

Efeito da piraclostrobina, fluxaproxade e metiram na produção de plantas de alho oriundas de bulbilhos infectados com vírus

¹ Antonia dos Reis Figueira, ¹ Gabriela Ribeiro Gontijo, ² Carlos Inácio Garcia de Oliveira, ¹ Antonia Thalyta Lopes Silveira

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Fitopatologia, *Campus* universitário, CEP 37203-202, Lavras, MG, Brasil. E-mail: antonia@ufla.br, gabriela.gontijo2@estudante.ufla.br, thalytasilveira@gmail.com

² Supere Consultoria Agrônômica, Alameda Joaquim Luiz Pereira, 140, Centro, CEP 38990-000, Córrego Danta, MG, Brasil. E-mail: cigo@terra.com.br

Resumo: Um dos principais desafios dos produtores de alho é a obtenção de material propagativo sadio, isento de vírus dos gêneros *Potyvirus*, *Carlavirus* e *Allexivirus*, causadores de grandes perdas na produção. A Piraclostrobina tem sido utilizada em tentativas de diminuição de perdas causadas pelas viroses, devido ao seu efeito positivo na melhoria do desempenho e na indução de resistência a vírus em plantas. Neste trabalho foi testado o efeito de dois produtos comerciais contendo piraclostrobina, Cabrio® Top e Orkestra® SC, na produção de bulbilhos-semente de alho sabidamente infectadas. O experimento foi conduzido em campo, no município de São Gotardo – MG, com delineamento experimental em blocos casualizados, empregando-se 400 bulbilhos por parcela, com parcela útil de 32 plantas, quatro repetições e 15 tratamentos. Foram testadas diversas doses e vias de aplicação, como tratamento de bulbilhos, incorporação no solo e aplicação foliar. Após a colheita e o processo de “cura” foram avaliados o peso (g), diâmetro (mm) e número de bulbilhos produzidos. As análises de RT-PCR revelaram a presença de infecções mistas causadas por espécies dos gêneros *Carlavirus* e *Potyvirus*. Além disso, os tratamentos com Cabrio® Top aplicados por incorporação ao solo na dose de 7,5 Kg/ha e combinado a incorporação ao solo e via foliar nas doses de 5 Kg/ha e 3 Kg/ha, respectivamente, resultaram nos maiores peso, diâmetro e número de bulbilhos, incrementando ganhos a produção. Este é o primeiro trabalho que estuda o efeito da piraclostrobina sob plantas de alho com viroses.

Palavras chave: *Estrobilurinas*, Vírus de plantas, Alho - Controle de pragas.

Effect of pyraclostrobin, fluxapyroxad and metiram on the production of garlic plants from virus-infected bulbils

Abstract: One of the main challenges for garlic producers is obtaining healthy propagation material, free from viruses of the genera *Potyvirus*, *Carlavirus* and *Allexivirus*, which cause major production losses. Pyraclostrobin has been used in attempts to reduce losses caused by viruses, due to its positive effect on improving performance and inducing virus resistance in plants. This study tested the effect of two commercial products containing pyraclostrobin, Cabrio® Top and Orkestra® SC, on the production of garlic seed bulbs known to be infected. The experiment was conducted in the field, in the municipality of São Gotardo - MG, with a randomized block experimental design, using 400 bulbs per plot, with a useful plot of 32 plants, four replicates and 15 treatments. Various doses and application routes were tested, such as bulb treatment, soil incorporation and foliar application. After harvesting and the curing process, the weight (g), diameter (mm) and number of bulblets produced were evaluated. RT-PCR analyses revealed the presence of mixed infections caused by species of the genera *Carlavirus* and *Potyvirus*. In addition, treatments with Cabrio® Top applied by soil incorporation at a dose of 7.5 kg/ha and combined soil incorporation and foliar application at doses of 5 kg/ha and 3 kg/ha, respectively, resulted in the highest weight, diameter and number of bulblets, increasing production gains. This is the first study to study the effect of pyraclostrobin on garlic plants with viruses.

Keywords: *Strobilurin*, Plant Viruses, Garlic - Pest Control.

Introdução

A busca pelo aumento quantitativo e qualitativo da produção de alho nas regiões produtoras brasileiras tem sido constante, passando de 118,8mil toneladas em 2018 para 184,8 mil toneladas em 2023. Ainda assim, para suprir a demanda interna neste ano, o país teve que importar mais de 119 mil toneladas de outros países como a Argentina, China, Egito e outros. Enquanto a importação no período de 2018-2023 diminuiu 27,4% a produção interna aumentou 52,4%, mostrando um balanço positivo no esforço de se tornar autossuficiente. Os três maiores produtores de alho no Brasil são os estados de Minas Gerais, com 50,4%, seguido pelo estado de Goiás com 30,4% e Rio Grande do Sul com 5,9 % da produção nacional segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2023).

