

# Control of wilt disease caused by *Fusarium* sp. in the cultivation of stocks (*Matthiola incana*)

## Controle da murcha causada por *Fusarium* sp. no cultivo de alelí (*Matthiola incana*)

Eliana Granja Guerra\*<sup>1</sup>; Neptalí Nolberto Noboa Andino<sup>2</sup>; Richard Alcides Molina Álvarez<sup>3</sup>; Alex Mauricio Albán Santana<sup>2</sup>; Marlon Brainer Caicedo Villafuerte<sup>4</sup>; Néstor Santiago Luzón Toscano<sup>5</sup>

**Abstract:** In greenhouse cultivation of stock (*Matthiola incana*), the main causative agent of its death is the fungus *Fusarium* sp., especially in the early phenological stages, resulting in significant losses during the first four weeks of cultivation. Therefore, the objective of this study was to evaluate phytosanitary control techniques (chemical, biological, and antibiotics) to reduce *Fusarium* sp. infection in stock (*Matthiola incana*) cultivation. The experiment was conducted in a randomized block design with five treatments (control; chemical products; biological products, antibiotics, and product combinations) and three replications. The chemical active ingredients used were aluminum phosphite, iprodione, captan, and Hymexazol. Biological solutions included *Trichoderma* sp. and *Bacillus subtilis*, while antibiotics used were Weed Pirocontrole, Kasugamicin, Polioxin B, Azoxystrobin, and Kresoxym methyl. Additionally, product combinations were evaluated, such as Fosetyl aluminum, *Bacillus subtilis*, Polioxin B, Hymexazol, and Azoxystrobin. Control efficacy was measured based on the severity of fungal growth in culture, while mortality represented the loss rate at the end of the experiment. The combined treatment of techniques was superior, with a mortality rate of 13.77%, compared to the 63.00% recorded in the absolute control group. These results underscore the importance of an integrated approach to *Fusarium* sp. control in stock cultivation, emphasizing the effectiveness of combining different phytosanitary techniques to minimize losses and promote successful production.

**Key words:** *Matthiola incana*. Stocks. *Bacillus Subtilis*. *Trichoderma* sp. Severity.

**Resumo:** No cultivo em casa de vegetação de alelí (*Matthiola incana*), o principal agente causador da sua morte é o fungo *Fusarium* sp., principalmente nos estágios fenológicos iniciais, causando sérias perdas durante as primeiras quatro semanas de cultivo. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar técnicas de controle fitossanitário (químicos, biológicos e antibióticos) para reduzir a infecção causada por *Fusarium* sp. no cultivo de Alelí (*Matthiola incana*). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos (controle; produtos químicos; produtos biológicos, antibióticos e combinação de produtos) e três repetições. Os princípios ativos químicos utilizados foram o alumínio fosetil, iprodiona, captan e Hymexasol. As soluções biológicas incluíram *Trichoderma* sp. e *Bacillus subtilis*, enquanto os antibióticos usados foram Pirocontrole de plantas daninhas, Kasugamicina, Polioxina B, Azoxistrobina e Kresoxym methyl. Além disso, avaliou-se a combinação de produtos, como Fosetyl alumínio, *Bacillus subtilis*, Polioxina B, Hymexasol e Azoxistrobina. A eficácia do controle foi medida com base no grau de severidade do fungo em cultura, enquanto a mortalidade representou a taxa de perdas ao final do experimento. O tratamento combinado das técnicas foi superior, com taxa de mortalidade de 13,77%, em comparação com 63,00% registrados no grupo de controle absoluto. Esses resultados destacam a importância da abordagem integrada para o controle de *Fusarium* sp. no cultivo de alelí, enfatizando a eficácia da combinação de diferentes técnicas fitossanitárias para minimizar as perdas e promover o sucesso da produção.

**Palavras-chave:** *Matthiola incana*. Alelí. *Bacillus Subtilis*. *Trichoderma* sp. Severidade.

\*Corresponding author

<sup>1</sup> Magister en Agricultura Sostenible. Universidad Técnica de Cotopaxi. E-mail: [eliana.granja@utc.edu.ec](mailto:eliana.granja@utc.edu.ec)

<sup>2</sup> Magister en Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura y Ganadería; Gemmolles S.A. E-mail: [nnoboestrategiah@gmail.com](mailto:nnoboestrategiah@gmail.com); [am\\_alban@hotmail.com](mailto:am_alban@hotmail.com)

<sup>3</sup> Magister en Agronomía/ Fitotecnia. Universidade Federal de Lavras. E-mail: [richard.molina@ufr.br](mailto:richard.molina@ufr.br)

<sup>4</sup> Doctor en Ciencias Agrícolas y Medioambientales. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. E-mail: [marlon.caicedo@iniap.gob.ec](mailto:marlon.caicedo@iniap.gob.ec)

<sup>5</sup> Magister en Economía Agrícola y Desarrollo Sostenible. Universidad Técnica de Cotopaxi; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. E-mail: [nestor.luzontoscano@fao.org](mailto:nestor.luzontoscano@fao.org)

## INTRODUCTION

Flower exports in Ecuador represent revenue of approximately 83 million dollars. The main flowers exported to the main international markets are mainly roses, with 10,991 tons and others known as “summer flowers”, with 1,635 tons. Within this last group, the stock *Matthiola incana* (L.) W.T. Aiton represents 12% of total exports (EXPOFLORES, 2023).

Considering Ecuador’s historical agricultural potential, as indicated by the chronological analysis proposed by Fernandez (2020), we can see a promising technological advance in flower production as an economic alternative. However, economic losses caused by fungi is a factor to be considered.

Infection with *Fusarium* sp. it is called fusariosis (ALABOUVETTE *et al.*, 1993), a phytopathological disease that causes severe damage over time. This damage has been driving research into its control conventionally or through management practices, in addition to promising studies of biological control in several species cultivated by man (GOMES FILHO *et al.*, 2020).

Due to the attack by *Fusarium* sp., losses of stock plants increase, making the crop more susceptible to these infections. As these pathogens prevail, they become more resistant to the technological control (O’NEILL *et al.*, 2004). Globally, these fungi represent more than 15% of total sales losses each year, which is economically significant (PAIVA *et al.*, 2022).

