UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SARA TIEMI NISHIDA

FUNGICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO MANEJO DE DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA

TERRA ROXA

2024

SARA TIEMI NISHIDA

FUNGICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO MANEJO DE DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Profa. Dra. Vivian Carré Missio

TERRA ROXA
2024

Fungicidas químicos e biológicos no manejo de doenças na cultura da soja

Sara Tiemi Nishida

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, e seu clima tropical favorece a incidência de diversas doenças na cultura. O controle químico é o principal método de manejo, contudo a perda de eficácia de algumas moléculas tem estimulado a adoção de métodos alternativos de controle, como o uso de biofungicidas. Produtos à base de microrganismos, especialmente do gênero *Bacillus*, têm grande potencial no controle de doenças da soja, principalmente quando integrados ao manejo químico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de fungicidas químicos e biológicos no manejo de doenças da soja. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com oito tratamentos: T1 – testemunha; T2 – Fox Xpro; Vessarya; Sphere Max + Bravonil; T3 – Caravan + Colostrum BS; T4 – Frontier + Colostrum BS; T5 – Caravan; T6 – Frontier; T7 – Caravan; Fox Xpro + Bravonil; T8 – Caravan; Frontier; Fox Xpro + Bravonil. Foram realizadas quatro avaliações de severidade e estimada a produtividade ao final do ciclo da cultura. Os tratamentos 2 e 8 destacaram-se no controle de *Peronospora manshurica*. Não houve diferença estatística entre os tratamentos no controle de *Corynespora cassiicola*. O tratamento 8 apresentou o melhor custo-benefício, considerando a severidade de míldio.

Palavras-chave: Bioinsumos. Mancha-alvo. Controle biológico. Manejo Integrado de Doenças.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of soybeans, and its tropical climate favors the incidence of various diseases in the crop. Chemical control is the primary management method; however, the loss of effectiveness of certain molecules has encouraged the adoption of alternative control methods, such as the use of biofungicides. Microorganism-based products, especially from the genus *Bacillus*, have shown great potential in controlling soybean diseases, particularly when integrated with chemical management. This study aimed to evaluate the effectiveness of chemical and biological fungicides in managing soybean diseases. The experiment was conducted using a randomized block design with eight treatments: T1 – control; T2 – Fox Xpro; Vessarya; Sphere Max + Bravonil; T3 – Caravan + Colostrum BS; T4 – Frontier + Colostrum BS; T5 – Caravan; T6 – Frontier; T7 – Caravan; Fox Xpro + Bravonil; T8 – Caravan; Frontier; Fox Xpro + Bravonil. Four severity assessments were conducted, and productivity was estimated at the end of the crop cycle. Treatments 2 and 8 were the most effective in controlling *Peronospora manshurica*. There was no statistical difference between treatments in controlling C*orynespora cassiicola*. Treatment 8 offered the best cost-benefit ratio, considering downy mildew severity.

Keywords: Biological inputs. Target spot. Biological control. Integrated Disease Management.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja (*Glycine max* [L.] Merril), uma posição que vem mantendo consistentemente nos últimos anos. Na safra 2023/2024, a produção sofreu uma queda de 4,7% em relação à safra anterior, devido principalmente a adversidades climáticas que afetaram a maioria das regiões produtoras, mesmo assim superando a marca de 147,3 milhões de toneladas (CONAB, 2024). Apesar dessa redução, segundo o USDA, a produção brasileira de soja ainda representou 39% do total mundial, reafirmando o país como o principal produtor global (USDA, 2024).

No Brasil, o clima tropical favorece a ocorrência de doenças na soja. As condições de clima quente e úmido, típicas de regiões tropicais, criam um ambiente propício para o desenvolvimento e a proliferação de patógenos, enquanto a ausência de invernos rigorosos permite a sua sobrevivência contínua no campo, resultando em maior incidência de doenças na cultura da soja (Embrapa, 2007; Agro Bayer, 2023; Digifarmz, 2024).

Na soja, as perdas anuais de produção por doenças são estimadas em 15% a 20%, porém algumas doenças podem causar perdas em até 100%. Sendo as principais: antracnose, cancro da haste, doenças de final de ciclo (*Cercospora kikuchii* e *Septoria glycines*), ferrugem-asiática, mancha-alvo e podridão radicular de *Corynespora*, mancha olho-de-rã, míldio, mofo-branco, oídio, podridão radicular de *Phtytophthora,* tombamento e murcha de *Sclerotium,* crestamento bacteriano e outras (Seixas *et al.,* 2020).

O controle químico consiste no principal método de controle de doenças, devido sua eficiência e viabilidade econômica, bem como facilidade de aplicação e agilidade na obtenção de resultados (Ghini; Kimati, 2002). Contudo, a perda de efetividade de alguns produtos químicos favorecida pelo uso intensivo e, consequentemente, surgimento de resistência de fungos a fungicidas, constitui um fator de estímulo ao mercado de produtos biológicos. Além disso, a menor velocidade de desenvolvimento e lançamento de novas moléculas químicas abre espaço para

opções de controle com modos de ação distintos, como os bioinsumos (Borsari; Vieira, 2022).

Destaca-se, ainda, que a agricultura brasileira enfrenta um momento de retração, influenciada pela queda nos preços das commodities e pela redução na produção de diversos produtos, conforme projeções do Cepea (2024). Diante desse cenário, é essencial que os produtores tenham acesso a informações sobre os diferentes métodos de controle de doenças, permitindo-lhes escolher o manejo com o melhor custo-benefício.

Diante disso, este trabalho buscou avaliar o efeito de fungicidas químicos aliados aos biológicos no manejo de doenças na cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MANEJO DE DOENÇAS DA SOJA NO BRASIL

Dentre inúmeros fatores que podem interferir na produtividade da soja, as doenças podem afetar a cultura desde a germinação até o final do enchimento de grãos, podendo se estender ao pós-colheita na produção de sementes. A importância de cada doença varia de acordo com o ano e a região, dependendo das condições climáticas, dos níveis de tolerância das cultivares e época de plantio (Seixas *et al.,* 2020).

No Brasil, o manejo de doenças da soja envolve o controle genético, através do uso de cultivares resistentes; controle cultural, realizando a rotação de culturas, utilizando sementes certificadas e respeitando o vazio sanitário; controle químico, com a realização do tratamento de sementes e aplicações foliares de fungicidas; e controle biológico, utilizando-se de agentes fúngicos e bacterianos para o controle dos patógenos (Seixas *et al.,* 2020; Masironi; Ferreira; Gomes, 2023; Meyer *et al.,* 2022).

A aplicação de fungicidas é realizada, em sua maioria, de forma calendarizada, sem considerar fatores de risco, sem realizar o monitoramento das doenças e limiar de dano econômico. Essa prática pode resultar em aplicações desnecessárias ou excessivas, ou ainda fora do *timing* adequado, reduzindo sua eficácia de controle (Sikora *et al.,* 2014; Nunes, 2017; Nunes; Martins; Del Ponte, 2018; Seixas *et al.,* 2022).

Consequentemente, o uso intensivo e sem critérios de fungicidas causa pressão de seleção sobre as populações patogênicas, sendo esta uma das causas da seleção de organismos com sensibilidade reduzida ou resistentes (Ghini; Kimati, 2002; FRAC, 2024). Alguns dos principais patógenos de parte aérea, como *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem asiática), *Corynespora cassiicola* (mancha-alvo) e *Cercospora* spp. (crestamento de *Cercospora* e mancha-púrpura), já apresentam resistência ou menor sensibilidade aos principais químicos utilizados (Godoy *et al.,* 2017; Godoy; Meyer, 2020).

