

Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura

Viviane Moreira Alves¹; Fernando Cezar Juliatti²

¹Mestre, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) Rua Acre, 1004 - Umuarama, CEP 38402-022, Uberlândia - MG, Brasil; ²LAMIP - Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas, bloco 2E, sala 106, campus Umuarama. ICIAG - UFU . Campus Umuarama. Rua Acre, 1004 - Umuarama, CEP 38402-022, Uberlândia - MG, Brasil. Professor titular e pesquisador 1D do CNPq.

Autor para correspondência: Viviane Moreira Alves (viviane_agro@yahoo.com.br)

Data de chegada: 28/07/2016. Aceito para publicação em: 14/06/2017.

10.1590/0100-5405/167203

RESUMO

Alves, V.M.; Juliatti, F.C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.3, p.245-251, 2018.

Atualmente, as recomendações de manejo para a ferrugem asiática da soja (FAS) têm sido baseadas na aplicação de fungicidas protetores em mistura com triazóis, estrobilurinas e carboxamidas. Desta forma, objetivou-se avaliar se o incremento de produtividade proporcionado pela aplicação de mancozebe é devido unicamente à ação fungicida do produto ou à alguma alteração fisiológica na planta e qual alteração seria esta. O experimento foi conduzido no período de março a junho de 2015, na estação experimental da empresa UDI Pesquisa e Desenvolvimento em Uberlândia-MG, com a cultivar de soja 97Y07 RR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e 14 tratamentos: testemunha, fluxapiraxade + piraclostrobina (58,45+116,55 g.ha⁻¹), azoxistrobina + benzovindiflupir (90+45 g.ha⁻¹), trifloxistrobina + prothioconazol (60+70 g.ha⁻¹), tebuconazol + picoxistrobina (100+60 g.ha⁻¹), picoxistrobina + ciproconazol (60+24 g.ha⁻¹), mancozebe (1125 g.ha⁻¹), azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol (60+120+75 g.ha⁻¹), e as misturas: fluxapiraxade + piraclostrobina + mancozebe, azoxistrobina + benzovindiflupir + mancozebe, trifloxistrobina + prothioconazol + mancozebe, tebuconazol + picoxistrobina

+ mancozebe, picoxistrobina + ciproconazol + mancozebe, e azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol + mancozebe, nas mesmas doses supracitadas. A primeira aplicação dos tratamentos foi feita no estágio R1, na ausência de sintomas/sinais da doença. As aplicações, intervalos e o uso de adjuvantes foram realizados de acordo com as especificações fornecidas pelos fabricantes. Foi avaliada a severidade da doença, concentrações de clorofilas e carotenoides e trocas gasosas. Com esses dados construiu-se a curva de progresso para cada uma das variáveis (AACP). Ao final do ciclo da cultura quantificou-se o número de vagens por planta, de grãos por vagem, a produtividade e a massa de 1000 grãos (M1000G). Concluiu-se que a adição de mancozebe às misturas fluxapiraxade + piraclostrobina, azoxistrobina + benzovindiflupir, trifloxistrobina + prothioconazol e tebuconazol + picoxistrobina potencializou o controle da FAS; mancozebe eleva a AACP para concentração dos pigmentos fotossintetizantes; quando adicionado à mistura azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, o mancozebe aumenta a AACP para concentração de clorofila; e adicionado à fluxapiraxade + piraclostrobina elevou a AACP para eficiência intrínseca no uso da água e a M1000G.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Phakopsora pachyrhizi*; concentração de clorofila; taxa fotossintética; controle químico.

ABSTRACT

Alves, V.M.; Juliatti, F.C. Fungicides in the management of soybean rust, physiological processes and crop productivity. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.3, p.245-251, 2018.

Currently, recommendations for the management of Asian soybean rust (ASR) have been based on the application of protective fungicides mixed with triazoles, strobilurins and carboxamides. Thus, this study aimed to assess whether the increased productivity provided by the application of mancozeb is due solely to the fungicidal action of the product or to some physiological changes in the plant and what type of changes these would be. The experiment was conducted from March to June 2015 at the experimental station of the company UDI Research and Development in Uberlândia-MG, using the soybean cultivar 97Y07 RR. Experimental design was in randomized blocks, with four replicates and 14 treatments: control, fluxapyroxad + pyraclostrobin (58.45 + 116.55 g ha⁻¹), azoxystrobin + benzovindiflupyr (90 + 45 g ha⁻¹), trifloxystrobin + prothioconazole (60 + 70 g ha⁻¹), tebuconazole + picoxystrobin (100 + 60 g ha⁻¹), picoxystrobin + cyproconazole (60 + 24 g ha⁻¹), mancozeb (1125 g ha⁻¹), azoxystrobin + tebuconazole + difenoconazole (60 + 120 + 75 g ha⁻¹), and the mixtures: fluxapyroxad + pyraclostrobin + mancozeb, azoxystrobin + benzovindiflupyr + mancozeb, trifloxystrobin + prothioconazole + mancozeb, tebuconazole