As dificuldades que os agricultores devem enfrentar para ter boa rentabilidade na cultura do alho são inúmeras, sendo que uma das mais importantes é a obtenção de sementes saudáveis, livres de patógenos. Dentre eles, os vírus têm uma posição de destaque, por causarem perdas em 50% da produção e serem altamente transmissíveis pelos bulbilhos utilizados como sementes (Mituti et al., 2015, Marodinet al., 2019, Godena et al., 2020, Altieri et al., 2022, Mansourie, Ryšánek, 2021 & Shemesh-Mayer et al., 2022). Diversas espécies de vírus infectando o alho têm sido identificadas nos últimos tempos, sendo as dos gêneros *Potyvirus*, *Carlavirus* e *Allexivirus* as mais comuns em todo o mundo (Ayed et al., 2022, Cremer et al., 2021, Oliveira et al., 2014 & Roylawar et al., 2021).

A disseminação dessas viroses no campo é favorecida pela inexistência de controle curativo e a ineficiência do controle preventivo, devido ao modo de replicação e da transmissão dos fitovírus que, além de ocorrer através de bulbilhos-semente infectados também ocorre por meio de vetores, principalmente por *Myzuspersicae* Sulz (Hemiptera: Aphididae), *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) e *Aceria tulipae* (Acariformes: Eriophyoidea) no campo e na fase de armazenamento. Assim sendo, medidas de caráter preventivo e qualquer tratamento que possa melhorar o desempenho da planta infectada no campo seriam de extrema importância para impedir ou diminuir perdas na produção.

A Piraclostrobina é uma estrobilurina que tem sido utilizada para mitigar os danos provocados por estresses bióticos e abióticos, devido ao seu efeito benéfico na produtividade de plantas como soja, feijão, tomate, trigo e milho, dentre outras (Fagan et al., 2010, Mahoney et al., 2015, Dal Cortivo et al., 2017, Schumacher et al., 2017, Liang et al. 2018 & Sulewska et al., 2019). Nas plantas, são capazes de inibir a cadeia de transporte de elétrons e aumentar o nível de espécies reativas de oxigênio (ROS) dentro da mitocôndria. Acredita-se que isto induziria um aumento na expressão de genes nucleares de defesa ainda desconhecidos, resultando na inibição do movimento e da replicação viral (Fagan et al., 2010).

Comercialmente a piraclostrobina está disponível no mercado em 24 produtos registrados para a cultura do alho. Entretanto, na região do Alto Paranaíba no estado de Minas Gerais os produtores de alhos utilizam na forma conjugada como Cabrio® Top (Piraclostrobina e Metiram) e como Orkestra® SC (Piraclostrobina e Fluxapiraxade), todos registrados para o controle de Mancha-púrpura (*Alternaria porri*) e Ferrugem (*Puccinia allii*) na cultura do alho (BASF, 2022a, 2022b).

Neste trabalho foi investigado o efeito da piraclostrobina associada à fluxapiraxade e da piraclostrobina associada à metiram na produção e produtividade de plantas de alho com infecções virais, quando aplicado em diversas concentrações no tratamento de sementes, no solo e via foliar. Além disso, foi realizado a diagnose de vírus por técnicas moleculares a nível de gênero e de espécie.

Material e métodos

Local do experimento e tratamentos empregados

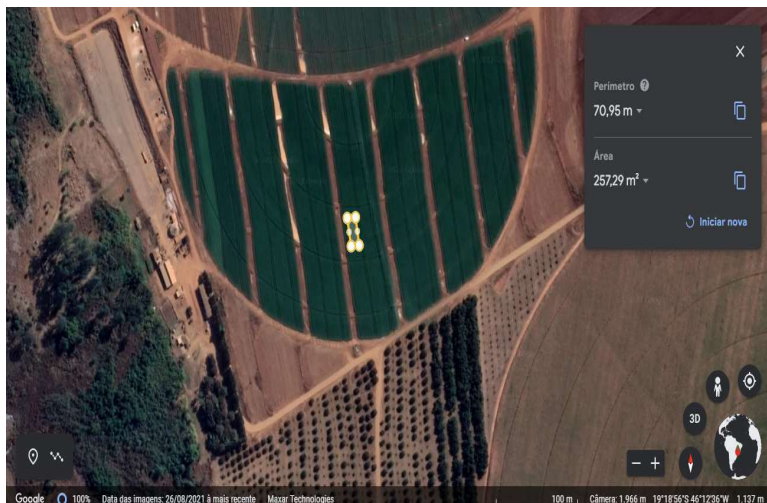
O ensaio foi conduzido na zona rural do município Rio Paranaíba - MG (19°18'47.7"S 46°12'49.7"W) (Figura 1) e no laboratório de Virologia Molecular localizado no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras [UFLA]. Segundo a classificação climática de Köppen, a região é classificada como "Aw", que indica clima tropical, quente em todas as estações do ano e com inverno seco.