Braga *et al*. (2020) avaliaram a sensibilidade de populações de *P. pachyrhizi* coletadas durante a safra 2017/2018 em diferentes regiões produtoras de soja ao ingrediente ativo protioconazol. Os resultados indicaram que todas as populações apresentaram alterações na sensibilidade ao fungicida. Além disso, foi observada variação na sensibilidade do fungo de acordo com o local de coleta. Enquanto algumas regiões apresentaram populações sensíveis ou moderadamente sensíveis, outras regiões mostraram populações altamente resistentes ao protioconazol.

Montan (2023) determinou a sensibilidade de populações de *P. pachyrhizi* provenientes dos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná aos fungicidas tebuconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade. A população proveniente do RS apresentou sensibilidade ao tebuconazol e fluxapiroxade, porém se mostrou resistente a piraclostrobina. Já a população coletada no PR apresentou redução da sensibilidade para fluxapiroxade e piraclostrobina, e resistência ao tebuconazol.

Em estudos avaliando a sensibilidade de *C. cassiicola* aos ingredientes ativos bixafem e fluxapiroxade, Vasconcelos *et al.* (2024) observaram variação de sensibilidade entre isolados obtidos de folhas de plantas de soja na mesma lavoura.

Silva (2022) avaliou a sensibilidade de dois isolados de *Cercospora* cf. *flagellaris* provenientes de diferentes regiões produtoras de soja a diferentes ingredientes ativos. Ambos os isolados se mostraram sensíveis aos fungicidas do grupo IDM (Inibidores da Desmetilação), com exceção de um isolado que se demonstrou insensível ao ciproconazol. Os isolados avaliados também apresentaram insensibilidade os fungicidas IQe (Inibidores da Quinona externa), ISDH (Inibidores da Succinato Desidrogenase) e MBC (Inibidores da Beta Tubulina). Dos fungicidas multissítio, os isolados foram insensíveis ao clorotalonil e moderadamente sensíveis ao mancozebe.

O desafio agora é encontrar alternativas de controle, incluindo o uso de biofungicidas, como uma estratégia adicional para aprimorar o manejo de doenças na soja (Seixas *et al.,* 2022).

2.2 BIOFUNGICIDAS NA CULTURA DA SOJA

Diversos fatores têm impulsionado o uso de bioinsumos no manejo de doenças da soja no Brasil. Em primeiro lugar, a pressão dos órgãos reguladores tem dificultado a aprovação e o registro de novas moléculas químicas, impondo critérios mais rigorosos em relação à toxicidade e à persistência no ambiente. Além disso, a perda de eficácia de alguns defensivos químicos, devido ao surgimento de resistência por parte dos patógenos, também tem contribuído para a redução das opções de controle de doenças, incentivando a busca por alternativas como os bioinsumos. (Borsari; Vieira, 2022).

O mercado de bioinsumos no Brasil apresentou crescimento de 15% na safra 2023/2024, em comparação com a safra anterior, sendo que os biofungicidas representaram 22% deste segmento (CropLife Brasil, 2024).

Há uma diversidade de potenciais agentes de controle biológico relatados na literatura, dentre eles os mais estudados são os gêneros *Bacillus* e *Trichoderma*, cujas formas de ação descritas são competição, antibiose e indução de resistência (Seixas *et al*., 2022). Dos 119 fungicidas microbiológicos registrados no Brasil, 111 são a base de *Bacillus* spp. (MAPA, 2024).

Bacillus spp. são bactérias Gram-positivas amplamente distribuídas no ambiente, formam esporos e endosporos, com destaque para sua capacidade de produzir endosporos resistentes ao calor. Produzem compostos biologicamente ativos, como enzimas amilolíticas, proteolíticas e antibióticos (Melo, 1998; Wang *et al.*, 2018). *B. subtilis,* por exemplo, é capaz de sintetizar uma ampla variedade de compostos antibióticos, antifúngicos e promotores de crescimento (Turner; Backman, 1991).

Alves (2021) avaliou o potencial de *B. velezensis* (cepa CMLL06) para o biocontrole de patógenos da cultura da soja, que apresentou atividade antifúngica *in vitro* para *Macrophomina phaseolina, Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum,* e *in vivo* para *S. sclerotiorum*. Ainda nesse estudo, a cepa apresentou porcentagem de

controle de 69% e 60% para *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*, respectivamente.

Em testes para avaliar o controle de *P. pachyrhizi*, Dorighello *et al.* (2015) utilizaram dois produtos comerciais, a base de *B. subtilis* QST-723 e *B. pumilus* QST-2808 respectivamente, além de três cepas de *B. subtilis* (AP-3, AP-51 e uma cepa sem dominação) e *B. licheniformis,* a mistura de *B. subtilis* e *B. licheniformis*, e óleo de café torrado e bruto. Os dois produtos comerciais (*B. subtilis* QST-723 e *B. pumilus* QST-2808) inibiram completamente a germinação dos uredospóros. Em folha destacada, além dos produtos comerciais, as cepas *B. subtilis* QST-713, *B. subtilis* AP-3 e *B. subtilis* AP-51 reduziram significativamente a severidade da doença. Em condições de campo, o melhor resultado entre os microrganismos foi a cepa *B. subtilis* QST-713, que reduziu 23% da severidade de ferrugem-asiática.

Nos trabalhos de Gabardo (2018) e Montino (2021) o uso de *B. subtilis* aliado aos fungicidas químicos surtiu melhor resultado do que os tratamentos biológicos isolados.

Em grande parte das pesquisas sobre controle biológico de doenças foliares causadas por fungos biotróficos nessa cultura, o gênero *Bacillus* destaca-se por apresentar o maior potencial de controle, sendo o mais indicado para ser incorporado ao manejo integrado de doenças, com o objetivo de complementar o uso de fungicidas químicos (Seixas *et al.,* 2022).

Lima (2023) comparou a rentabilidade entre um sistema de produção agrícola tradicional e um sistema que adota práticas regenerativas através do uso bioinsumos nas culturas de soja e milho em Rio Verde, Goiás. Embora o sistema tradicional tenha mostrado maior produtividade de soja, o sistema regenerativo superou em produtividade de milho. Além disso, o sistema regenerativo apresentou custos reduzidos e destacou-se pelos benefícios das práticas sustentáveis. A longo prazo, essas estratégias, baseadas no uso de bioinsumos, tendem a promover a sustentabilidade e a continuidade das atividades agrícolas.

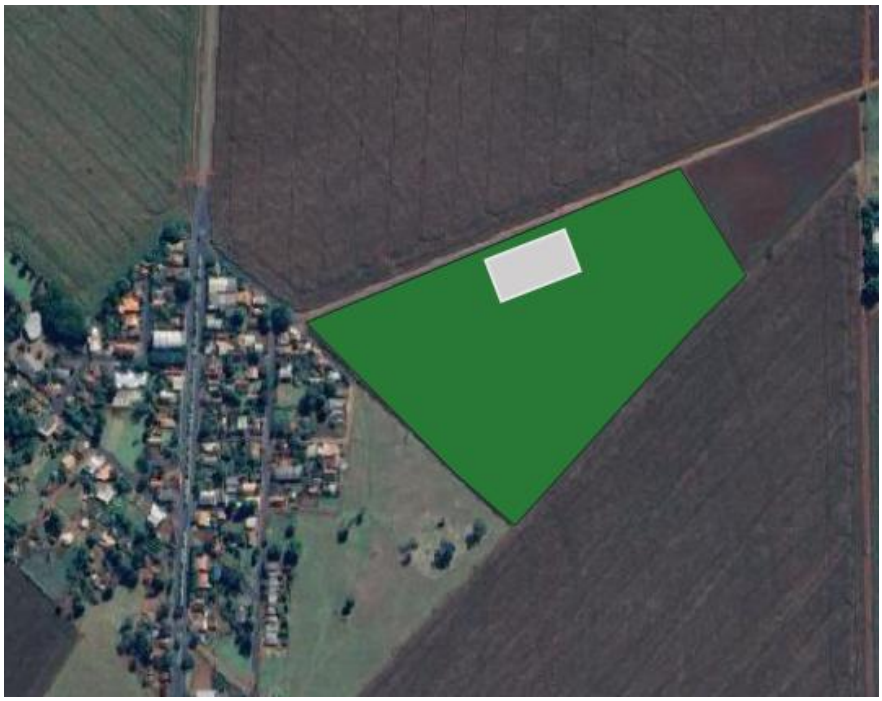
Em um estudo de caso realizado em uma propriedade em Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul, Turtt (2023) avaliou os custos dos insumos utilizados na produção de soja, comparando o manejo convencional/químico com o manejo integrado, que combina métodos químicos e biológicos. O autor concluiu que o sistema misto apresentou um custo de produção 11,31% inferior ao do sistema convencional. O custo por hectare dos fungicidas químicos foi estimado em R$ 370,60, enquanto o