+ picoxystrobin + mancozeb, picoxystrobin + cyproconazole + mancozeb, and azoxystrobin + tebuconazole + difenoconazole + mancozeb, at the same doses mentioned above. The first application of treatments was performed in R1 growth stage, in the absence of symptoms/signs of the disease. Applications, intervals and use of adjuvants were established according to the manufacturers' recommendations. Disease severity, concentration of chlorophylls and carotenoids, and gas exchange were evaluated. These data were used to plot the progress curve for each variable (AUPC). At the end of the crop cycle, the number of pods per plant, grains per pod, productivity and thousand grain weight (TGW) were quantified. In conclusion, addition of mancozeb to the mixtures fluxapyroxad + pyraclostrobin, azoxystrobin + benzovindiflupyr, trifloxystrobin + prothioconazole and tebuconazole + picoxystrobin potentiated ASR control; mancozeb increased the AUPC for concentration of photosynthetic pigments; when added to the mixture azoxystrobin + tebuconazole + difenoconazole, mancozeb increased the AUPC for chlorophyll concentration; and when added to fluxapyroxad + pyraclostrobin it raised the AUPC for intrinsic water use efficiency and TGW.

Keywords: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, chlorophyll concentration, photosynthetic rate, chemical control.

A demanda por soja [*Glycine max* (L.) Merr.] encontra-se em expansão em todo o mundo e, inclusive no Brasil. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (4), é previsto um crescimento de 2,7% ao ano no consumo da soja em grão no país. Como a expansão da área de cultivo é algo limitado, o desafio concentra-se em aumentar a produtividade das áreas cultivadas. Neste sentido, cumpre atentar-se à ocorrência de doenças, que prejudicam drasticamente a produtividade da soja, fato que pode resultar em danos de até 100% da lavoura (27).

A ferrugem asiática da soja (FAS), cujo agente causal é o fungo *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow, é uma das principais doenças da cultura. A doença pode surgir em qualquer estágio de desenvolvimento, podendo ocorrer nos cotilédones, folhas e hastes (1). Os sintomas iniciam-se nas folhas inferiores das plantas, como lesões diminutas, de formato poligonal e coloração mais escura do que o tecido sadio da folha. Progressivamente, observa-se, na face abaxial das folhas, a formação de urédias, de onde serão liberados os uredósporos. Com o avanço da doença os sintomas sobem para os terços médio e superior das plantas e, finalmente, a morte dos tecidos infectados ocorre (19).

Por ser uma doença altamente destrutiva para o cultivo da soja em todos os países onde foi detectada, a FAS tem sido alvo de exaustivo controle. A resistência genética é a forma de controle mais viável e desejável, no entanto, o controle químico continua sendo o mais usual e eficiente (12, 25).

Desde a safra 2003/04, a Embrapa Soja iniciou os experimentos de rede comparando o desempenho dos fungicidas no controle dessa doença. Desde então, muitas alterações nas recomendações de controle foram implementadas em função dos resultados obtidos nesses experimentos. Desde o início, recomendou-se fungicidas triazóis e as estrobilurinas. No entanto, a alteração genética da população do fungo e a consequente resistência desenvolvida por *P. pachyrhizi* àqueles fungicidas, fizeram com que a recomendação de controle mudasse. Atualmente, pesquisadores têm recomendado a aplicação de misturas de triazóis, estrobilurinas e carboxamidas adicionadas de fungicidas multissítios com o intuito de recuperar a baixa eficácia dos produtos que já apresentam redução da sensibilidade e preservar a vida efetiva dos princípios ativos utilizadas (8, 16). Nas áreas onde as misturas sítio específicas de triazóis, estrobilurinas e fungicidas protetores têm sido aplicadas, relata-se o aumento da eficiência e da produtividade (16, 17).

Muitos fungicidas apresentam efeitos fisiológicos quando aplicados às plantas (21, 22), como é o caso dos triazóis (3, 13), das estrobilurinas piraclostrobina, cresoxim-metilico e azoxistrobina (6, 9, 10, 26), e da carboxamida fluxaproxada (6). No entanto, existe uma lacuna relativa às informações sobre os efeitos da aplicação dos fungicidas protetores nos processos fisiológicos das plantas.

O conhecimento do efeito de fungicidas protetores, entre eles o mancozebe, como agem na fisiologia da planta na ausência da ferrugem é de interesse científico. Assim, o estudo objetivou avaliar se o incremento de produtividade proporcionado pela aplicação de mancozebe é devido à ação fungicida ou se o produto induz alguma alteração fisiológica na planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 16/03 a 02/06/2015 na estação experimental da empresa UDI Pesquisa e Desenvolvimento a qual se localiza no município de Uberlândia, MG, Brasil. O solo é classificado como Latossolo vermelho, de textura argilosa. O local

apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 18°54'01,4" S (latitude Sul), 48°09'40,7" W (longitude Oeste) e 919 m de altitude.

Segundo a classificação de Köppen, Uberlândia apresenta clima tropical estacional de savana (Aw), com precipitação média anual em torno de 1200 mm e temperatura média anual de 25°C. As chuvas concentram-se entre os meses de novembro e março.

Utilizou-se a cultivar de soja 97Y07 RR, suscetível à FAS, considerada de ciclo precoce. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e dezesseis tratamentos. As parcelas experimentais constituíram-se de seis linhas de plantio, espaçadas em 0,5 m e com 6,0 m de comprimento cada, totalizando uma área de 18,0 m². Para as avaliações considerou-se como área útil 10,0 m² em cada parcela.