Knowledge of the epidemiology of the disease, as well as control alternatives, has been of great importance. This allowed access to available technological resources to improve the quality of crops, regenerate fields for sustainability and take advantage of strategic opportunities to benefit the country and increase the quality of life. Alternatives for controlling *Fusarium* sp. in the cultivation of stock (*Matthiola incana*) under greenhouse conditions were obtained by Grigoletti Júnior (1993).

Due to the potential for diseases caused by *Fusarium* sp., there is a significant threat to stock cultivation, leading to the development of plant wilt and death. Although chemical control is common, it is expensive and has harmful impacts on the environment, as verified in studies (GARCÍA-JARAMILLO *et al.*, 2022).

## INTRODUÇÃO

As exportações de flores no Equador representam uma receita de, aproximadamente, 83 milhões de dólares. As flores exportadas para os mercados internacionais mais importantes são, principalmente, rosas, com 10.991 toneladas, e outras conhecidas como “flores de verão”, com 1.635 toneladas. Dentro deste último grupo, o alelí *Matthiola incana* (L.) W.T. Aiton representa 12% do total das exportações (EXPOFLORES, 2023).

Considerando o potencial agrícola histórico do Equador, conforme indicado pela análise cronológica proposta por Fernandez (2020), vislumbra-se um avanço tecnológico promissor na produção de flores como alternativa econômica. No entanto, perdas econômicas causadas por fungos é um fator a ser considerado.

A infecção por *Fusarium* sp. é chamada de fusariose (ALABOUVETTE *et al.*, 1993), doença fitopatológica que causa danos severos ao longo do tempo. Esses danos vem impulsinando as pesquisas pelo seu controle de modo convencional ou por meio de práticas de manejo, além de estudos promissores de controle biológico em várias espécies cultivadas pelo homem (GOMES FILHO *et al.*, 2020).

Devido ao ataque de *Fusarium* sp., as perdas de plantas de Alelí aumentam, tornando o cultivo mais suscetível a essas infecções. À medida que esses patógenos prevalecem, tornam-se mais resistentes aos controles tecnológicos disponíveis para combatê-los (O’NEILL *et al.*, 2004). Globalmente, esses fungos representam mais de 15% das perdas totais de vendas a cada ano, o que é economicamente significativo (PAIVA *et al.*, 2022).

O conhecimento da epidemiologia da doença, bem como as alternativas de controle, tem sido de grande importância. Isso permitiu o acesso aos recursos tecnológicos disponíveis para melhorar a qualidade das colheitas, regenerar os campos para a sustentabilidade e aproveitar oportunidades estratégicas em benefício do país e do aumento da qualidade de vida. Alternativas para o controle de *Fusarium* sp. no cultivo de Alelí (*Matthiola incana*) em condições de estufa foram obtidas por Grigoletti Júnior (1993).

Devido ao potencial de doenças causadas pelo *Fusarium* sp., existe uma ameaça significativa para o cultivo de alelí, levando ao desenvolvimento de murcha e morte das plantas. Embora o controle químico seja comum, ele é dispendioso e tem impactos prejudiciais no ambiente (GARCÍA-JARAMILLO *et al.*, 2022).

The search for sustainable methods in agriculture drives studies such as biological control and the use of agrochemical molecules. Recent research focused on *Matthiola incana* production indicates promising preliminary results, suggesting that these approaches are more effective and eco-friendlier compared to traditional chemical control. This scientific direction aims to promote safer agricultural practices, reducing environmental impact and contributing to the sustainability of food production (ALBÁN S.; CAICEDO V., 2022).

The threats this disease poses are alarming. Banana cultivation could lead to a collapse in this sector, as it is a vascular infection that spreads easily and is extremely difficult, or even impossible, to control using traditional methods. Therefore, the development of alternatives for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 4 (FOC R4) is being accelerated as highlighted in the research carried out by Freddy Magdama (2019).

Within this context, the objective of this study was to evaluate various phytosanitary control techniques (chemical, biological and antibiotics) to reduce the infection caused by *Fusarium* sp. in the cultivation of stock (*Matthiola incana*).

## MATERIALS AND METHODS

### Study location

This study was carried out at the experimental center of the center for agricultural sciences and natural resources (CAREN) of the Technical University of Cotopaxi (UTC) and at the company Florícola Gemmolles S.A., located at coordinates X: 0772033; Y: 9904020, during the January to August 2021, complementary studies were carried out during January to May 2022. Under controlled conditions in the laboratory and in a greenhouse and field conditions, under the characteristics of an average luminosity of 100 W m<sup>-2</sup>; Average annual precipitation of 500 to 1000 mm; Annual temperature: minimum of 8 °C and maximum of 23 °C; Relative humidity 60%; average soil pH 6.5; Organic Matter 0.08 to 0.21 kg m<sup>-3</sup>; Wind 40 to 60 km h<sup>-1</sup>; pH 8.0; Hardness < 40 ppm.

A busca por métodos sustentáveis na agricultura impulsiona estudos com controle biológico e emprego de moléculas agroquímicas. Pesquisas recentes focadas na produção de *Matthiola incana* indicam promissores resultados preliminares, sugerindo que essas abordagens são mais eficazes e ecoamigáveis em comparação ao controle químico tradicional. Essa direção científica visa promover práticas agrícolas mais seguras, diminuindo o impacto ambiental e contribuindo para a sustentabilidade da produção de alimentos (ALBÁN S.; CAICEDO V., 2022).

As ameaças representadas por essa doença são alarmantes. No cultivo da banana pode ocorrer um colapso nesse setor, uma vez que se trata de uma infecção vascular que se propaga facilmente e é extremamente difícil, ou até impossível, de controlar por métodos tradicionais. Portanto, o desenvolvimento de alternativas para o controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raça 4 (FOC R4) está sendo acelerado, conforme destacado na pesquisa realizada por Freddy Magdama (2019).