custo dos biofungicidas foi de R$ 46,75 por hectare. Além disso, a introdução de bioinsumos no sistema resultou em um aumento de 12,18% na receita por hectare, devido à maior produtividade observada nesse manejo.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2023/2024, em uma área comercial localizada no município de Terra Roxa – PR, latitude 24º17’43’’S e longitude 54º03’22’’ com 350 m de altitude (FIGURA 1), onde o solo é classificado como latossolo vermelho, com mais de 65% de argila na composição granulométrica.

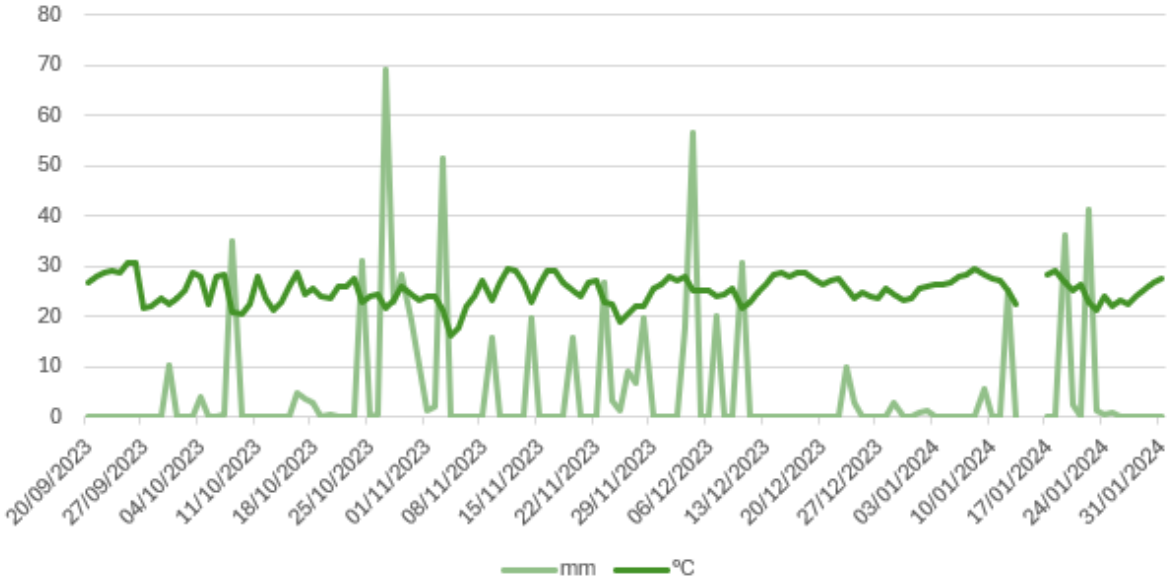
FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL



FONTE: Google Maps (2024).

Com base na classificação de Köppen, o clima é considerado Cfa (temperado úmido com verão quente). Os índices de precipitação da safra 23/24 estão representadas na Figura 2.

FIGURA 2 – PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA DURANTE A SAFRA 23/24



FONTE: Instituto das Águas do Paraná (2024)

A cultivar semeada foi Monsoy 5997 I2X, grupo de maturação 5.9, que varia de moderadamente resistente a resistente para as principais doenças que acometem a região. A semeadura foi realizada no dia 1 de outubro, com população final de 238 mil plantas por hectare (ha), espaçamento de 0,50 m entre linhas e a adubação de base consistiu em 250 kg ha^{-1} de fertilizante mineral NPK, formulado 05-32-04, seguindo a recomendação de adubação com base em análise de solo realizada pelo proprietário da área (Pauletti; Motta, 2019).

O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados (DBC), parcelas de 3 x 5 metros, 8 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos avaliados (QUADRO 1) foram aplicados com auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO_2, vazão constante de 150 l ha^{-1} em uma velocidade de 1 m s^{-1}. Foram priorizadas aplicações nas melhores condições meteorológicas, com umidade relativa acima de 65%, temperaturas amenas e velocidade do vento abaixo de 10 km h^{-1}.

QUADRO 1 – TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA MANEJO DE DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA. TERRA ROXA 23/24

	Composição	p.c.* ha^{-1}
T1	Testemunha	
T2	1ª Fox Xpro®	0,5 L

	2ª Vessarya® 3ª Sphere Max® + Bravonil®	0,9 L 0,2 L + 2 L
T3	1ª Caravan® + Colostrum BS® 2ª Caravan® + Colostrum BS® 3ª Caravan® + Colostrum BS®	0,8 L + 0,2 kg
T4	1ª Frontier® + Colostrum BS® 2ª Frontier® + Colostrum BS® 3ª Frontier® + Colostrum BS®	1 L + 0,2 kg
T5	1ª Caravan® 2ª Caravan® 3ª Caravan®	0,8 L
T6	1ª Frontier® 2ª Frontier® 3ª Frontier®	1 L
T7	1ª Caravan® 2ª Caravan® 3ª Fox Xpro ® + Bravonil®	0,8 L 0,8 L 0,5 L + 2 L
T8	1ª Caravan® 2ª Frontier® 3ª Fox Xpro® + Bravonil®	0,8 L 1 L 0,5 L + 2 L

FONTE: A autora (2024).

LEGENDA: *Produto comercial.

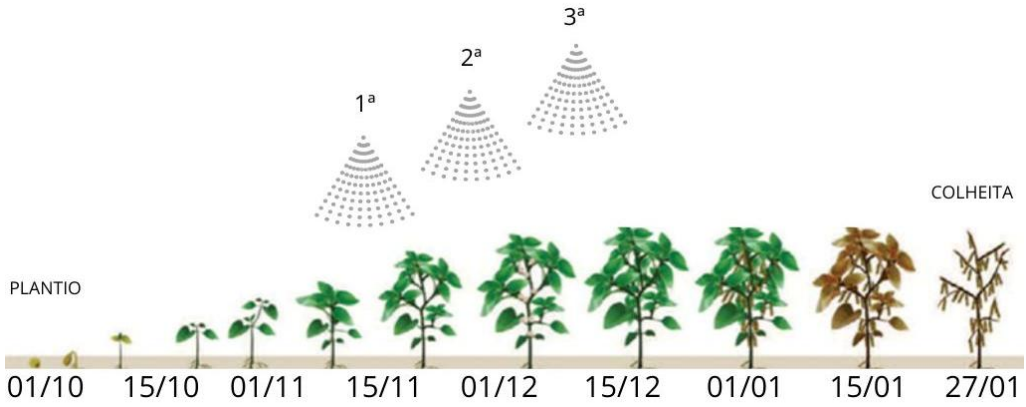
QUADRO 2 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS DO ENSAIO DE MANEJO DE DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA. TERRA ROXA 23/24

Nome comercial	**Composição**
Fox Xpro®	bixafem + protioconazol + trifloxistrobina
Vessarya®	picoxistrobina + benzovindiflupir
Sphere Max®	trifloxistrobina + ciproconazol
Bravonil®	clorotalonil
Caravan®	*Bacillus pumilus* (CNPSo 3203)
Frontier®	*Bacillus velezensis* (Labim 40)
Colostrum BS®	*Bacillus subtilis* (LOFU 160)

FONTE: A autora (2024).