A semeadura ocorreu em 10/02/2015, no espaçamento de 0,5 m entre linhas e 18 sementes/ metro linear. Optou-se pelo plantio tardio para que a cultura se desenvolvesse sob alta pressão de inóculo, oriundo dos primeiros plantios, garantindo, assim, a incidência natural da FAS. Na semeadura foi realizada adubação com 380 kg.ha⁻¹ do formulado 08-28-16. As plântulas emergiram sete dias após a semeadura, no dia 17/02/2015.

Os tratamentos estudados constituíram-se de diferentes misturas de fungicidas aplicadas na soja para controle de ferrugem asiática, com e sem a adição de mancozebe. O número de aplicações, o intervalo de dias entre as aplicações, bem como a adição ou não de adjuvante, foi realizado de acordo com as recomendações das empresas detentoras do registro dos produtos. A descrição dos tratamentos é especificada na Tabela 1.

A primeira aplicação dos tratamentos ocorreu por ocasião do florescimento da cultura (R1), no dia 16/03/2015, preventivamente. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO₂ (30 PSI), munido de uma barra com seis pontas de pulverização do tipo leque 110.02, espaçadas em 50 cm entre si e volume de calda equivalente a 150 L.ha⁻¹. As datas de aplicação de cada tratamento, assim como o estágio fenológico da cultura e condições meteorológicas no momento das aplicações estão registrados na Tabela 2.

Para estimar a severidade da FAS utilizou-se a escala diagramática proposta por Godoy et al. (14). Para tanto foram coletados 10 folíolos de cada terço de 10 plantas por parcela útil, calculando-se a severidade média da doença na parcela. As coletas foram realizadas nas linhas de número 2 e 5, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAA).

Os teores dos pigmentos fotossintetizantes (clorofilas *a*, *b*, total *a+b*, relação clorofila *a/b* e carotenoides) foram avaliados em laboratório aos 2, 7, 14, 17, 31, 35 e 42 DAA. Para tanto, foram coletados 10 folíolos por parcela útil, sendo o 2º folíolo completamente expandido das plantas, sem sintomas de clorose e injúrias pelo ataque de pragas, coletados nas linhas 2 e 5 de cada parcela. As amostras foliares trazidas do campo e ainda frescas foram cortadas e homogeneizadas para a retirada de 0,07 g. A metodologia para leitura da absorbância nos comprimentos de ondas 645, 663 e 471 nm, foi realizada segundo proposto por Wellburn (28). Os valores das absorbâncias obtidas foram colocados nas seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg/g FW)} = \{[(11,75 \times A663) - (2,35 \times A645)] \times 50\} / 500$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (mg/g FW)} = \{[(18,61 \times A645) - (3,96 \times A663)] \times 50\} / 500$$

$$\text{Carotenóides (mg/g FW)} = \{[(1000 \times A470) - (2,27 \times \text{Conc. Clor. } a) - (81,4 \times \text{Conc. Clor. } b)]\} / 227$$

As variáveis relativas às trocas gasosas avaliadas neste experimento

Tabela 1. Tratamentos utilizados. Uberlândia, MG, 2015.

T	Tratamentos	Doses (g.ha ⁻¹)	Adjuvantes	Nº de aplicações	Intervalo (dias)
1	Testemunha	-	-	-	-
2	Fluxapiraxade + Piraclostrobina	58,45 + 116,55	OM 0,5 % v/v	3	14
3	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90,0 + 45,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	3	14
4	Trifloxistrobina + Protioconazol	60,0 + 70,0	OV 0,25 % v/v	3	14
5	Tebuconazol + Picoxistrobina	100,0 + 60,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	2	21
6	Picoxistrobina + Ciproconazol	60,0 + 24,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	2	14
7	Mancozebe	1.125,00	OM 0,6 L ha ⁻¹	3	14
8	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenconazol	60,0 + 120,0 + 75,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	3	14
9	Fluxapiraxade + Piraclostrobina + Mancozebe	58,45 + 116,55 + 1.125,0	OM 0,5 % v/v	3	14
10	Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Mancozebe	90,0 + 45,0 + 1.125,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	3	14
11	Trifloxistrobina + Protioconazol + Mancozebe	60,0 + 70,0 + 1.125,0	OV 0,25 % v/v	3	14
12	Tebuconazol + Picoxistrobina + Mancozebe	100,0 + 60,0 + 1.125,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	2	21
13	Picoxistrobina + Ciproconazol + Mancozebe	60,0 + 24,0 + 1.125,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	2	14
14	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenconazol + Mancozebe	60,0 + 120,0 + 75,0 + 1.125,0	OM 0,6 L ha ⁻¹	3	14

g.ha⁻¹: gramas por hectare, OM: óleo mineral, OV: óleo vegetal.; Fluxa: fluxapiraxade, Pira: piraclostrobina, Azoxis: azoxistrobina, Benzo: benzovindiflupir, Trifloxis: Trifloxistrobina, Protio: protioconazol, Tebuco: tebuconazol, Picoxis: picoxistrobina, Cipro: ciproconazol, Mzb: mancozebe, Difeno: difenoconazole, v/v: volume por volume, L ha⁻¹: litros por hectare.

Tabela 2. Datas e condições meteorológicas de cada aplicação dos tratamentos. Uberlândia, MG, 2015.