Os tratamentos empregados foram compostos por dois fungicidas, Orkestra®SC

(piraclostrobina + fluxapiraxade) e Cabrio® Top (piraclostrobina e metiram). Estes fungicidas foram aplicados via i) foliar, ii) incorporação nos primeiros 5 cm do solo e iii) submersão em

solução dos bulbilhos-sementes por 2 h. Além disso, diferentes doses foram utilizadas para cada via de aplicação que são descritos na Tabela 1.

Figura 1 - Vista aérea da área experimental.



Fonte: do autor

Delineamento experimental, tratamentos culturais e colheita

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, empregando-se 400 bulbilhos por parcela, sendo que a parcela útil foi de 32 plantas com quatro repetições. O manejo de plantas daninhas foi feito antes do plantio, com a aplicação de herbicidas pré-emergente e controle manual após o plantio, conforme a necessidade da área. O plantio foi realizado a uma profundidade de 5 cm, com espaçamento de 12 cm entre linhas e 9 cm entre plantas, em solo arado e gradeado, com irrigação via sistema de pivô central. A adubação foi realizada seguindo o padrão do produtor e foi dividida em duas fases, sendo que a primeira fase abrangeu desde o pré-plantio até o início da diferenciação, e a segunda fase abrangeu o restante do ciclo da cultura até a colheita.

A colheita manual foi realizada quando 2/3 da parte aérea das plantas estavam amareladas, caracterizando a maturação do bulbo. Em seguida, as plantas foram submetidas ao processo de "cura" até que as ramas adquirissem aparência bem seca, cor amarelo-palha, diâmetro do colo reduzido e a película externa do bulbo se soltasse com facilidade.

As características avaliadas foram: peso (g) do bulbo, diâmetro (mm) do bulbo e número de bulbilhos das 32 plantas de cada parcela, totalizando 128 plantas por tratamento. Os dados obtidos foram analisados no software estatístico Rstudio (R CORE Team, 2022), no qual foram avaliados os pressupostos da ANOVA, seguido para comparação de médias pelo teste de Skott-Knott.

Diagnose dos vírus presentes nas sementes Extração do RNA e RT-PCR

A extração do RNA total das plantas para a identificação das espécies virais presentes foi feita a partir de bulbilhos infectados, utilizando-se o método por Trizol da ArabidopsisFunctionalGenomics Consortium (AFGC protocols, 2001). Após a extração, a qualidade e integridade do RNA extraído foi avaliada por eletroforese em gel de agarose 0,7% contrastado com *Gel Red* (Biotium®). A síntese da fita complementar do RNA viral foi realizada empregando-se a enzima M-MLV Reverse Transcriptase (Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, MO, EUA), seguindo as instruções do fabricante. A reação final foi montada para um volume total de 20 µL, sendo: uma etapa inicial com 1 µL do RNA total (500 ng/µL), 1 µL de hexâmeros

aleatórios (10 mM), 1 µL de NTPs (10 mM), 7 µL água ultrapura com DEPC, seguido de incubação por 10 minutos a 70 °C e transferida imediatamente para um recipiente com gelo. Na

última etapa foram adicionados 2 µL do tampão da enzima (10X), 1 µL da enzima MMLV e 7 µL de água ultrapura, seguido por incubação por 50 minutos a 37 °C e 10 min a 85 °C.

Tabela 1 - Descrição de cada tratamento empregados no experimento.