Cada tratamento foi constituído de três aplicações (FIGURA 3), sendo a primeira aplicação no pré-fechamento das entrelinhas da cultura (V8), a segunda em R3 ou início da formação das vagens (15 dias após a primeira) e a terceira em R5.2 ou enchimento de grãos (30 dias após a primeira aplicação).

FIGURA 3 – POSICIONAMENTO DAS APLICAÇÕES DE FUNGICIDA



FONTE: A autora (2024).

Para a avaliação de severidade (QUADRO 3), foram coletados dez trifólios do terço médio em cada parcela, que foram avaliados com auxílio da escala diagramática proposta por Godoy *et al*. (2006).

QUADRO 3 – DATAS DAS AVALIAÇÕES DE SEVERIDADE NO ENSAIO DE MANEJO DE DOENÇAS DA SOJA. TERRA ROXA 23/24.

Coleta	Data	Estádio fenológico
1	21/11/23	R2
2	29/11/23	R3
3	14/12/23	R5.2
4	29/12/23	R5.3

Fonte: A Autora (2024).

Devido à ausência de chuva, aliada às altas temperaturas que acometeram a região quando a cultura ainda se encontrava em R5.3, as plantas entraram em

senescência prematura e encerraram seu ciclo. Em R7.2 (105 dias após o plantio) foi realizada a dessecação com o herbicida diquate, com o intuito de uniformizar as parcelas para a colheita.

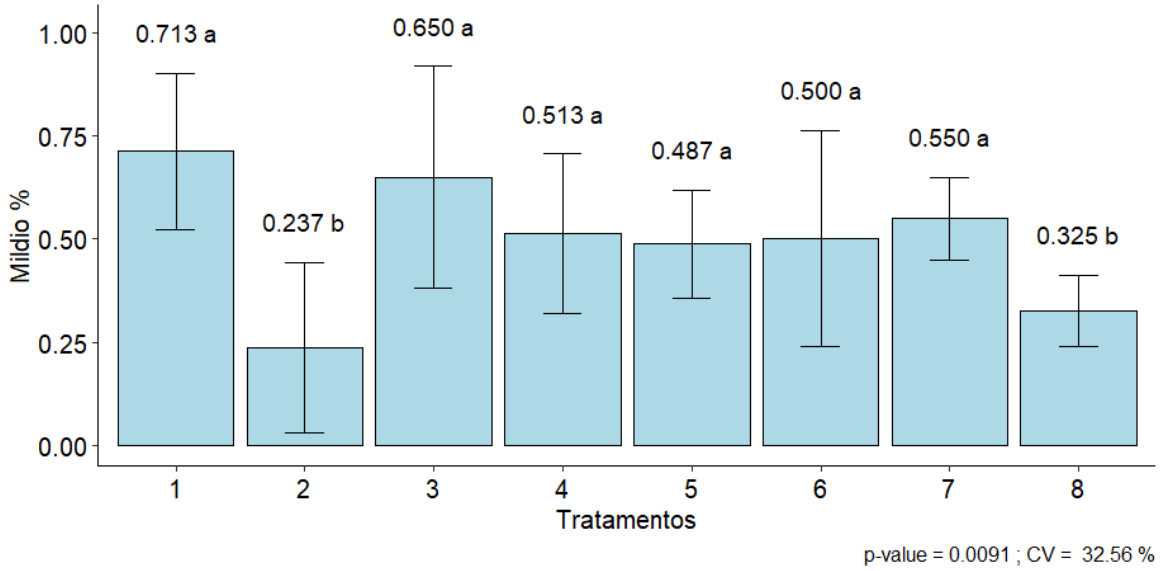
No dia 25 de janeiro, foi realizada a colheita manual das parcelas, considerando as duas linhas centrais de cada parcela, com margens de 0,50 m, totalizando 4 m^2 de área útil colhida.

Os dados de severidade (%) de míldio e mancha-alvo e produtividade da soja (kg ha^{-1}) foram submetidos aos testes de distribuição normal Shapiro-Wilk, homogeneidade de variância Bartlett e independência dos erros Durbin-Watson. Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguindo o delineamento de blocos ao acaso. Depois, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p<0,05$). Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R Core Team (2022).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O regime de chuvas apresentado na Figura 2 foi satisfatório para o desenvolvimento da soja até R5.2, contudo a partir desse estádio a ausência de precipitação favoreceu a baixa incidência de manchas foliares na cultura, não ultrapassando a severidade média de 1% por trifólio. As doenças identificadas durante o desenvolvimento da cultura foram míldio (*Peronospora manshurica*) e mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*).

FIGURA 3 – SEVERIDADE FINAL (%) DE MÍLDIO (*Peronospora manshurica*) EM PLANTAS DE SOJA SOB APLICAÇÃO DE BIOFUNGICIDAS E FUNGICIDAS QUÍMICOS EM V8, R3 E R5.2. TERRA ROXA 23/24.



FONTE: A Autora (2024).

LEGENDA: T1: Testemunha sem aplicação; T2: Fox Xpro® + Vessarya® + Sphere Max® e Bravonil®; T3: Caravan® + Colostrum BS® nas 3 aplicações; T4: Frontier® + Colostrum BS® nas 3 aplicações; T5: Caravan® nas 3 aplicações; T6: Frontier® nas 3 aplicações; T7: Caravan® + Caravan® + Fox Xpro ® e Bravonil®; T8: Caravan® + Frontier® + Fox Xpro® + Bravonil®

Apesar de baixa severidade final de míldio (FIGURA 3), todos os tratamentos apresentaram índice menor que o da testemunha, demonstrando a eficiência de controle dos produtos sobre a doença. Os tratamentos 2 e 8 (Fox Xpro® + Vessarya® + Sphere Max® e Bravonil®; Caravan® + Frontier® + Fox Xpro® e Bravonil®) diferiram estatisticamente dos demais, apresentando os menores índices de míldio, 0,237% e 0,325%, respectivamente.

É importante ressaltar que os melhores resultados no manejo dessa doença, nessas condições experimentais, foram observados quando realizou-se a aplicação de fungicida químico em todas os períodos, com ingredientes ativos e grupos químicos rotacionados, e quando foi realizada a aplicação de biofungicidas também de forma rotacionada, sendo a primeira aplicação com o produto Caravan® a base de *Bacillus pumilus*, a segunda com o produto Frontier®, composto de *Bacillus velezensis* e a última de um fungicida químico de mistura tripla. Desta forma, esses resultados indicam que a rotação tanto de moléculas químicas como de espécies de agentes de biocontrole proporcionaram um maior controle da doença.