Aplic.	Data	Trat. aplicados	Temp. (°C)	UR (%)	V. V. (m/s)	Neb.	Início (h)	Fim (h)	Estádio fenológico
1ª	16/03/2015	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	23,8	69	2,0	CA	16:15	17:00	R1
2ª	30/03/2015	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14	24,1	63	1,2	CA	09:00	09:45	R3
3ª	06/04/2015	5, 12	25,2	62	1,8	CA	10:30	10:37	R4
4ª	13/04/2015	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14	26,5	58	1,2	CA	15:00	15:42	R5

Aplic.: aplicação; Trat aplicados: tratamentos aplicados; Temp.: temperatura, UR: umidade relativa do ar, V. V. (m/s): velocidade do vento em metros por segundo, h: hora, CA: céu aberto.

foram: taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (gs - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ m}^{-1}$) e concentração de carbono interno (Ci - ppm). Com esses índices foram determinados: a eficiência intrínseca no uso da água (A/gs) e a eficiência em carboxilação (A/Ci).

Os índices de trocas gasosas foram avaliados utilizando-se um analisador portátil de trocas gasosas por radiação infravermelha (Infra Red Gas Analyser – IRGA, marca ADC, modelo LCpro-SD), com fonte de luz acoplada de $1500 \mu\text{mol. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa. As medidas foram realizadas entre 9:00 e 12:00 horas, aos 7, 14, 17, 21, 31, 45 e 49 DAA, em dias ensolarados. Foi avaliado o segundo folíolo maduro de cada planta, analisando-se um folíolo por parcela útil em plantas das duas linhas centrais de cada parcela. Para cada folíolo foram realizadas três leituras.

Ao final do ciclo da cultura, foram coletadas 10 plantas das duas linhas centrais de cada parcela útil e quantificada as vagens. A média de vagens obtida nas 10 plantas foi apresentada como o número de vagens por planta (NVP). Nessas plantas, avaliou-se também o número de grãos por vagem (NGV). Para avaliar a produtividade da cultura, realizou-se a colheita manual das plantas localizadas dentro de cada parcela útil, no estágio fenológico R8. As plantas foram

trilhadas e os grãos peneirados para a retirada de impurezas. Em seguida, os grãos foram pesados em balança digital. A produtividade obtida para a parcela útil foi estimada em quilogramas por hectare, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%. A massa de 1000 grãos (M1000G) de cada parcela foi obtida através da coleta de quatro amostras dentro da amostra trilhada. As amostras foram contabilizadas com o auxílio de contadora de sementes ajustada para 1000 grãos. Em seguida, as pesagens foram realizadas em balança digital.

A área abaixo da curva de progresso (AACP) sumariza os valores registrados em diferentes épocas do tempo em um único número, o que possibilita uma melhor apresentação das variáveis analisadas. Neste sentido, os resultados obtidos para severidade, pigmentos e trocas gasosas, nas diferentes épocas avaliadas, foram utilizados para calcular a AACP, de acordo com a fórmula proposta por Campbell & Madden (5).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando necessário, os dados foram transformados em \sqrt{x} . As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (23) a 5%, com análises realizadas através do programa estatístico SISVAR (11).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle da ferrugem asiática da soja (FAS) com aplicação dos fungicidas azoxistrobina + benzovindiflupir + mancozebe destacou-se em relação aos demais por apresentar a menor média para AACPD da severidade da doença. Com exceção do fungicida picoxistrobina + ciproconazol, a adição de mancozebe às demais misturas estudadas potencializou o efeito da aplicação desses fungicidas no controle da FAS quando comparados com a aplicação das misturas sem o fungicida protetor. Como o mancozebe é um fungicida multi sítio, que interfere em vários processos bioquímicos na célula, diferindo, desta forma, do modo de ação sítio específico dos fungicidas triazóis, estrobilurinas e carboxamidas (2). Estes resultados corroboram os obtidos por Juliatti et al. (17), que comprovaram o efeito sinérgico do fungicida mancozebe. Os autores também observaram efeito sinérgico de mancozebe quando associado às misturas de triazóis e estrobilurinas (Tabela 3).

Porém, no tratamento com três aplicações de mancozebe de forma isolada, houve baixo controle da doença. No entanto, Silva et al. (24), comparando a eficiência de diferentes números de aplicações e doses de mancozebe com a aplicação de ciproconazol + azoxistrobina no controle da FAS, verificou que quatro a oito aplicações de mancozebe apresentou melhores resultados em comparação à três aplicações de ciproconazol + azoxistrobina, com eficiência variando de 74,88 a 87,0%. Esses resultados demonstraram que a aplicação de mancozebe isoladamente para o controle da ferrugem da soja deve ser realizada com um maior número de aplicações e intervalos de dias entre as aplicações menores do que o realizado neste experimento.

Observou-se que nas plantas pulverizadas com a mistura azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, a AACPD da concentração

de clorofila *a* registrada foi estatisticamente semelhante à AACPD nas plantas do tratamento testemunha. Para todas as demais, a AACPD foi estatisticamente superior à testemunha. Neste sentido, ressalta-se que a adição de mancozebe à mistura de azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol proporcionou melhores resultados ao tratamento, fato que resultou em médias estatisticamente superiores à testemunha e ao tratamento com a mistura pura.