Dentro desse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar diversas técnicas de controle fitossanitário (químicos, biológicos e antibióticos) para reduzir a infecção causada por *Fusarium* sp. no cultivo de Alelí (*Matthiola incana*).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Local do estudo

Esse estudo foi realizado no Centro Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Recursos Naturais (CAREN) da Universidade Técnica de Cotopaxi (UTC) e na empresa Florícola Gemmolles S.A., localizada nas coordenadas X: 0772033; Y: 9904020, durante os meses de janeiro a agosto de 2021, estudos complementares foram realizados de janeiro a maio do ano 2022. Em condições controladas em laboratório e em casa de vegetação e condições de campo, sob as características de luminosidade média de 100 W m<sup>-2</sup>; Precipitação média anual de 500 a 1000 mm; Temperatura anual: mínima de 8 °C e máxima de 23 °C; Umidade relativa média 60%; pH médio do solo 6,5; Matéria Orgânica 0,08 a 0,21 kg m<sup>-3</sup>; Vento 40 a 60 km h<sup>-1</sup>; pH 8,0; Dureza < 40 ppm.

## Laboratory Phase

In this phase, three analyzes were carried out, at three times. The first consisted of an analysis of the sandy loam soil sample in the 0-20 cm layer, in the planting area before applying the treatments, in order to verify the prevalence of *Fusarium* sp.. The second analysis took place at the experiment establishment, involving soil samples and samples from five plants that were taken once the 10-week cultivation was installed. The third analysis of the soil sample to check *Fusarium* sp was carried out four weeks after the experiment was installed, following the same procedure as the second collection.

Once the culture was installed, the monitoring results were evaluated and recorded every eight days during the ten weeks of the production cycle. Additionally, samples of plant material were collected and subjected to microscopic and molecular analysis.

## Pathogen Isolation and Characterization

In the laboratory, the collected samples were isolated and purified three isolates of the fungus *Fusarium* sp. (FUS1, FUS2 and FUS3). Monosporic cultures were obtained (GONZÁLEZ *et al.*, 2012). These cultures were cultured in petri dishes containing potato dextrose agar (PDA) medium and incubated in the dark at 27 °C. Morphological characterization involved checking the color of the colony, as well as the presence of macroconidia, microconidia and chlamydospores in a sample of 60 spores (LESLIE *et al.*, 2006).

For the molecular characterization of the fungal pathogen, soil and stem samples were sent to the Agrocalidad laboratory, where they were analyzed using the PEE/FP/10 -Conventional PCR method.

## Fase de Laboratório

Nessa fase, foram realizadas três análises, em três épocas. A primeira consistiu em uma análise da amostra de solo franco-arenoso na camada de 0-20 cm, na área do plantio antes da aplicação dos tratamentos, a fim de verificar a prevalência de *Fusarium* sp.. A segunda análise ocorreu no estabelecimento do experimento, envolvendo amostras do solo e amostras de cinco plantas que foram tomadas uma vez instalado o cultivo e teve duração de 10 semanas. A terceira análise da amostra de solo para verificar *Fusarium* sp foi realizada quatro semanas depois de instalado o experimento, seguindo o mesmo procedimento da segunda coleta.

Uma vez instalada a cultura, o resultado do monitoramento foi avaliado e registrado com frequência de oito dias de intervalo durante dez semanas do ciclo de produção. Além disso, amostras de material vegetal foram coletadas e submetidas a análise microscópica e molecular.

## Isolamento e Caracterização do Patógeno

Em laboratório, as amostras coletadas foram isoladas e purificados três isolados do fungo *Fusarium* sp. (FUS1, FUS2 e FUS3). Foram obtidos cultivos monospóricos (GONZÁLEZ *et al.*, 2012). Esses cultivos foram repicados em placas de Petri contendo meio de agar papa dextrose (PDA) e incubados no escuro a 27 °C. A caracterização morfológica envolveu a verificação da coloração da colônia, bem como a presença de macroconídios, microconídios e clamidósporos em amostra de 60 esporos (LESLIE *et al.*, 2006).

Para a caracterização molecular do patógeno fúngico, as amostras de solo e caule foram enviadas ao laboratório da Agrocalidad, onde foram analisadas utilizando o método PEE/FP/10 -PCR Convencional.

## Field phase

### *Establishment and Conduct of the Experiment*

The plant material used were stock seeds (*Matthiola incana*) of the “All Double White Beach” variety, originating in Japan. Simultaneously with the beginning of the laboratory phase, the field phase was carried out, in this phase the establishment of the trial began with pre-cultural and cultural activities including land cleaning, plowing, leveling, marking planting rows, irrigation, disinfection, soil fertilization, receiving seedlings and transplanting, fertigation, staking, weed control, monitoring and sample collections.

Three soil samples were collected for laboratory analysis, chosen randomly before soil preparation, to check the presence of *Fusarium* sp.. The treatments were then applied. After 24h, another soil and plant sample were collected per plot and sent to the laboratory to determine the prevalence of *Fusarium* sp. in cultivation. Once cultivation was established, monitoring was carried out and recorded every 8 days over the 10 weeks of the production cycle.

The sampling universe consisted of 100 plants, with ten plants being randomly evaluated per plot. An additional soil sample of five plants was collected in the fourth week to determine *Fusarium* sp. in the lab. The applications of phytosanitary measures were carried out preventively and curatively at 15-day intervals.

An experimental design of Randomized Complete Blocks (DBC) was established with three replications and five treatments. The treatments were structured as follows:

#### 1 - Chemical Control (TQI)

Products	Doses	Application time
Fosetyl Aluminum (Soil)	4.0 g L <sup>-1</sup>	Before transplant (dranch)
Iprodione	1.0 cc L <sup>-1</sup>	Week 2
Captan	1.0 g L <sup>-1</sup>	Week 4
Fosetyl Aluminum	2.0 g L <sup>-1</sup>	Week 6
Hymexasol 36%	1.0 cc L <sup>-1</sup>	Week 8

## Fase de campo

### *Estabelecimento e Condução do Experimento*

Sementes de alelí (*Matthiola incana*) da variedade “All Double White Beach”, originárias do Japão, foram utilizadas como material vegetal. Simultaneamente ao início da fase de laboratório, realizou-se a fase de campo, nesta fase do estabelecimento do ensaio, começou-se com atividades pré-culturais e culturais, incluindo limpeza do terreno, aração, nivelamento, marcação das fileiras de plantio, irrigação, desinfecção, adubação edáfica, recebimento de mudas e transplante, fertirrigação, tutoramento, controle de ervas daninhas, monitoramento e coleta de amostras.