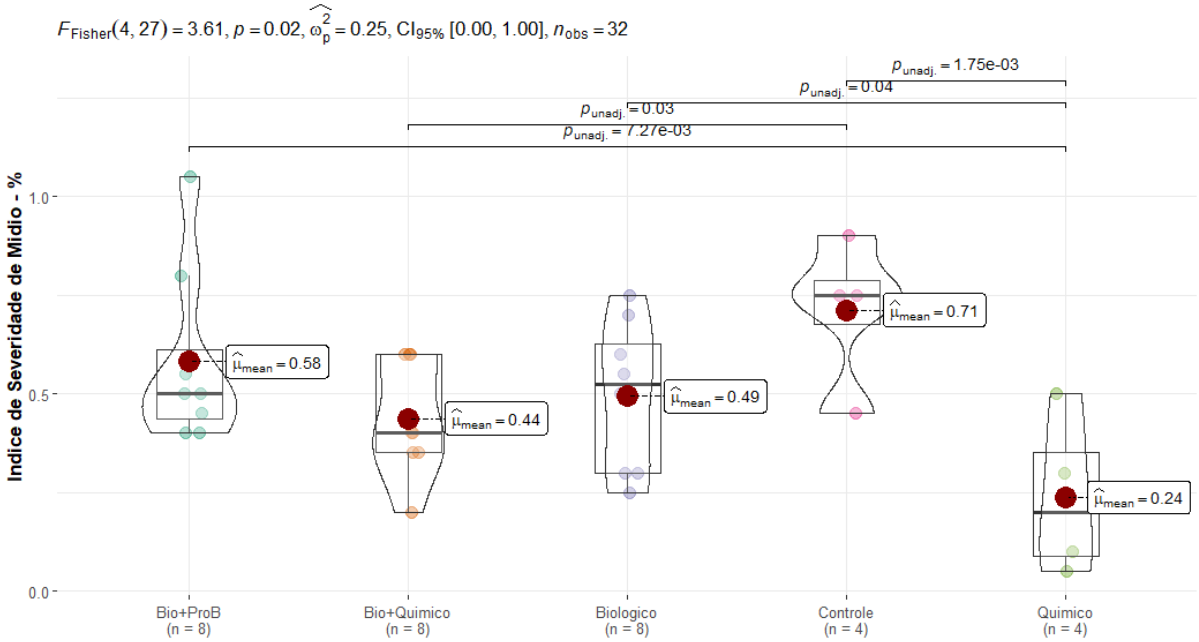
Além disso, a associação das duas espécies de *Bacillus* com os químicos foi benéfica para manejo da doença, validando a afirmação de Seixas *et al.* (2022) de que pode ocorrer sinergismo entre espécies desse gênero, devido ao maior espectro

de mecanismos de ação e de funções além do efeito antifúngico, como promoção de crescimento.

Os tratamentos 3, 4, 5, 6 e 7 não diferiram estatisticamente da testemunha.

Ao dividir os tratamentos avaliados em grupos (biológicos + probiótico, biológicos + químicos, biológicos, químicos e controle) observa-se que o grupo químico diferiu estatisticamente de todos os grupos (FIGURA 4), com exceção do grupo biológico + químico. A associação dos biológicos + químicos diferiu estatisticamente do controle sem aplicações, afirmando novamente a importância da associação de diferentes métodos de controle no manejo de doenças foliares na cultura da soja, colaborando com os resultados observado por Abrantes (2023), que concluiu que a associação e *B. subtilis* com fungicidas químicos gerou os melhores resultados no controle de doenças na soja.

FIGURA 4 – SEVERIDADE FINAL (%) DE MÍLDIO (*Peronospora manshurica*) EM PLANTAS DE SOJA SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES GRUPOS DE TRATAMENTOS EM V8, R3 E R5.2. TERRA ROXA 23/24.



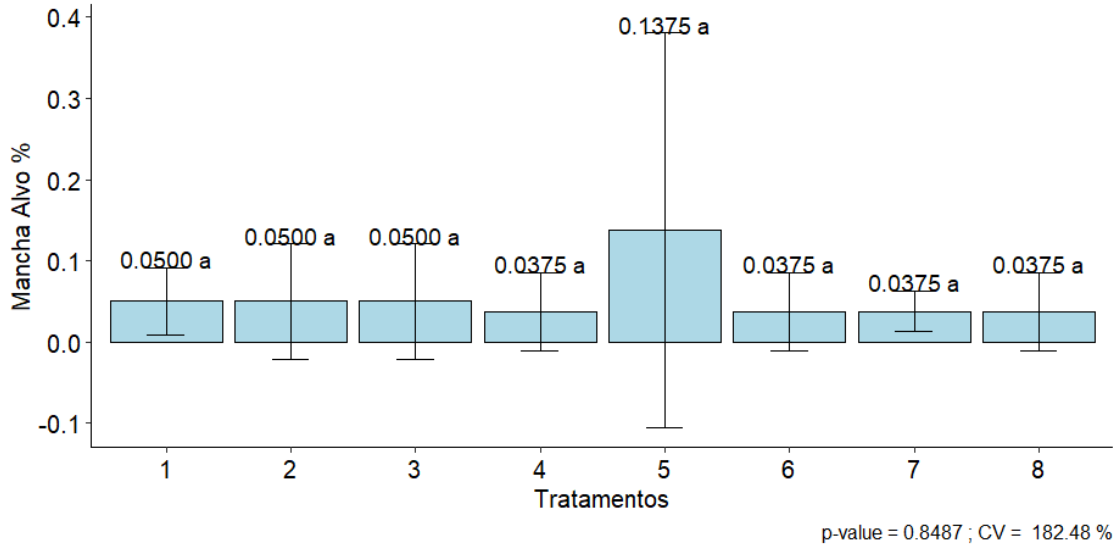
FONTE: A Autora (2024).

Tendo em vista que os grupos químico e biológico + químico foram estatisticamente iguais no que tange o controle de míldio, a recomendação agronômica deve ser pautada no tratamento que envolve a maior rotação de

moléculas e diferentes métodos de controle, além de considerar também o melhor custo-benefício para o produtor rural.

Outra doença observada durante o ciclo da soja foi a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*). Os dados apresentados na Figura 5 indicam que não houve diferença estatística entre os tratamentos e o controle sem aplicação.

FIGURA 5 – SEVERIDADE FINAL (%) DE MANCHA-ALVO (*Corynespora cassiicola*) EM PLANTAS DE SOJA SOB APLICAÇÃO DE BIOFUNGICIDAS E FUNGICIDAS QUÍMICOS EM V8, R3 E R5.2. TERRA ROXA 23/24.



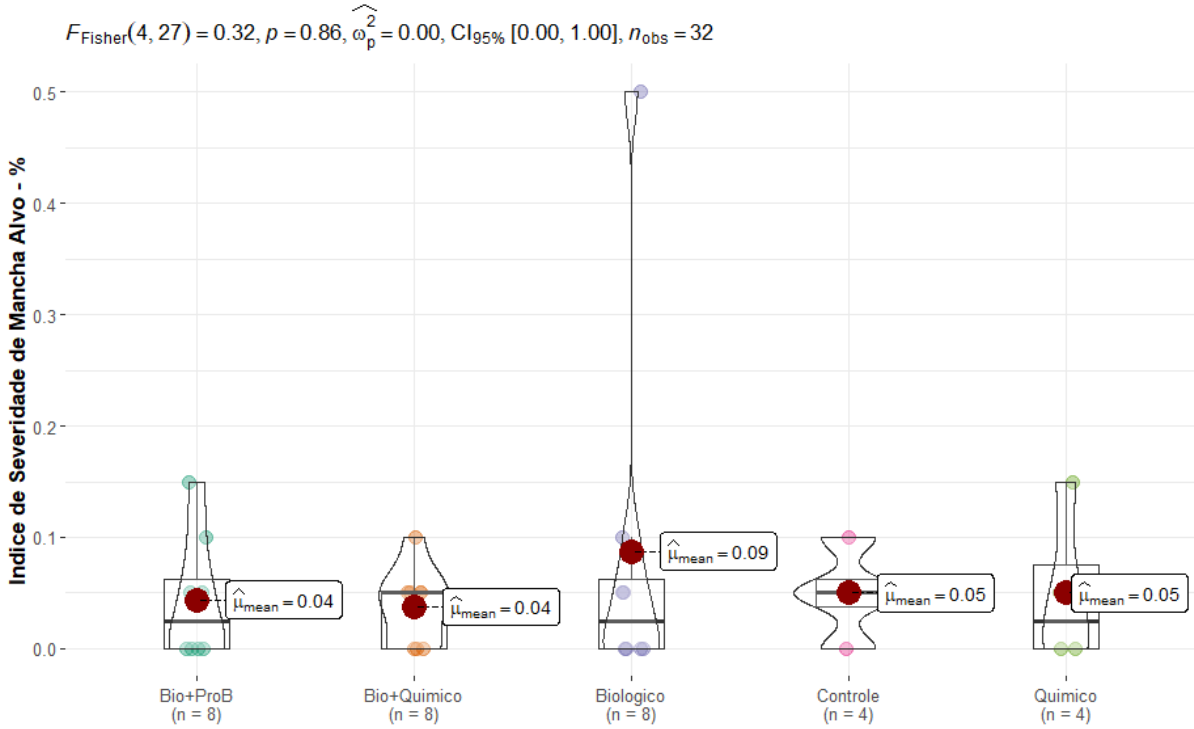
FONTE: A Autora (2024).