Com exceção de fluxapiraxade + piraclostrobina + mancozebe, a AACPD da concentração de clorofila *b* foi superior nos tratamentos cujo manejo incluía mancozebe e no tratamento com trifloxistrobina + protioconazol. Assim, mesmo que a aplicação isolada de mancozebe não tenha diferido da testemunha, pode-se supor que a adição deste exerça um efeito protetor à clorofila *b*, preservando-a de forma mais eficiente do que os demais fungicidas aplicados de forma isolada. Deve-se fazer uma ressalva para o tratamento trifloxistrobina + protioconazol, pois este não foi influenciado pela adição de mancozebe.

Comparando-se os tratamentos com aplicação das misturas puras e os mesmos tratamentos com adição de mancozebe, verifica-se que, com exceção de fluxapiraxade + piraclostrobina + mancozebe, a AACPD da concentração de clorofila *b* foi superior nos tratamentos em que foi adicionado mancozebe. Assim, mesmo que a aplicação isolada de mancozebe não tenha diferido da testemunha, pode-se supor que a adição deste exerça um efeito protetor à clorofila *b*, preservando-a de forma mais eficiente do que os demais fungicidas aplicados de forma isolada. Deve-se fazer uma ressalva para o tratamento trifloxistrobina + protioconazol, pois este não foi influenciado pela adição de mancozebe.

Os dados observados para AACPD da concentração total de clorofila não condizem com os registrados para severidade da ferrugem nos quais houve uma resposta diferenciada para os diferentes tratamentos,

Tabela 3. Área abaixo da curva de progresso (AACPD) da severidade da ferrugem asiática da soja (FAS), concentração de clorofila *a* (CA), concentração de clorofila *b* (CB), concentração total de clorofila (CT), taxa fotossintética (A), Uberlândia, MG, 2015.

T	Tratamentos ¹	AACPD							
		Severidade FAS ²	CA	CB	CT				
1	Testemunha	1743,029	h	68,345	b	10,535	b	78,880	c
2	Fluxapiraxade + Piraclostrobina	942,463	e	78,931	a	14,271	b	93,201	a
3	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	357,006	b	84,942	a	14,737	b	99,679	a
4	Trifloxistrobina + Protioconazol	462,023	c	83,791	a	17,684	a	101,474	a
5	Tebuconazol + Picoxistrobina	721,327	d	84,069	a	14,391	b	98,459	a
6	Picoxistrobina + Ciproconazol	631,283	d	81,937	a	13,732	b	95,669	a
7	Mancozebe	1154,008	f	80,375	a	12,365	b	92,739	a
8	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenoconazol	1442,152	g	73,912	b	14,698	b	88,610	b
9	Fluxapiraxade + Piraclostrobina + Mancozebe	580,388	d	80,496	a	13,343	b	93,839	a
10	Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Mancozebe	221,754	a	84,728	a	16,169	a	100,897	a
11	Trifloxistrobina + Protioconazol + Mancozebe	306,279	b	86,445	a	17,510	a	103,955	a
12	Tebuconazol + Picoxistrobina + Mancozebe	403,451	b	82,647	a	16,693	a	99,341	a
13	Picoxistrobina + Ciproconazol + Mancozebe	594,043	d	81,881	a	15,754	a	97,634	a
14	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenoconazol + Mancozebe	1125,069	f	80,224	a	15,894	a	96,118	a
	KS	0,066		0,094		0,055		0,086	
	F Levene	2,110		1,236		0,637		1,276	
	F Aditividade	0,004		0,390		0,390		0,757	
	CV	6,060		5,670		16,310		5,970	

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; KS, F_{Levene}, F_{Aditividade}: estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01.

demonstrando que essa diferença registrada na concentração de clorofila total não seja função direta da área foliar lesionada pela doença, sugerindo a existência de algum mecanismo de proteção ao aparato fotossintético proporcionado pelo fungicida mancozebe, em especial à clorofila *b*.

Segundo De Freitas Filho (7), o maior teor de clorofila resulta na redução do amarelecimento e senescência das plantas, prolongando o período de atividade fotossintética. Assim, pode-se supor que plantas com uma maior concentração de clorofila ao longo do tempo acumulem maior quantidade de massa ao final do ciclo.

Analisando a AACP para taxa fotossintética, à exceção das misturas contendo as moléculas azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, todas as demais misturas de fungicidas resultaram em maior AACP se comparadas à testemunha. A aplicação isolada de mancozebe proporcionou resultados semelhantes à testemunha. Pode-se dizer que esses resultados foram propiciados pelas moléculas do grupo das estrobilurinas, uma vez que, dentre as misturas estudadas, os tratamentos 8 e 14, contendo azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, são os únicos que contém maior proporção de triazóis em relação às estrobilurinas, sendo que a quantidade de triazóis foi superior ao triplo da quantidade de estrobilurinas. Assim, supõe-se que a aplicação de triazóis em doses elevadas, mais especificamente tebuconazol + difenoconazol, exerça um efeito antagonista ou anule os efeitos fisiológicos proporcionados pela aplicação das estrobilurinas. Resultados semelhantes a esses foram obtidos por diversos autores. FAGAN et al. (9) comprovaram que a aplicação de piraclostrobina (0,5 L. ha⁻¹) em soja nos estádios R1 e R5.1 proporcionou aumento significativo desta variável, sendo este aumento superior ao proporcionado pela aplicação de tebuconazol (0,5 L. ha⁻¹). Rodrigues (22) comprovou aumento na atividade fotossintética em soja proporcionado por duas aplicações de piraclostrobina (0,5 L. ha⁻¹). Em

estudo conduzido por Carrijo (6), a aplicação de piraclostrobina (75 g. ha⁻¹), de ciproconazol (30 g. ha⁻¹) e de fluxapiraxade (50 g. ha⁻¹) em plantas de soja proporcionou aumento na taxa fotossintética em relação ao controle sem aplicação (Tabela 4).