Foram coletadas três amostras de solo para análises laboratoriais, sendo escolhidas aleatoriamente antes do preparo do solo, para verificar a presença de *Fusarium* sp.. Na sequência, aplicou-se os tratamentos. Após 24 h, foi coletada outra amostra do solo e das plantas, por parcela, e enviada para o laboratório para determinar a prevalência de *Fusarium* sp. no cultivo. Uma vez estabelecido o cultivo, o monitoramento foi realizado e registrado a cada 8 dias ao longo de 10 semanas do ciclo produtivo.

O universo de amostragem consistiu em 100 plantas, sendo avaliadas aleatoriamente dez plantas por parcela. Uma amostra adicional de cinco plantas com solo foi coletada na quarta semana para determinar *Fusarium* sp. no laboratório. As aplicações de medidas fitossanitárias foram realizadas de forma preventiva e curativa com intervalos de 15 dias.

Foi estabelecido um desenho experimental de Blocos Completos ao Acaso (DBC) com três repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos foram, assim, estruturados:

## 2 - Biological Control (TBI)

Products	Doses	Application time
<i>Trichoderma</i> sp (Soil)	1.0 g L <sup>-1</sup>	Before transplant (dranch)
<i>Bacillus subtilis</i>	2.0 cc L <sup>-1</sup>	Week 2
<i>Trichoderma</i> sp	1.0 g L <sup>-1</sup>	Week 4
<i>Bacillus subtilis</i>	2.0 g L <sup>-1</sup>	Week 6
<i>Trichoderma</i> sp	1.0 cc L <sup>-1</sup>	Week 8

## 3 - Antibiotic Control (TAN)

Products	Doses	Application time
Pyrocontrol	1 tank	Before transplant
Kasugamycin	0.8 cc L <sup>-1</sup>	Week 2
Polyoxyn B	0.5 cc L <sup>-1</sup>	Week 4
Azoxystrobin	0.5 g L <sup>-1</sup>	Week 6
Kresoxym methyl	0.5 g L <sup>-1</sup>	Week 8

## 4 - Combined treatment (TCB)

Products	Doses		Application time
Fosetyl Aluminum (Soil)	4.0 g L <sup>-1</sup>	Chemical	Before transplant (drench)
<i>Bacillus subtilis</i>	2.0 cc L <sup>-1</sup>	Biological	Week 2
Polyoxyn B	0.5 cc L <sup>-1</sup>	Antibiotic	Week 4
Elymexasol 36%	1.0 cc L <sup>-1</sup>	Chemical	Week 6
Azoxystrobin	0.5 g L <sup>-1</sup>	Antibiotic	Week 8

5 – Control: no phytosanitary applications for *Fusarium* sp.

The total area consisted of fifteen plots of 2.50 m x 0.40 m, separated by intermediate plots of 4.50 m x 0.80 m, with a 0.50 m wide path on each side to avoid edge effects or contamination between test areas with different treatments.

A área total consistiu em quinze parcelas de 2,50 m x 0,40 m, separadas por parcelas intermediárias de 4,50 m x 0,80 m, com um caminho de 0,50 m de largura em cada lado para evitar efeitos de borda ou contaminação entre as áreas de ensaio com diferentes tratamentos.

## Variables evaluated

The length and diameter of the floral stem, number of leaves and the percentage of severity of the fungus on the stock plants were evaluated, according to Equation 1. The severity levels were: level 1 or initial severity - healthy, grades 1 to 4 and level 2 or medium severity - grades 5 to 9 and finally, the assessment of mortality.

## Variáveis avaliadas

Foram avaliados comprimento e diâmetro da haste floral, número de folhas e percentagem de severidade do fungo nas plantas de alelí, conforme Equação 1. Os níveis de severidade foram: nível 1 ou severidade inicial - saudável, graus 1 a 4 e nível 2 ou severidade média - graus 5 a 9) e, por fim, a avaliação da mortalidade.

$$\% \text{ Severity} = \frac{\text{Total of diseased plants}}{\text{Total of plants observed}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

## Statistical analysis

Using the Microsoft Excel 2010 spreadsheet and InfoStat v 12.0 software, the variables were analyzed using analysis of variance and the F test. When a statistically significant difference was identified, mean tests were performed using the multiple comparison method of Tukey with a significance level of 5%.

## Análise estatística

Utilizando a planilha de cálculo Microsoft Excel 2010 e o software InfoStat v 12.0, as variáveis foram analisadas por meio da análise de variância e do teste F. Quando foi identificada uma diferença estatisticamente significativa, foram realizados testes de médias utilizando o método de comparações múltiplas de Tukey com um nível de significância de 5%.

## RESULTS AND DISCUSSION

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Morphological Characteristics of the Colony

Table and Figure 1 present the morphological characteristics of *F. oxysporum* (FUS1, FUS2, FUS3) isolated from stock stems with wilt symptoms.

### Características Morfológicas da Colônia

Na Tabela e Figura 1, são apresentadas as características morfológicas do *F. oxysporum* (FUS1, FUS2, FUS3) isolados de caules de alelí com sintomatologia de murcha.