LEGENDA: T1: Testemunha sem aplicação; T2: Fox Xpro® + Vessarya® + Sphere Max® e Bravonil®; T3: Caravan® + Colostrum BS® nas 3 aplicações; T4: Frontier® + Colostrum BS® nas 3 aplicações; T5: Caravan® nas 3 aplicações; T6: Frontier® nas 3 aplicações; T7: Caravan® + Caravan® + Fox Xpro ® e Bravonil®; T8: Caravan® + Frontier® + Fox Xpro® + Bravonil®

A mancha-alvo é uma DFC (doença de final de ciclo) e devido as condições ambientais desfavoráveis (altas temperaturas e baixa precipitação), foi observada uma severidade muito baixa nas plantas de soja, inclusive dificultando a avaliação da eficácia dos tratamentos neste estudo.

Os diferentes grupos de tratamentos (biológicos + probiótico, biológicos + químicos, biológicos, químicos e controle) também não diferiram entre si para a severidade da macha-alvo (FIGURA 6).

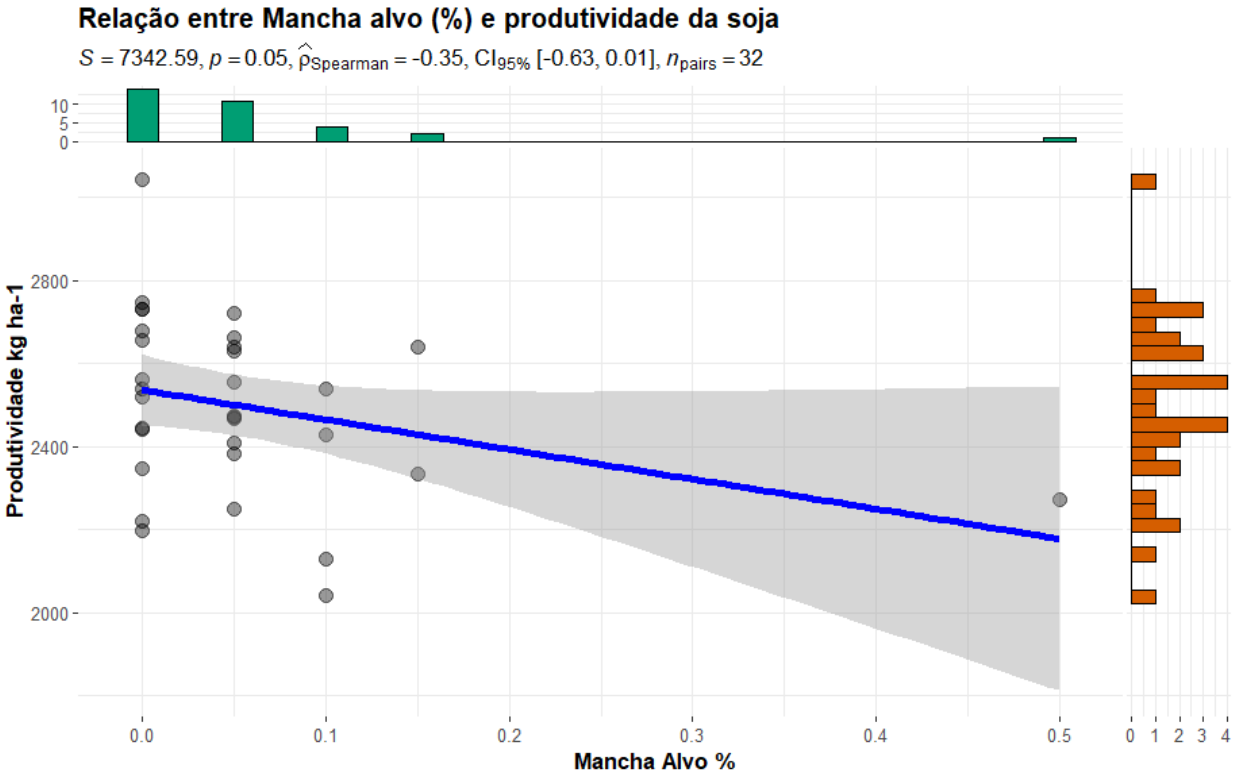
FIGURA 6 – SEVERIDADE FINAL (%) DE MANCHA-ALVO (*Corynespora cassiicola*) EM PLANTAS DE SOJA SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES GRUPOS DE TRATAMENTOS EM V8, R3 E R5.2. TERRA ROXA 23/24.



FONTE: A Autora (2024).

Apesar da baixa severidade de mancha-alvo, verificou-se uma correlação significativa de -0,35 entre a severidade da doença e a produtividade da soja (FIGURA 7), demonstrando o quão importante é o seu manejo para o alcance de altas produtividades na cultura, uma vez que estudos recentes constataram perdas de até 42% da produtividade devido a incidência mancha-alvo (Edwards Molina, 2019).

FIGURA 7 – CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE ÍNDICE DE SEVERIDADE (%) DE MANCHA-ALVO (*Corynespora cassiicola*) E PRODUTIVIDADE (KG HA^{-1}) DA SOJA

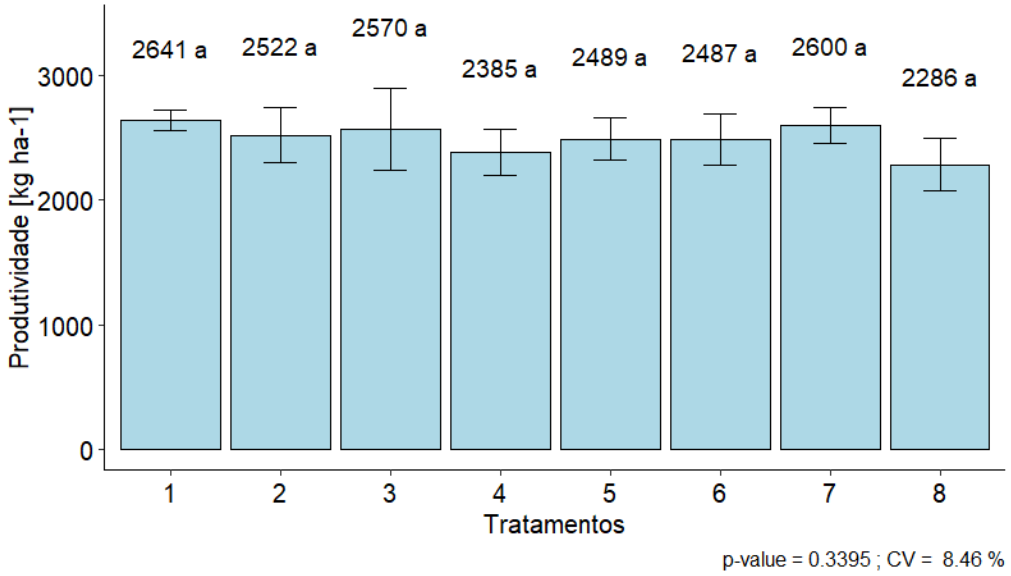


FONTE: A Autora (2024).