Vale ressaltar que as estrobilurinas diminuem a respiração mitocondrial das plantas (26) e isto pode proporcionar um aumento do balanço de carbono, uma vez que esses fungicidas diminuem o ponto de compensação de CO₂ (15). Assim, com uma alta taxa fotossintética e uma diminuição da respiração, a planta consegue produzir mais massa com conseqüente aumento na produção.

Em relação à eficiência em carboxilação das plantas, verificou-se que a aplicação isolada de mancozebe não melhora a eficiência desta, uma vez que a AACP das plantas tratadas com mancozebe foi estatisticamente semelhante às plantas testemunhas. Além disto, não houve diferenças estatísticas entre as AAPCs das plantas tratadas com as misturas de fungicidas com e sem adição de mancozebe.

À exceção das misturas contendo azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, todas as plantas tratadas com as demais misturas apresentaram AACP estatisticamente superior à registrada nas plantas testemunhas. Esses resultados corroboram os resultados coletados para A, quando plantas tratadas com as misturas contendo azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol também apresentaram baixo desempenho, semelhante às plantas testemunhas. Assim, comprova-se que a aplicação dessas misturas de fungicidas, quando comparadas às demais misturas, resulta em baixa A/Ci, uma vez que, mantendo-se a concentração de carbono interna semelhante às plantas testemunhas, foi observada baixa A, com conseqüente prejuízo na produção de fotoassimilados.

Para eficiência intrínseca no uso da água, que reflete o comportamento geral da planta ao longo do tempo em relação ao uso da água, os melhores desempenhos foram registrados nas plantas que receberam os tratamentos azoxistrobina + benzovindiflupir com e sem mancozebe,

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso (AACP) da eficiência em carboxilação (A/Ci) e eficiência intrínseca no uso da água (A/g) em plantas de soja em função dos diferentes manejos da doença. Uberlândia, MG, 2015.

T	Tratamentos ¹	AACPD					
		A	A/Ci	A/g			
1	Testemunha	695,289	b	2,656	b	1224,217	b
2	Fluxapiraxade + Piraclostrobina	802,023	a	3,201	a	1388,726	b
3	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	821,231	a	3,270	a	1467,310	a
4	Trifloxistrobina + Protioconazol	822,895	a	3,278	a	1434,999	a
5	Tebuconazol + Picoxistrobina	790,227	a	3,105	a	1397,142	b
6	Picoxistrobina + Ciproconazol	828,332	a	3,363	a	1520,714	a
7	Mancozebe	746,655	b	2,919	b	1352,506	b
8	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenoconazol	697,979	b	2,730	b	1284,103	b
9	Fluxapiraxade + Piraclostrobina + Mancozebe	848,405	a	3,581	a	1711,213	a
10	Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Mancozebe	799,234	a	3,223	a	1538,759	a
11	Trifloxistrobina + Protioconazol + Mancozebe	840,266	a	3,406	a	1452,822	a
12	Tebuconazol + Picoxistrobina + Mancozebe	810,823	a	3,252	a	1477,161	a
13	Picoxistrobina + Ciproconazol + Mancozebe	784,026	a	3,104	a	1499,033	a
14	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenoconazol + Mancozebe	751,255	b	2,950	b	1346,666	b
	KS	0,095		0,116		0,090	
	F Levene	1,684		1,213		2,317	
	F Aditividade	1,109		5,436		0,751	
	CV	8,020		9,950		8,830	

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; KS, F_{Levene}, F_{Aditividade}: estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01.

picoxistrobina + ciproconazol com e sem mancozebe, fluxapiraxade + piraclostrobina + mancozebe, trifloxistrobina + protioconazol + mancozebe e tebuconazol + picoxistrobina + mancozebe, para as quais foram registradas AACPs estatisticamente superiores às plantas testemunhas.

O fungicida mancozebe aplicado de forma isolada apresentou AACP para A/gs semelhante à testemunha. Apesar disto, quando adicionado às misturas fluxapiraxade + piraclostrobina, trifloxistrobina + protioconazol e tebuconazol + picoxistrobina trouxe benefícios para as plantas, uma vez que esses tratamentos obtiveram AACPs estatisticamente superiores à testemunha aos tratamentos com a aplicação dessas misturas puras, sem mancozebe.

Estes resultados estão de acordo com Kao e Forseth (18), os quais demonstraram que o aumento da A/gs ocorre devido à manutenção da taxa fotossintética da planta, mesmo com o fechamento parcial dos estômatos. Ou, quando a concentração de CO₂ não for limitante, a A/gs também pode estar relacionada à condutância estomática. Como a condutância estomática é um parâmetro indicativo da abertura estomática, essa variável influencia nas trocas gasosas, e pode também refletir na taxa transpiratória e taxa fotossintética (20).