Tratamento	Via de aplicação	Composição do Produto	Produto Comercial	Dose	Esquema de aplicação
1					
2	TBS	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	0,075mL/L	Pré-plantio
3	TBS	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	0,1 mL/L	Pré-plantio
4	TBS + APF	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	TBS: 0,1 mL/L; APF 0,35 L/ha	Pré-plantio
5	ICS	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	0,75 L/ha	Pré-plantio
6	ICS	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	1 L/ha	Pré-plantio
7	APF	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	0,35 L/ha	15, 30, 45 e 60 (DAE)
8	ICS + APF	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	ICS: 0,75 L/ha; APF: 0,35 L/ha	Pré-plantio; 15, 30, 45 e 60 (DAE)
9	ICS + APF	fluxapiraxade + piraclostrobina	Orkestra® SC	ICS: 1 L/ha; APF: 0,35 L/ha	Pré-plantio; 15, 30, 45 e 60 (DAE)
10	ICS	metiram + piraclostrobina	Cabrio® Top	5 Kg/ha	Pré-plantio
11	ICS	metiram + piraclostrobina	Cabrio® Top	7,5 Kg/ha	Pré-plantio
12	APF	metiram + piraclostrobina	Cabrio® Top	3 Kg/ha	15, 30, 45 e 60 (DAE)
13	ICS + APF	metiram + piraclostrobina	Cabrio® Top	ICS: 5 Kg/ha; APF 3 Kg/ha	Pré-plantio; 15, 30, 45 e 60 (DAE)
14	ICS + APF	metiram + piraclostrobina	Cabrio® Top	ICS: 7,5 Kg/ha; APF: 3 Kg/ha	Pré-plantio; 15, 30, 45 e 60 (DAE)
15	ICS + APF	metiram + piraclostrobina	Cabrio® Top	ICS: 5 Kg/ha; APF: 3 Kg/ha	Pré-plantio; 30 e 60 (DAE)

Legenda: TBS: tratamento de bulbilho-semente; ICS: incorporação ao solo; APF: aplicação via foliar; DAE: dias após a emergência.

A amplificação do cDNA por PCR foi realizada inicialmente para cada um dos gêneros (*Potyvirus*, *Carlavirus* e *Allexivirus*), seguido para o diagnóstico a nível de espécie de vírus

(*Potyvirus*: onion yellow dwarf virus (OYDV), leek yellow stripe virus (LYSV); *Carlavirus*: garlic common latent virus (GCLV) e shallot latent virus (SLV), e *Allexivirus*: garlic virus A (GarV-A),

garlicvirusB (GarV-B), garlicvirus C (GarV-C), garlicvirus D (GarV-D), garlic mite-borne filamentousvirus(GarMbFV)), empregando-se os primers descrito na Tabela 2. A reação de PCR foi conduzida para um volume total de 25 µL consistindo em 5 U Taq High Fidelity Pol (CellcoBiotec do Brasil Ltda, São Carlos, SP, BRA), 2,5 µL de 10X do tampão da enzimaTaq DNA polimerase (CellcoBiotec do Brasil Ltda, São Carlos, SP, BRA), 1 µL de dNTPs (10 mM), 1 µL do *primer forward* e 1 µL do *primer reverse* (10 mM), 1 µL do cDNA obtido na etapa anterior e água ultrapura adicionados para completar o

volume da reação. A amplificação foi realizada fazendo-se a desnaturação inicial a 94 °C por 3 minutos seguida de 35 ciclos, sendo: 94 °C por 45 segundos, temperatura de anelamento do par de *primers* específico para cada vírus por 30 segundos (Tabela 2), 72 °C por 1 minuto, e uma extensão final a 72 °C por 10 minutos. Para análise dos resultados, o produto da PCR foi analisado em gel de agarose 0,7% contrastado com *Gel RedNucleic Acid Gel Stain*(Biotium®) e observado no fotodocumentadorMiniBis Pro (DNR Bio-Imaging Systems®).

Tabela 2 - Sequência dos primers empregados para diagnose dos vírus presentes no alho.