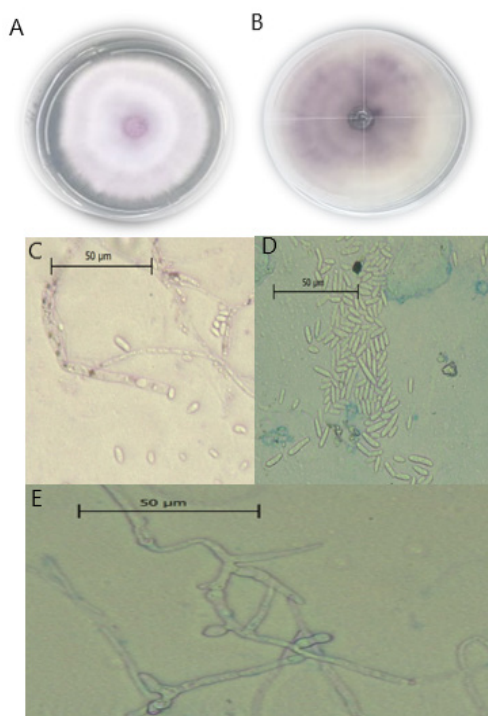
**Table 1** - Morphological characteristics of *F. oxysporum* (FUS1, FUS2, FUS3) isolated from stock stem samples with wilt symptoms

**Tabela 1** - Características Morfológicas do *F. oxysporum* (FUS1, FUS2, FUS3) isolado de amostras de caules de alelí com sintomas de murcha

Morphological Features	Description of the Colony
Color	Mycelium initially white, changing to violet
Macroconidia	Sickle-shaped
Microconidia	Oval, with 2 to 3 septa
Chlamydozoospores	Globose and lonely
Length of Macroconidia ( $\mu\text{m}$ )	53,8
Macroconidia width ( $\mu\text{m}$ )	8,1
Length of Microconidia ( $\mu\text{m}$ )	18,3
Length of Microconidia ( $\mu\text{m}$ )	6,9

Measurements were carried out with a 40X magnification lens on the microscope, using a sample of 60 spores from each fungal structure.

*As medições foram realizadas com uma lente de aumento de 40X no microscópio, usando uma amostra de 60 esporas de cada estrutura do fungo.*



**Figure 1** - Morphological characteristics of *F. oxysporum* FUS1, FUS2, FUS 3 isolated from stock stem samples with wilt symptoms.

A and B. Cottony mycelium of the fungus, white and purple; C. Microconidia (length: 18.3 µm; width: 6.9 µm); D. Macroconidia (length: 53.8 µm; width: 8.1 µm); E. Chlamydospores spherical in shape.

**Figura 1** - Características morfológicas do *F. oxysporum* FUS1, FUS2, FUS 3 isolados de amostras de caules de alelí com sintomas de murcha.

A e B. Micélio algodoso do fungo, de cor branca e roxa; C. Microconídios (comprimento: 18,3 µm; largura: 6,9 µm); D. Macroconídios (comprimento: 53,8 µm; largura: 8,1 µm); E. Clamidósporas de forma esférica.

### Molecular Characterization

Through molecular characterization, the presence of *Fusarium oxysporum* was demonstrated. This is the reason for the low vegetative development of plants in the first weeks of growth, due to the presence of the pathogen in its initial inoculum state (Table 2). According to the samples analyzed in the soil and stem, the presence of *Fusarium oxysporum* at the molecular level, as well as other non-phytopathogenic fungi.

Regarding the length of the floral stem, it was found that the greatest length during 10 weeks of evaluation occurred when using the combined treatment, with values varying from 2.05 to 49.86 cm. On the other hand, the shorter length in most evaluation weeks was observed when biological products were used (Figure 2). The overall average varied from 1.75 to 43.99 cm in length throughout the study period.

### Caracterização Molecular

Por meio da caracterização molecular foi demonstrada a presença de *Fusarium oxysporum*. Essa é a razão para o baixo desenvolvimento vegetativo das plantas nas primeiras semanas de crescimento, devido à presença do patógeno em seu estado inicial de inóculo (Tabela 2). De acordo com as amostras analisadas no solo e no caule, foi identificada a presença de *Fusarium oxysporum* a nível molecular, bem como outros fungos não fitopatogênicos.

Quanto ao comprimento da haste floral, verificou-se que o maior comprimento durante as 10 semanas de avaliação ocorreu ao se empregar o tratamento combinado, com valores variando de 2,05 a 49,86 cm. Por outro lado, o menor comprimento, na maioria das semanas de avaliação, foi observado quando se empregou produtos biológicos (Figura 2). A média geral variou entre 1,75 e 43,99 cm de comprimento ao longo do período do estudo.

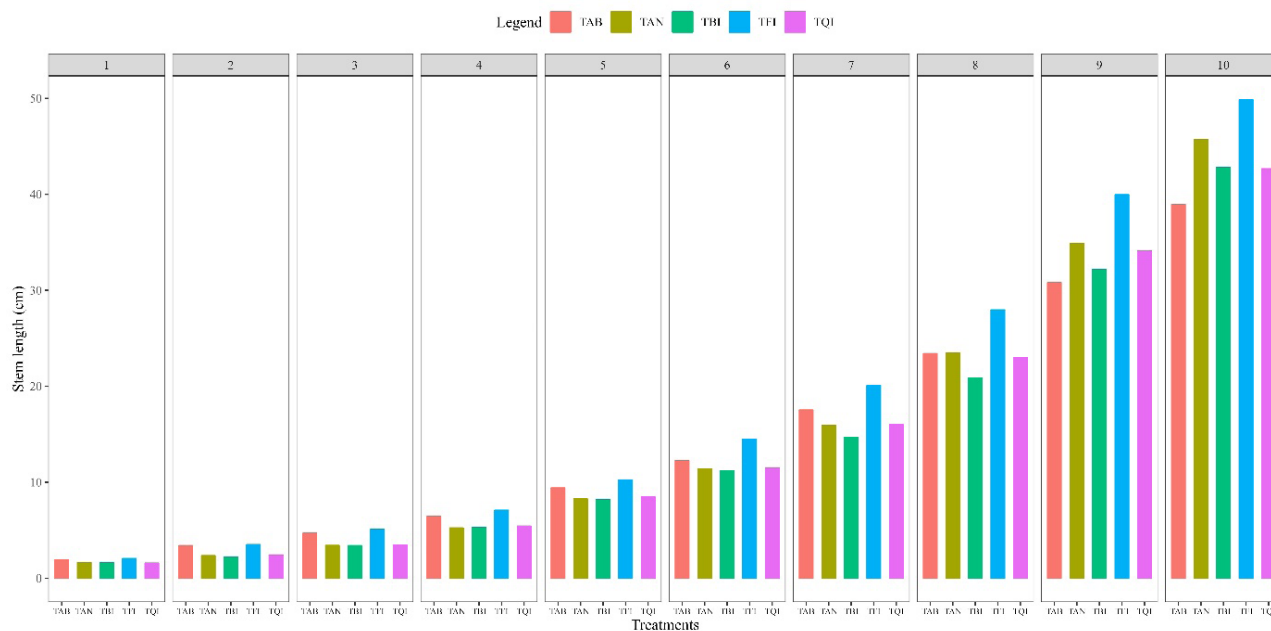


**Table 2** - Molecular Characterization of *Fusarium* sp. in stock plants at the initial stage**Tabela 2** - Caracterização Molecular de *Fusarium* sp. em plantas da alelí no estágio inicial