Os resultados da AACP para relação clorofila *a*/ clorofila *b*, concentração de carotenoides, gs, E e Ci não foram apresentados uma vez que não houve interação significativa entre essas variáveis e os tratamentos avaliados.

Ao analisar o NVP, verificou-se que, à exceção de azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol as demais plantas tratadas com fungicidas apresentaram médias superiores às plantas testemunhas. As plantas que apresentaram as maiores médias estão entre aquelas que apresentaram as maiores AACPs para A/Ci. Isto indica uma maior produção de

fotoassimilados, reduzindo o abortamento de vagens. A aplicação de mancozebe isolado resultou em maior carga de vagens em comparação às plantas testemunhas. Da mesma forma, a adição de mancozebe às misturas tebuconazol + picoxistrobina e azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol proporcionaram maior retenção de vagens, registrando-se médias superiores às médias obtidas nas plantas tratadas somente com as misturas puras e nas plantas testemunhas (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram obtidos por Juliatti et al. (17), com aumento significativo no NVP em soja proporcionado pela adição de mancozebe às misturas piraclostrobina + epoxiconazole e azoxistrobina + ciproconazol aplicados em R1, R5.1 e R5.4.

Assim como observado para NVP, a aplicação de mancozebe de forma isolada proporcionou NGV superior à média das plantas testemunhas, indicando que este também induz à uma maior formação de grãos por vagem. Apesar disto, este fungicida, quando adicionado às misturas em estudo, não mostrou efeitos positivos para NGV, uma vez que não alterou o resultado obtido para aplicação das misturas sem sua adição.

Com relação à produtividade, à exceção dos tratamentos com mancozebe isolado e com a mistura azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, todos os demais obtiveram médias superiores à testemunha. Apesar das plantas tratadas somente com mancozebe terem registrado médias de NVP e NGV superiores às plantas testemunhas, essa tendência não se repetiu durante a fase de enchimento de grãos, produzindo grãos tão leves quanto os produzidos na testemunha. A interação destes efeitos resultou em produtividade semelhante à testemunha. Esses resultados diferem dos apresentados por Silva et al. (24), quando de quatro a oito aplicações isoladas de mancozebe na cultura da soja proporcionaram médias de produtividade superiores à

Tabela 5. Número de vagens por planta (NVP), grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (M1000G) e produtividade de soja submetida a diferentes manejos da FAS. Uberlândia-MG, 2015.

T	Tratamentos ¹	NVP		NGV (g)		M1000G		Produtividade	
						(kg/ha)			
1	Testemunha	38,250	d	2,355	b	102,842	b	1242,810	c
2	Fluxapiraxade + Piraclostrobina	47,675	b	2,353	b	124,558	b	2210,009	b
3	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	50,075	a	2,433	a	136,933	a	3164,058	a
4	Trifloxistrobina + Protioconazol	45,475	b	2,445	a	140,450	a	2879,630	a
5	Tebuconazol + Picoxistrobina	43,400	c	2,410	b	135,575	a	2297,030	b
6	Picoxistrobina + Ciproconazol	45,025	b	2,390	b	134,650	a	2233,934	b
7	Mancozebe	47,525	b	2,525	a	111,900	b	1749,276	c
8	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenoconazol	41,000	d	2,420	b	116,375	b	1299,492	c
9	Fluxapiraxade + Piraclostrobina + Mancozebe	43,700	c	2,373	b	141,508	a	2327,197	b
10	Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Mancozebe	50,850	a	2,400	b	147,608	a	3343,629	a
11	Trifloxistrobina + Protioconazol + Mancozebe	47,250	b	2,488	a	144,217	a	2946,174	a
12	Tebuconazol + Picoxistrobina + Mancozebe	47,750	b	2,345	b	139,833	a	2522,061	b
13	Picoxistrobina + Ciproconazol + Mancozebe	45,225	b	2,385	b	125,233	b	2278,037	b
14	Azoxistrobina + Tebuconazol + Difenoconazol + Mancozebe	45,125	b	2,400	b	115,767	b	2259,786	b
	KS	0,112		0,085		0,065		0,101	
	F Levene	1,073		2,317		1,230		1,731	
	F Aditividade	0,188		0,505		0,024		2,088	
	CV	5,810		2,520		8,040		15,630	

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; KS, F_{Levene}, F_{Aditividade}: estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01.

testemunha e à três aplicações de ciproconazol + azoxistrobina.

Destacaram-se os tratamentos azoxistrobina + benzovindiflupir com e sem mancozebe e trifloxistrobina + prothioconazol sem e com mancozebe, os quais apresentaram as maiores médias de produtividade. Estes tratamentos também resultaram elevados valores de AACPs para A e para A/Ci e maior NVP, o que explica os resultados obtidos para produtividade, já que essas plantas apresentaram maior produção de fotoassimilados e maior carga de vagens.