Vírus	Sequência do Primer (5'- 3')	Temp. de Anelamento (°C)	Tamanho da banda (pb)	Referência
<i>Potyvirus</i>	GTITGYGTIGAYGAYTTYAAAYAA TCIACIACIGTIGAIGGYTGNCC	45	350	ZHENG et al., 2008
<i>Allexivirus</i>	CTACCACAAYGGNTCVTC CACNGCGTTRAAGAARTC	48	240	OLIVEIRA et al., 2014
<i>Carlavirus</i>	GGNTKKGAAWCTGGGAGDCC CATKTMATTCCAAACAACNGGYGC	55	362	MITUTI et al., 2015
LYSV	GAAGTAGATGCAGGGACAC GCCGTCTAATCCAAACAGC	57,9	767	PARK et al.,2005
OYDV	AAGGATAAAGACGTTGATG CGTGTGTTGGTTCTTGTTA	50	692	PARK et al.,2005
GarV-A	CCCAAGCTTACTGGAAGGGTGAATTAGAT CCCAAGCTTAGGATATTAAGTCTTGAGG	53	816	MELO et al., 2004
GarV-B	GCAGAATAARCCCCCYTC RAAGGGTTTTATTCTGTTG	50	439	OLIVEIRA et al., 2014
GarV-C	CCCAAGCTTCATCTACAACAACAAAGGCG CCCAAGCTTATAAGGGTGCATGATTGTGG	53	864	MELO et al., 2004
GarV-D	CCAAGCTTAAGCAAGTGAAGAGTGTAAG CCAAGCTTTTTGGAAGAGGAGGTTGAGA	53	842	MELO et al., 2004
GarV-X	GATCGGAACCAAGGAATAA GAGTGGAACCATATTCGAG	52,1	660	PARK et al., 2005
GARMB-FV	ATGTCAGGTTCCACAAGT TCAGAACGTAATCATGGGA	50,6	357	PARK et al., 2005
SLV	AATGATGTTGGNGTBATGG CATKTMATTCCAAACAACNGGYGC	52	485	MITUTI et al., 2015
GCLV	AGAGCTMGRGAGGATGCTGC CATKTMATTCCAAACAACNGGYGC	56	551	MITUTI et al., 2015

Resultados e discussão

Todos as plantas submetidas aos diversos tratamentos apresentaram sintomas de infecção viral e a análise de RT-PCR revelou a presença de infecções mistas causadas pelas espécies garlic common latente virus (GCLV) e shallot latente

virus (SLV) do gênero *Carlavirus*, e as espécies leek yellow stripe virus (LYSV) e onion yellow dwarf virus (OYDV) do gênero *Potyvirus*.

Infecções simples e mistas de alho com espécies pertencentes a um dos gêneros

Carlavirus, *Allexivirus* e *Potyvirus* têm sido encontrados em lavouras de alho em todo o mundo (Taglientiet al., 2018, Ayed, 2021, Cremer et al., 2021, Altieri et al., 2022 & Prajapati et al., 2022). Da mesma forma no Brasil, desde que se iniciou o cultivo do alho, as infecções viróticas têm sido frequentes e constituem a principal causa da degenerescência dos bulbilhos empregados como sementes (Bessa et al., 2021, Mituti et al., 2015 & Oliveira et al., 2014). O fato de o alho ser propagado vegetativamente e de os vírus possuírem vetores eficientes na natureza, constituem fatores preponderantes para acelerar esta degenerescência, já que a aplicação de inseticidas não garante que o vetor morreu antes de transmitir a vírus para a planta (Mituti et al., 2015). A dificuldade de se obter sementes livres de vírus ressalta a necessidade de se encontrar medidas paliativas para permitir a convivência com as viroses do alho, sem que as perdas inviabilizem a cultura.

Os resultados obtidos após a aplicação dos diversos tratamentos se encontram discriminados na Tabela 3. Para os parâmetros peso e diâmetro houve diferença estatística ao nível de 5% de significância e para o número de bulbilhos não houve diferença estatística. Os tratamentos 2 (Orkestra® SC via bulbilho-semente com dose 0,075 mL/L) e 8 (Orkestra® SC via incorporação no solo na dose de 0,75 mL/ha combinado com aplicação foliar na dose de 0,35 mL/ha) induziram maiores pesos e número de bulbilhos, com cerca de 69 gramas e 12 bulbilhos, enquanto que os tratamentos 3 (Orkestra® SC via bulbilho-semente com dose 0,1 mL/L) e 4 (Orkestra® SC via bulbilho-semente com dose de 0,1 mL/L combinado com aplicação foliar na dose de 0,35 mL/ha), induziram os menores números que resultaram em perdas no peso de -3,5% e -3,2%, respectivamente. Quando foram empregados tratamentos apenas com o Cabrio® Top, indicam que o método de aplicação e a quantidade de aplicações via foliar do produto resultaram nos maiores e nos menores parâmetros analisados neste trabalho. O maior ganho foi observado quando se utilizou o Cabrio® Top nos tratamentos 11 (Cabrio® Top via incorporação no solo com 7,5 Kg/ha) e 13 (Cabrio® Top via incorporação no solo com 5 Kg/ha e aplicação foliar com dose 3 Kg/há aos 15, 30, 45 e 60 DAE) para peso, diâmetro e número de bulbilhos, com ganhos de +4,4%, +1,9% e +7,0%, respectivamente, enquanto que os menores valores foram obtidos

no tratamento 15 (Cabrio® Top via incorporação no solo com 5 Kg/ha e aplicação foliar com dose 3 Kg/ha aos 30 e 60 DAE) gerando perdas no peso (-3,2%) e no diâmetro (-2,4%). Oito tratamentos induziram uma diminuição no número de bulbilhos, coincidindo com uma diminuição no peso: 2, 6, 7, 8, 9, 10, 12 e 14 (descritos na Tabela 1).