Por outro lado, a presença do míldio não afetou a produtividade da cultura, mesmo que em severidade maior comparado a mancha-alvo. Da mesma forma, na literatura são encontrados registros de baixa ou nenhuma perda de produtividade associada a tal doença (Silva *et al.*, 2016; Reginato, 2008).

Com relação ao fator produtividade, os tratamentos não diferiram entre si (FIGURA 8). As médias se mantiveram abaixo da média paranaense da safra 23/24 que foi de 3.155 kg ha^{-1} (CONAB, 2024), principalmente devido às altas temperaturas e à falta de chuva no período de dezembro/2023 a janeiro/2024 (FIGURA 2), que também coincidiu com a época de enchimento de grãos da cultura, uma das fases mais críticas para a produtividade da soja (Sediyama; Silva; Borém, 2015).

FIGURA 8 – PRODUTIVIDADE (KG HA^{-1}) DA SOJA SOB APLICAÇÃO DE BIOFUNGICIDAS E FUNGICIDAS QUÍMICOS EM V8, R3 E R5.2. TERRA ROXA 23/24.



FONTE: A Autora (2024).

LEGENDA: T1: Testemunha sem aplicação; T2: Fox Xpro® + Vessarya® + Sphere Max® e Bravonil®; T3: Caravan® + Colostrum BS® nas 3 aplicações; T4: Frontier® + Colostrum BS® nas 3 aplicações; T5: Caravan® nas 3 aplicações; T6: Frontier® nas 3 aplicações; T7: Caravan® + Caravan® + Fox Xpro ® e Bravonil®; T8: Caravan® + Frontier® + Fox Xpro® + Bravonil®

A Tabela 1 apresenta o custo de cada tratamento em R$ ha^{-1}, seguindo valores praticados comercialmente na região onde foi conduzido o ensaio.

TABELA 1 – CUSTO POR HECTARE DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA MANEJO DE DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA. TERRA ROXA 23/24

	Composição	R$ ha^{-1}
T1	Testemunha	-
T2	1ª Fox Xpro® 2ª Vessarya® 3ª Sphere Max® + Bravonil®	413,23
T3	1ª Caravan® + Colostrum BS® 2ª Caravan® + Colostrum BS® 3ª Caravan® + Colostrum BS®	216,29
T4	1ª Frontier® + Colostrum BS® 2ª Frontier® + Colostrum BS® 3ª Frontier® + Colostrum BS®	336,36

T5	1ª Caravan® 2ª Caravan® 3ª Caravan®	179,93
T6	1ª Frontier® 2ª Frontier® 3ª Frontier®	300,00
T7	1ª Caravan® 2ª Caravan® 3ª Fox Xpro ® + Bravonil®	314,35
T8	1ª Caravan® 2ª Frontier® 3ª Fox Xpro® + Bravonil®	354,39

FONTE: A autora (2024).

Considerando os fatores severidade de mancha-alvo (FIGURA 5) e produtividade (FIGURA 8), visto que nenhum tratamento diferiu estatisticamente da testemunha não é possível indicar o tratamento com melhor custo-benefício. Já levando em conta os índices de severidade de míldio apresentados na Figura 3, o tratamento com o melhor custo-benefício foi o 8 (Caravan® + Frontier® + Fox Xpro® e Bravonil®), além de melhor atender os preceitos do manejo integrado de doenças (MID).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos 2 e 8 (Fox Xpro® + Vessarya® + Sphere Max® e Bravonil®; Caravan® + Frontier® + Fox Xpro® e Bravonil®) apresentaram o melhor controle para míldio (*Peronospora manshurica*).

Os grupos químico e biológico + químico apresentaram o menor índice de severidade de míldio.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para o controle de mancha alvo (*Corynespora cassiicola*).

Verificou-se uma correlação significativa de -0,35 entre a severidade da doença e a produtividade da soja.

A presença de míldio não afetou a produtividade da soja.

As médias de produtividade não diferenciaram entre si, e permaneceram abaixo da produtividade média paranaense devido as altas temperaturas e ausência de chuva durante o período de enchimento de grãos da cultura.

Considerando apenas a severidade de míldio, o tratamento 8 apresentou o melhor custo-benefício, além de melhor seguir os preceitos do MID.

O clima durante a safra foi um fator determinante para o desenvolvimento da cultura e das doenças.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, M. F. **Controle Biológico de Doenças Foliares na Soja**. Orientador: Profª. Drª. Mônica Lau da Silva Marques. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Ceres, 2023.

AGRO BAYER. Soja: o manejo adequado para controlar doenças e alavancar a produtividade. **Blog do Agro**, [*S. l.*], 26 out. 2023. Disponível em: https://www.agro.bayer.com.br/conteudos-impulso-bayer/soja-manejo-adequado-para-controlar-doencas. Acesso em: 12 ago. 2024.

ALVES, S. ***Bacillus velezensis*** **CMLL06**: potencial para controle de doenças de solo na cultura da soja. Orientador: Leandro Simões Azeredo Gonçalves. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadial de Londrina, Londrina, 2021. Disponível em: https://repositorio.uel.br/items/a991549f-9f9f-4de5-959d-061271270806. Acesso em: 14 ago. 2024.

BORSARI, A. C. P.; VIEIRA, L. C. Mercado e perspectivas dos bioinsumos no Brasil. *In*: MEYER, M. C. *et al*, (ed.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 2, p. 39-52. ISBN 9786587380964.

BRAGA, K *et al*. Sensibilidade de populações de Phakopsora pachyrhizi ao fungicida protioconazol. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, ano 2020, v. 46, n. 2, p. 150-154, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sp/a/WWZXxMwBCSxmHqqBsTC4Cgb/?lang=pt. Acesso em: 14 ago. 2024.

CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba, SP, 11 ago. 2024. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 12 ago. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, Safra 2023/2024.** [S. l.]: CONAB, junho 2024. v. 11. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 30 jun. 2024.

CROPLIFE BRASIL. Mercado de bioinsumos cresceu 15% na safra 2023/2024. **Notícias**, [*S. l.*], 26 jun. 2024. Disponível em: https://croplifebrasil.org/noticias/mercado-de-bioinsumos-cresceu-15-na-safra-2023-2024/. Acesso em: 13 ago. 2024.

DIGIFARMZ. Como o clima pode impactar nas doenças da soja?. **Digifarmz**, [*S. l.*], p. 1, 1 jan. 2024. Disponível em: https://digifarmz.com/como-o-clima-pode-impactar-nas-doencas-da-soja/. Acesso em: 12 ago. 2024.

DORIGHELLO, D. V.; BETTIOL, W.; MAIA, N. B.; CAMPOS LEITE, R. M. V. B. Controlling Asian soybean rust (*Phakopsora phachyrizi*) with *Bacilus* spp. and coffee oil. **Crop Protection**, v. 67, 59-65. 2015. DOI: 1010.1016/j.crop.2014.09.017

EDWARDS MOLINA, J. P**. Effect of target spot on soybean yield and factors affecting this relationship**. Plant Pathology, [s. l.], ano 2019, n. 68, p. 107-115, 26 out. 2018. DOI 10.1111/ppa.12944. Disponível em: https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ppa.12944. Acesso em: 30 jun. 2024.