FP <sup>1</sup>	COT <sup>2</sup>	PI <sup>3</sup>	PCR Conv. <sup>3</sup>	Results	
				FungFT <sup>4</sup>	FungNFT <sup>5</sup>
20-0792	1609-3751-145957-1	Soil	PEETP110	Fusarium oxysporum	Cladasporium sp. Mucor sp
20-0798	1609-3766-609768-1	Soil	PEE/FP/10	Fusarium oxysporum	Mucor sp
20-0793	1609-3754-455395-1	Soil	PEUFP/10	Fusarium oxysporum	Cladasporium sp
21-0056	1611-7669-993670-1 R1 TFI	Stalk	PEETP110	Fusarium oxysporum	Negative
21-0055	161 1-7666-633797-1 R1 TAB	Stalk	PEE/FP/10	Fusarium oxysporum	Negative
21-0052	611-7657-790627-1 R1 TQI	Stalk	PEUFP/10	Fusarium oxysporum	Negative

<sup>1</sup>FP - Laboratory Sample Code; <sup>2</sup>COT - Identification of the sample in the field; PI - Isolated Part<sup>3</sup>; PCR Conv. -Conventional PCR method; <sup>4</sup>FungFT - Phytopathogenic Fungi; <sup>5</sup>FUNGNFT - Non-Phytopathogenic Fungi.

<sup>1</sup>FP - Código de Amostra do Laboratório; <sup>2</sup>COT - Identificação da amostra no campo; PI - Parte Isolada<sup>3</sup>; PCR Conv. -Método PCR convencional; <sup>4</sup>FungFT - Fungos Fitopatógenos; <sup>5</sup>FUNGNFT - Fungos não Fitopatógenos.

**Figure 2** - Average length of stock floral stems depending on the treatments studied, over ten week.**Figura 2** - Média de comprimento das hastes florais de alelí em função dos tratamentos estudados, durante dez semanas.

According to the results the overall average of the stems ranged from 37 to 44 cm in length, with an inflorescence of 20 cm in the phenological state of flowering in week 10. To complete the cycle and harvest, allow 12 weeks, two additional weeks to the period of the study. Thus, it is estimated that the final length of the floral stem will reach 74 cm and 30 cm for the inflorescence. In stock, there is no knowledge of the existence of new varieties with stems that reach 1 m in length and produce inflorescences between 30 and 40 cm, with double flowers (TORRES C.; JACOME M., 2012).

Conforme resultados, a média geral das hastes variou entre 37 e 44 cm de comprimento, com inflorescência de 20 cm, no estado fenológico de florescimento na semana 10. Para o fechamento do ciclo e colheita, prever-se 12 semanas, duas semanas adicionais ao período do estudo. Assim, estima-se que o comprimento final da haste floral alcance 74 cm e 30 cm para inflorescência. Em alelí, não se tem conhecimento da existência de novas variedades com hastes que alcançam 1 m de comprimento e produzam inflorescência na faixa entre 30 e 40 cm, com flores duplas (TORRES C.; JACOME M., 2012).

Regarding the stem diameter, the TFI treatment was 5.73 mm higher, while the TAB reached 4.78 mm (Figure 3). The diameter of the stock is not part of the parameters established for its classification as a cut flower (VERDEGUER *et al.*, 1999). Therefore, it is estimated that the thickening of the diameter will reach 7 mm by harvest (12 weeks), according to the genetics of the crop.

The average number of true leaves obtained in this study was higher in the antibiotic treatment with 38 leaves, while the lowest value was recorded in the combined treatment with 35 leaves (Figure 3).

Quanto ao diâmetro da haste, o tratamento TFI, foi superior a 5,73 mm, enquanto o TAB alcançou 4,78 mm (Figura 3). O diâmetro do Alelí não faz parte dos parâmetros estabelecidos para sua classificação em flor de corte (VERDEGUER *et al.*, 1999). Portanto, estima-se que o engrossamento do diâmetro alcance 7 mm até a colheita (12 semanas), de acordo com a genética da cultura.

A média de folhas verdadeiras obtida nesse estudo foi superior no tratamento antibiótico, com 38 folhas, enquanto o valor mais baixo foi registrado no tratamento combinado, com 35 folhas (Figura 3).