No campo as plantas tratadas em geral apresentaram um aspecto mais viçoso, com um maior número e tamanho de folhas, em relação às plantas controle (dados não mostrados), entretanto isso não se manifestou na sua produção. Enquanto alguns pesquisadores que empregaram produtos à base de piraclostrobina relataram ganhos positivos na planta, outros observaram que nenhum efeito sobre a planta pode ser registrado. Vilela et al. (2012), investigando a ação da piraclostrobina em híbridos de milho não detectaram nenhum incremento na produção e no peso de mil grãos. Marafon e Simonetti (2012) e Vilela et al., (2012) analisaram características biométricas do milho e observaram que a altura de plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo não sofreram alterações positivas ou negativas devido a aplicação de piraclostrobina.

Por outro lado, Fagan et al. (2010) verificaram que a aplicação de piraclostrobina em plantas de soja alterou a taxa de assimilação de carbono e de nitrogênio, o que levou a um acréscimo de 7% e 8% na massa de mil grãos e de 1080 e 468 kg ha⁻¹ na produtividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Jadoski et al. (2015), que observaram que a piraclostrobina alterou positivamente mecanismos antioxidativos e carboxilativos e também aumentou a produtividade de grãos no feijoeiro.

Uma diminuição na produção foi também relatada por Paul et al. (2011), que registraram elevada ocorrência de resultados negativos no rendimento, ou seja, menores produtividades em área tratadas com fungicida em relação às áreas não tratadas. Essa discrepância encontrada nos resultados de produção de plantas tratadas com produtos à base de piraclostrobina pode estar possivelmente relacionada com o teor de nitrogênio no solo, condições ambientais, etc. Freitas Groffet al. (2020) submetem plantas de trigo a doses crescentes de nitrogênio e observaram que o aumento de massa fresca e seca da planta só foi observado quando as

plantas foram submetidas a aplicação de piraclostrobina.

Shetley et al. (2015) chamaram a atenção para o fato de que no milho e em muitas outras plantas as respostas fisiológicas à piraclostrobina incluem aumentos nos processos que requerem nutrientes. Eles testaram 13 diferentes adubos foliares em milho, na presença e ausência de tratamento com piraclostrobina e em três locais com condições edafoclimáticas diferentes:

Novelty, Portageville e Albany. Eles observaram que apenas um dos 13 fertilizantes foliares empregados aumentou em 10% o rendimento dos grãos em Novelty e Portageville mas não causou nenhum efeito em Albany, em comparação com os controles não tratados com piraclostrobina. Isso mostrou a interação entre a adubação e as condições ambientais, que provavelmente deve estar associada à diferença de resultados encontrados por diversos autores.

Tabela 3 - Efeito dos tratamentos utilizados no peso, diâmetro e número de bulbilhos.

TRATAMENTO	PESO (g)*	% Ganho (+) % Perda (-)	DIÂMETRO (mm)*	% Ganho (+) % Perda (-)	Nº DE BULBILHOS ^{ns}	% Ganho (+) % Perda (-)
1	68,85b		57,06b		11,76	
2	69,17b	+0,5%	57,21a	-0,2%	11,90	+1,2%
3	66,42c	-3,5%	56,14b	-1,6%	11,74	-0,2%
4	66,65c	-3,2%	55,66c	-2,4%	11,76	
5	68,00b	-1,2%	56,61b	-0,8%	11,63	-1,1%
6	68,44b	-0,6%	56,82b	-0,4%	12,00	+2,0%
7	67,65b	-1,7%	56,62b	-0,8%	11,59	-1,4%
8	68,92b	+0,1%	56,93b	-0,2%	12,20	+3,7%
9	66,76c	-3,0%	55,16c	-3,3%	11,80	+0,3%
10	67,59b	-1,8%	55,75c	-2,3%	11,72	-0,3%
11	71,89a	+4,4%	57,64a	+1,0%	12,58	+7,0%
12	67,75b	-1,6%	56,36b	-1,2%	11,79	-0,2%
13	71,02a	+3,1%	58,15a	+1,9%	12,56	+6,8%
14	66,02c	-4,1%	56,21b	-1,5%	12,12	+3,0%
15	61,83d	-10,2%	53,93d	-2,0%	11,03	-6,2%
CV	2,72 %		1,29 %		4,20 %	

*diferença entre as médias ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott; ^{ns} não houve diferença.