EMBRAPA. Clima favorece ocorrência de doenças da soja em regiões tropicais. **News**, [*S. l.*], p. 1, 5 fev. 2007. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/18006968/clima-favorece-ocorrencia-de-doencas-da-soja-em-regioes-tropicais. Acesso em: 12 ago. 2024.

FRAC. Definição de resistência a fungicidas. *In*: FRAC. **Manejo da Resistência a Fungicidas**. [*S. l.*], 2024. Disponível em: https://www.frac-br.org/informa%C3%A7oes-basicas. Acesso em: 13 ago. 2024.

GABARDO, G. **Manejo de doenças com produtos alternativos isolados e associados a fungicida na cultura da soja.** 2018. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. Disponível em: https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2720/1/Gislaine%20Gabardo.pdf. Acesso em: 14 ago. 2024.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78 p. ISBN 8585771100.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C.; MELLO, F. E.; UTIAMADA, C. M. Resistencia de los hongos a fungicidas em soya. *In:* **Manual de Difusión Técnica de Soya 2017/2018.** Santa Cruz de La Sierra: FUNDACRUZ, 2017. P. 17-24.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C. Overcoming the threat of Asian soybean rust in Brazil. *In:* DEISING, H. B.; FRAAIJE, B.; MEHL, A.; OERKE, E. C.; SIEROTZKI, H.; STAMMLER, G. (Eds). **Modern Fungicides and Antifungal Compounds.** Braunschweig: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, v. IX, pp. 51-56. 2020.

GODOY, C.V., KOGA, L.J. & CANTERI, M.G. **Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity.** Fitopatologia Brasileira 31:063-068. 2006. Acesso em: 21 nov. 2023.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. **Relatório de Alturas Diárias de Precipitação.** In: INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. Sistema de Informações Hidrológicas. [S. l.], 2024. Disponível em: http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasDiariasPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial. Acesso em: 20 mar. 2024.

LIMA, J. S. **Avaliação econômica das práticas agrícolas**: um estudo comparativo de custos na agricultura regenerativa e tradicional no Cerrado. Orientador: Edson Luiz Souchie. 2023. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2023. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/216. Acesso em: 14 ago. 2024.

MAPA. **Agrofit**. Consulta aberta. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 13 ago. 2024.

MASIRONI, K. B.; FERREIRA, N.; GOMES, G. R. Perfil dos Agricultores Paranaenses Quanto às suas Práticas de Manejo de Pragas e Doenças. **Uniciências**, [*s. l.*], ano 2023, v. 2, n. 2, p. 114-121, 2023. Disponível em: https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/10419. Acesso em: 13 ago. 2024.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. *In:* MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle biológico.** Jaguariúna, SP: Embrapa, 1998. P. 17-67.

MEYER, M. C. *et al*, (ed.). **Bioinsumos na cultura da soja**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 550 p.

MONTAN, R. R. L. **Avaliação da resistência do fungo da ferrugem asiática da soja (Phakopsora pachyrhizi) aos fungicidas dos grupos DMI, QoI e SDHI na safra 2020/21**. Orientador: Paulo Cézar Ceresini. 2023. 25 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2023. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/cf8a7aa5-ab98-4fd9-b872-7dbc8a9b37c6/content. Acesso em: 14 ago. 2024.

MONTINO, S. P. Uso do *Bacillus subtilis* como agente de biocontrole de fitopatógenos da cultura de soja. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [*s. l.*], ano 2021, v. 2, n. 3, 5 jul. 2021. Disponível em: https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/1338. Acesso em: 14 ago. 2024.

NUNES, C. D. M. Controle de Ferrugem Asiática da Soja Baseado no Número de Aplicações de Fungicida em Diferentes Estádios Realizado em Duas Safras 2011/2012 e 2012/2013. **Documentos**: Resultados de Pesquisa de Soja na Embrapa Clima Temperado – 2015, Pelotas, RS, n. 432, p. 38-46, Abril 2017. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1080140. Acesso em: 13 ago. 2024.

NUNES, C. D. M.; MARTINS, J. F. S.; DEL PONTE, E. M. Validação de Modelo de Previsão de Ocorrência da Ferrugem Asiática da Soja com Base em Precipitação Pluviométrica. **Circular Técnica**, Pelotas, RS, ano 2018, n. 199, p. 1-13, Dez 2018. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190270/1/CIRCULAR-199.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.

SEIXAS, C. D. S. et al. **Bioinsumos para o manejo de doenças foliares na cultura da soja.** In: MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). Bioinsumos na cultura da soja. Brasília: Embrapa, 2022. cap. 19, p. 332-343. ISBN 978-65-87380-96-4.

SIKORA, E. J.; ALLEN, T. W.; WISE, K. A.; BERGSTROM, G. A Coordinated Effort to Manage Soybean Rust in North America: A Success Story in Soybean Disease Monitoring, **Plant Disease**, Saint Paul, v. 98, n. 7, p. 864-875, 2014.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. (coord.). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: NEPAR-SBCS, 2019. 289 p. ISBN 978-85-69146-07-0.

REGINATO, P**. Impacto do míldio na produtividade da soja no sul de Mato Grosso do Sul, safra 2006/2007**. Orientador: Prof. Dr. Walber Luiz Gavassoni. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2008.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (ed.). **Soja**: do plantio à colheita. 1. ed. Viçosa: UFV, 2015. 333 p. ISBN 978-85-7269-519-0.

SEIXAS, C. D. S. *et al*. **Tecnologias de Produção de Soja**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 34 p.

SILVA, M. A. **Cercospora spp**: Identificação morfológica e molecular, patogenicidade, sensibilidade a fungicidas e reação de cultivares de soja. Orientador: Carolina Cardoso Deuner. 2022. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, [*S. l.*], 2022. Disponível em: http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/2256#preview-link0. Acesso em: 14 ago. 2024.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A. A.; PRIA, M. D.; DE MIO, L. L. M. **Damage to soybean caused by downy mildew.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 389-392, mar 2016. DOI http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150093. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/9prNptqk6KH9rHHSfNcDw7z/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 30 jun. 2024.

TURNER, J. T.; BACKMAN, P. A. Factor relating to peanut yield increases following *Bacillus subtilis* seed treatment. **Plant Disease,** v. 75, p. 347-353, 1991.

TURTT, J. C. T. **Inserção de produtos biológicos e custo de insumos para produção de soja**. Orientador: Mariana Zampar Toledo. 2023. 31 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Grande

Dourados, Dourados, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/5749. Acesso em: 14 ago. 2024.

USDA. Top Producing Countries. *In*: USDA. **Production - Soybeans**. [*S. l.*], 2024. Disponível em: https://fas.usda.gov/data/production/commodity/2222000. Acesso em: 12 ago. 2024.

VASCONCELOS, H. P. *et al*. Monitoramento da sensibilidade de Corynespora cassiicola aos fungicidas bixafem e fluxapiroxade. **Summa Phytopathologica**, [*s. l.*], ano 2024, v. 50, p. 1-5, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sp/a/Q9bVFRnLDVvTdkSYbPx4V8L/abstract/?lang=en. Acesso em: 14 ago. 2024.

WANG, X. Q.; ZHAO, D. L.; SHEIN, L. L.; JING, C. L.; ZHANG, C. S. Application and mechanisms of *Bacillus subtilis* in biological control of plant disease. *In:* MEENA, V. (Eds.) **Role of rizospheric microbes in soil.** Springer, 2018.