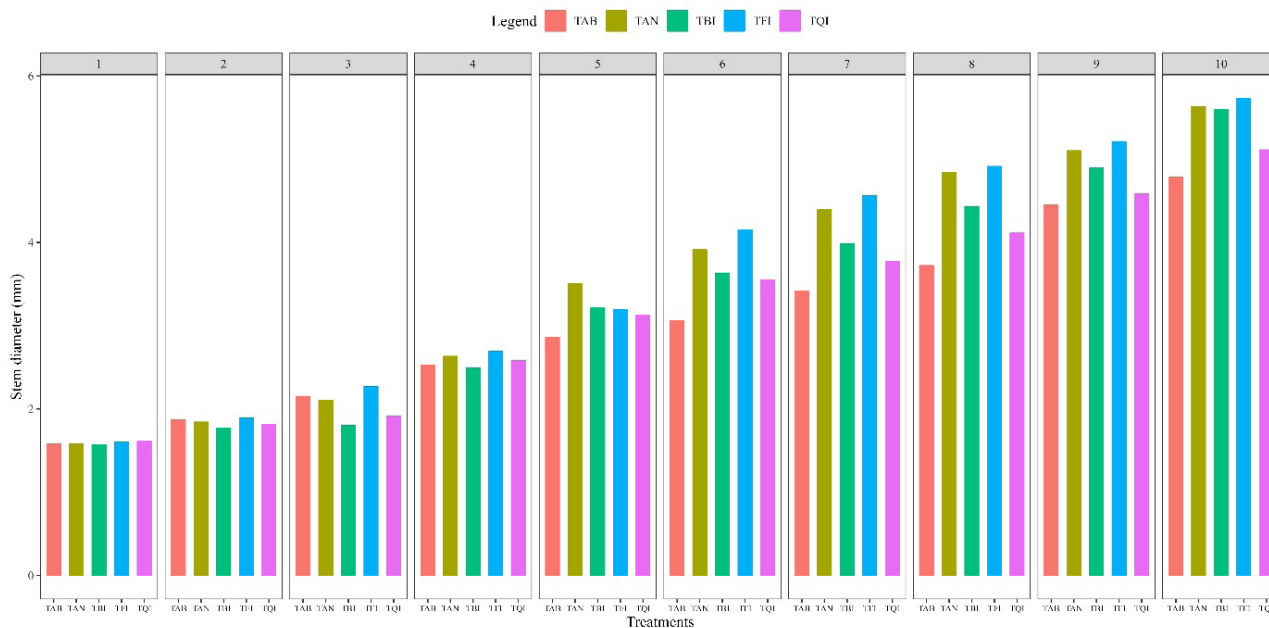


Figure 3 - Average diameter of the stock floral stem depending on the treatments studied, over ten weeks.

Figura 3 - Média do diâmetro da haste floral de alelí em função dos tratamentos estudados, durante dez semanas.

Stock has entire, lanceolate and obtuse leaves, with a width varying between 5 and 8 cm, length between 20 and 30 cm, green or greyish-green in color, with a very short petiole and arranged on the stems in an alternating manner (VERDEGUER *et al.*, 1999). The results obtained (Figure 4) are within the limits indicated above, highlighting that the quantity of leaves on the floral stem directly influences its quality (ALBÁN S.; CAICEDO V., 2022).

O Alelí apresenta folhas inteiras, lanceoladas, obtusas, com largura variando entre 5 e 8 cm, comprimento entre 20 e 30 cm, de cor verde ou verde-acinzentado, com pecíolo muito curto e dispostas nos caules de forma alternada (VERDEGUER *et al.*, 1999). Na Figura 4, verifica-se que os resultados estão dentro dos limites acima indicados, destacando-se que a quantidade de folhas na haste floral influencia diretamente em sua qualidade (ALBÁN S.; CAICEDO V., 2022).

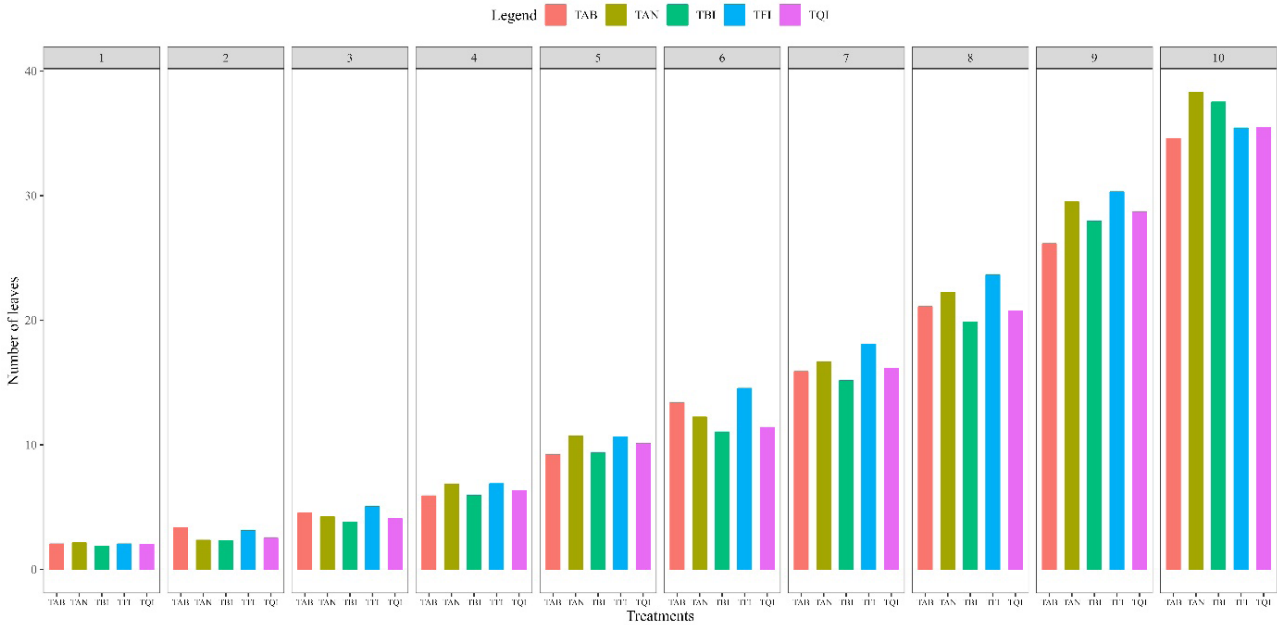


Figure 4 - Average number of stock leaves depending on the treatments studied, during ten weeks.  
 Figura 4 - Média de número de folhas de alelí em função dos tratamentos estudados, durante dez semanas.

For the study of severity, in the initial phase (week 1) it was close to zero. It is assumed that the transplanted plants were not infected by the pathogen (Figure 5). From that week, the severity appears and worsens as plants become infected by the pathogen. At the end of the 10 weeks, there was an overall average of 17% severity, with average rates per week varying from 5 to 21% (Figure 6).