Além disso, a infecção viral modifica processos vitais da planta como armazenamento de reservas, desenvolvimento de novos tecidos, absorção e transporte de água e minerais pelos vasos condutores, a fotossíntese e o uso de fotoassimilados (Taiz et al., 2021). Estas

alterações certamente contribuem para a diminuição na produção de alho. É possível que a piraclostrobina não tenha contribuído com efeitos significativos sobre as variáveis analisadas devido à alta incidência de viroses de modo que, para apresentar um resultado mais expressivo, haveria

a necessidade de um teor de adubação nitrogenada mais elevado e uma menor incidência e concentração de vírus nos bulbilhos-semente.

Assim, foi possível observar que os tratamentos T11 e T3 (Tabela 3) apresentaram uma média de peso de bulbos 4,4% e 3,1%, respectivamente maior com a aplicação de Cabrio® Top incorporado ao solo e aplicação foliar. Considerando que a média nacional de produção de alho está em torno de 13,62 ton/ha, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB] (2023), esses tratamentos poderiam proporcionar um incremento de 864 e 756 kg/ha, ou seja, 86 e 75 caixas de 10 kg. Em agosto/2023 o alho foi comercializado pelo produtor por R\$ 146,09/caixa no estado de Minas Gerais [CONAB](2023).

Conclusões

Os tratamentos com piraclostrobina associada à fluxapiraxade e piraclostrobina associada à metiram, em diversas concentrações, vias de aplicação e estádios de desenvolvimento induziram diferença estatística significativa nas variáveis analisadas em plantas de alho infectadas com 4 espécies de vírus. Porém, o uso da piraclostrobina associada à metiram via incorporação ao solo incrementaram ganhos de 4,4% da produção de alho.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES]; à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais [FAPEMIG]; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq], e à BASF, na pessoa do Maurício Pereira de Souza, pelo suporte financeiro. Agradecemos também à Associação Mineira dos Produtores de Alho [AMIP] e à Cooperativa de Agronegócios do Cerrado Brasileiro Ltda. [COOPACER], na pessoa do Gustavo Freitas, pelo apoio técnico e logístico.

Referências

Arabidopsis Functional Genomics Consortium. (2021). *DNA microarray protocols 2021*.

Recuperado em 16 janeiro, 2022 de: <https://www.arabidopsis.org/download/file?path=Protocols%2FAFGCProtocols-Aug2001.pdf>.

Altieri, L., et al. (2022). Garlic (*Allium* spp.) viruses: detection, distribution and remediation attempts in a European garlic collection. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50 (3), 12779-12779. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha50312779>

Ayed, C., et al. (2022). First Report of Garlic virus A, Garlic virus B, and Garlic virus C on Garlic (*Allium sativum*) in Tunisia. *Plant Disease*, 106 (4), 1312. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-21-1706-PDN>

BASF Agricultural Solutions. (2022a). Cabrio®Top: fungicida para hortifrúti. Recuperado em 16 janeiro, 2022 de: <https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/cabrio-top.html>.

BASF Agricultural Solutions. (2022b). Orkestra®SC: fungicida multicultural. Recuperado em 16 janeiro, 2022 de <https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/orkestra-sc/bula-orkestrasc.html>.

Bessa, A., et al. (2021). Degenerescence of virus-free garlic cultivars in altitude conditions in the Semiarid region of the Northeast of Brazil. *Horticultura Brasileira*, 39 (2), 236-2240. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-0536-20210216>

Companhia Nacional de Abastecimento. (2023). Análise Mensal: Alho, Agosto. Recuperado em 20 dezembro de 2023, de: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho>.

Cremer, J., et al. (2021). Detection and distribution of viruses infecting garlic crops in Australia. *Plants*, 10 (5), 1013. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10051013>

Dal Cortivo, C., et al.(2017). Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize

