E.; OSSWALD, W. Mechanisms of oxygen activation during plant stress. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. **Biological Sciences**, v. 102, p. 131-154, 1994.

FERREIRA, E. P. B. *et al.* Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Dorchester, v. 48, p. 909-930, 2010.

GUEST, D.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 66, n. 2, p. 159-187, 1991.

GULLINO, M.L.; TINIVELLA, F.; GARIBALDI, A.; KEMMITT, G.M.; BACCI, L.; SHEPPARD, B. Mancozeb: Past, Present, and Future. **Plant Disease**, v. 94, p. 1076-1087, 2010.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, Rockville, v. 57, p. 315-319, 1976.

MACEDO, A.C. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de melão rendilhado, cultivadas em ambiente protegido**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Second Edition. San Diego: Academic Press, 2008. 889p.

PEEL ET AL., M. C. AND FINLAYSON, B. L. AND MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Australia, **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

RAMA DEVI, S.; PRASAD, M.N.V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: response antioxidant enzymes and antioxidantS. **Plant Science**, Amsterdam, v. 138, p. 157-165, 1998.

RIVAS-SAN VICENTE, M.; PLASENCIA, J. Salicylic acid beyond defense: its role growth and development. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 10. p. 1-18, 2011.

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

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

UMESHA, S. Phenylalanine ammonia lyase activity in tomato seedlings and its relationship to bacterial disease resistance. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 34, p. 68-71, 2006.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. Acesso em: 25 jan. 2015.