Para massa de 1000 grãos (M1000G), não houve interação significativa desta com a aplicação de mancozebe isolado. Em contrapartida, com a adição do fungicida mancozebe à mistura fluxapiraxade + piraclostrobina houve incremento à M1000G das plantas assim tratadas em comparação com as plantas tratadas somente com a mistura, sem adição de mancozebe. Para a mistura picoxistrobina + ciproconazol, a adição de mancozebe apresentou efeito deletério sobre essa variável, causando redução na massa dos grãos, produzindo grãos mais leves do que os grãos formados nas plantas tratadas somente com a mistura. A adição de mancozebe também não contribuiu para o enchimento de grãos das plantas tratadas com azoxistrobina + tebuconazol + difenoconazol, apresentando médias semelhantes entre os dois tratamentos.

Neste sentido, Juliatti et al. (17), avaliando a adição de mancozebe às misturas azoxistrobina + ciproconazol, piraclostrobina + epoxiconazole e tebuconazol + picoxistrobina na cultura da soja, verificaram que a adição deste protetor às misturas testadas não agrega na M1000G. Os resultados coletados para M1000G reforçam a hipótese de que o efeito da adição dos fungicidas protetores à uma mistura de fungicidas, varia em função da interação dessas moléculas.

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Maria Cristina Sanches, por ter cedido o IRGA para utilização neste projeto e à UDI Pesquisa e Desenvolvimento, por ceder a área, os equipamentos e vários ingredientes ativos utilizados durante a condução do experimento a campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amorim, L., Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A. **Manual de fitopatologia**. 4 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. 704 p.
2. Azevedo, L.A.S. **Fungicidas protetores** : fundamentos para uso racional. Campinas: Emopi Edit. e Graf., 2003. 320 p.
3. Berova, M.; Zlatev, Z. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 30, p. 117-123, 2000.
4. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio**: Brasil 2014/15 a 2024/25, projeções de longo prazo. Brasília, DF, 2015. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-brasil-2014-2015-a-2024-2025.pdf> >. Acesso em: 01 mar. 2016.
5. Campbell, C.L.; Madden, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley e Sons., 1990.
6. Carrijo, D.R. **Efeitos fisiológicos provocados pelo fungicida Fluxapiraxade, isolado e em mistura com a Piraclostrobina, na cultura de soja**. 2014. 71f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
7. De Freitas Filho, A.M. **Fungicidas de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de pimentão enxertadas e não enxertadas sob cultivo protegido**. 2014. 54f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
8. Embrapa. **Resistência à ferrugem da soja**. Londrina, 2011. Disponível em:

<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Resistencia_ferrugem_soja.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2015.

9. Fagan, E.B.; Dourado Neto, D.; Vivian, R.; Franco, R.B.; Yeda, M.P.; Massignam, L.F.; De Oliveira, R.F.; Martins, K.V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.
10. Fagan, E.B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação de estrobilurina**. 2007. 84 f. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
11. Ferreira, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Campinas, v. 6, p. 36-41, 2008.
12. Fiallos, R.R.G. A ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. **Ciencia y Tecnologia**, Garcés, v.4, n.2, p.45-60, 2011.
13. Fletcher, R.A.; Gilley, A.; Davis, T.D.; Sankhla, N. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticulture Reviews**, Milton, v. 24, p. 55-138, 2000.
14. Godoy, C.V.; Koga, L. J.; Canteri, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 63-68. 2006.
15. Grossmann, K.; Retzlaff, G.. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 11-20, 1997.
16. Horta, A.; Albuquerque, L. Um novo fungicida protetor, com ação multissítio, é apontado por pesquisadores como alternativa para reduzir o problema de resistência de fungos. [S.l.]: Notícias agrícolas, 2015. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/soja/153443-o-problema-da-resistencia-dos-produtos-no-controle-de-doencas-em-culturas-como-soja-milho-e-algodao.html>>. Acesso em: 08 mar. 2016.
17. Juliatti, F.C.; Belotti, I.F.; Juliatti, B.C.M. Mancozeb associado a triazol e estrobilurinas no manejo da ferrugem da soja. In: Reunião de Pesquisa de Soja, 34., 2014, Londrina. **Resumos**. Londrina: Embrapa, 2014. p. 253-254.
18. Kao, W.Y; Forseth, I. N. Responses of gas exchange and phototropic leaf orientation in soybean to soil water availability, leaf water potential, air temperature, and photosynthetic photon flux. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 32, n. 2, p. 153-161, 1992.
19. Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4.ed. v. 2. São Paulo: Ceres, 2005. 663p.
20. Lawlor, D.W.; Tezara, W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, p. 561-579, 2009.
21. Moura, P.C.S. **Efeitos fisiológicos da aplicação de triazol e estrobilurina em soja**. 2013.60f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
22. Rodrigues, M.A.T. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura da soja**. 200, 198f. Tese (Doutorado em fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
23. Scott, A. J.; Knott, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.
24. Silva, L.H.C.P. da; Campos, H.D.; Silva, J.R.C.; Reis, E.M. Control of Asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathol.**, Jaguariuna, v. 41, n. 1, p.64-67, 2015.
25. Silva, V.A.S. **Resistência parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja**. 2006. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
26. Venâncio, W.S.; Rodrigues, M.A.T.; Begliomini, E.; Souza, N.L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2004.
27. Zambolim, L.; Casa, R.T.; Reis, E.M. Sistema plantio direto e doenças em plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 585-595, 2000.
28. Wellburn, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.