- seedlings. *Frontiers in plant science*, 8, 2072. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02072>
- Fagan, E. B., et al.(2010). Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. *Bragantia*, 69 (4), 771-777. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400001>
- Godena, S., et al.(2020). Incidence of viruses in cloves and bulbils of garlic ecotypes in Croatia. *Acta Scientiarum polonorum hortorum cultus*, 19 (5), 91-100. DOI: <https://doi.org/10.24326/asphc.2020.5.10>
- Freitas Groff, V. L., et al.(2020). Influência do teor de nitrogênio no efeito verde causado por piraclostrobina em plantas de trigo. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 13 (1). DOI: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V13.e5964>
- Foundation for Statistical Computing. (2022). R Core Team: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: Foundation for Statistical Computing. URL <https://www.R-project.org/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). Produção de Alho. Recuperado em 20 setembro, 2024 de: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alho/br>.
- Jadoski Jr., C., et al.(2015). Ação fisiológica da piraclostrobina na assimilação de CO₂ e enzimas antioxidantes em plantas de feijão condicionado em diferentes tensões de água no solo. *Irriga*, 20 (2), 319-333.
- Liang, S., Xu, X., & Lu, Z. (2018). Effect of azoxystrobin fungicide on the physiological and biochemical indices and ginsenoside contents of ginseng leaves. *Journal of Ginseng Research*, 42 (2), 175-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2017.02.004>
- Mahoney, K. J., Vyn, R. J., & Gillard, C. L. (2015). The effect of pyraclostrobin on soybean plant health, yield, and profitability in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, 95 (2), 285-292. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-125>
- Mansouri, F., & Ryšánek, P. (2021). Allexivirus: review and perspectives. *Phytopathologia Mediterranea*, 60 (3), 389-402. DOI: <https://doi.org/10.36253/phyto-12043>
- Marafon, C. A., & Simonetti, A. P. M. M. (2012). Avaliação de parâmetros produtivos e severidade de ferrugem na cultura do milho. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 1, 221-238. DOI: <https://doi.org/10.5380/RBER.V11i1.33756>
- Marodin, J. C., et al.(2019). Agronomic performance of both virus-infected and virus-free garlic with different seed bulbs and clove sizes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, e01448. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01448>
- Melo Filho, P. D. A., et al.(2004). Detection of three Allexivirus species infecting garlic in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (8), 735-740. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800002>
- Mituti, T., et al. (2015). Survey of viruses belonging to different genera and species in noble garlic in Brazil. *Scientia Agricola*, 72 (3), 278-281. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0168>
- Oliveira, M. L., et al. (2014). Identification and sequence analysis of five allexiviruses species infecting garlic crops in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 39 (6), 483-489. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762014000600011>
- Park, K. S. et al. (2005). RT-PCR-based detection of six garlic viruses and their phylogenetic relationships. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 15(5), 1110-1114.
- Paul, P. A., et al. (2011). Meta-analysis of yield response of hybrid field corn to foliar fungicides in the US Corn Belt. *Ecology and Epidemiology*, 101 (9), 1122-1132. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-11-0091>
- Prajapati, M. R., et al. (2022). Identification and characterization of a garlic virus E genome in garlic (*Allium sativum* L.) using high-throughput sequencing from India. *Plants*, 11 (2), 224. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11020224>

Roylawar, P. B., et al. (2021). First report of garlic virus B infecting garlic in India. *Plant Disease*, 105 (4), 1232-1232. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0156-PDN>

Schumacher, P. V., et al. (2017). Resposta de híbridos de milho ao uso de piraclostrobina na ausência de doenças. *Arquivos do Instituto Biológico*, 84, e0362015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000362015>

Shemesh-Mayer, E., et al. (2022). Garlic Potyviruses are translocated to the true seeds through the vegetative and reproductive systems of the mother plant. *Viruses*, 14 (10), 2092. <https://www.mdpi.com/1999-4915/14/10/2092>

Shetley, J., et al. (2015). Corn yield response to pyraclostrobin with foliar fertilizers. *Journal of Agricultural Science*, 7 (7), 18. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v7n7p18>

Sulewska, H., et al. (2019). Can pyraclostrobin and epoxiconazole protect conventional and stay-green maize varieties grown under drought stress? *PLoS one*, 14(8), e0221116. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221116>

Taiz, L., et al. (2021). *Fundamentos de Fisiologia Vegetal* (6 ed.). Porto Alegre – RS: Artmed Editora.

Taglienti, A., et al. (2018). Molecular identification of allelixiviruses in a complex mixture of garlic viruses in Latium (central Italy). *European Journal of Plant Pathology*, 150, 797-801. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1315-5>

Vilela, R. G., et al. (2012). Desempenho agrônomo de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. *Bioscience Journal*, 28 (1), 25-33. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11672/8229>

Zheng, L., et al. (2008). Accumulating variation at conserved sites in potyvirus genomes is driven by species discovery and affects degenerate primer design. *PLoS One*, 3 (2), e1586. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001586>

Aceito em: 19/09/2024
Publicado em: 09/10/2024