Para o estudo da severidade, na fase inicial (semana 1), foi próximo de zero. Presume-se que as plantas transplantadas não estavam infectadas pelo patógeno (Figura 5). A partir dessa semana, há surgimento e agravamento da severidade conforme as plantas são infectadas pelo patógeno. Ao término das 10 semanas, verificou-se média geral de 17% de severidade, com índices médios por semana variando de 5 a 21% (Figura 6).

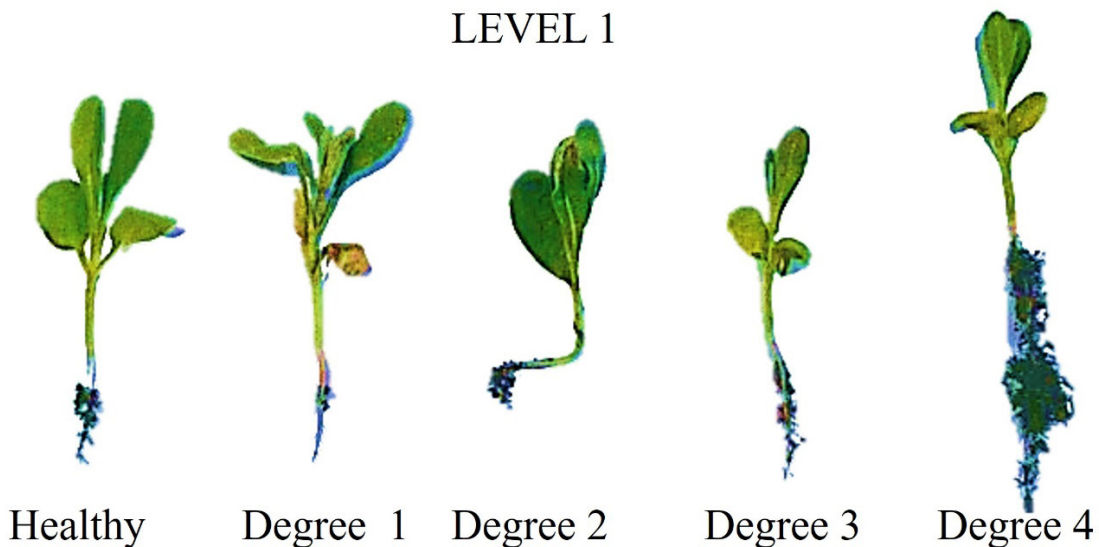


Figure 5 - Severity scale for level 1 in week 1 of stock cultivation.  
 Figura 5 - Escala de severidade, para o nível 1, na semana 1 de cultivo da alelí.

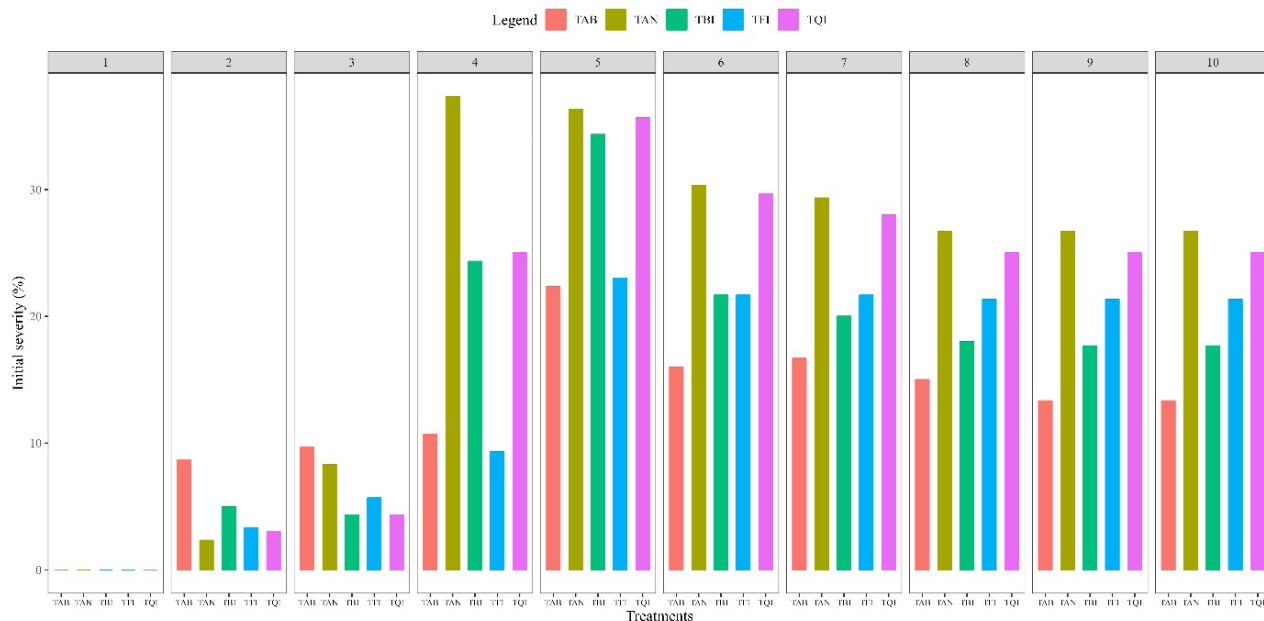


Figure 6 - Results of Initial Severity in the treatments studied.

Figura 6 - Resultados da Severidade Inicial nos tratamentos estudados.

Due to the action of the pathogen, the lower infection value indicates better control over the presence of *Fusarium* sp. This value was recorded in the absolute control group, with 13% of plants infected in the initial state. The highest value of 27% corresponds to antibiotic treatment (Figure 6). The result observed in the absolute control group is due to the natural resistance of the plants in the initial phase.

To improve pest control, field and laboratory research is carried out, allowing specific monitoring systems to be established as well as population indices to issue a warning or signal predicting economic damage to a crop by a given pest. Thus, signaling methodologies are technical documents that regulate the monitoring and decision-making for the control of pests of economic importance, which is aligned with the verification of the phytosanitary status of the crop and its initial control (SHARIFIAN *et al.*, 2022).

Medium Severity is measured in five degrees of infection and the damage caused by the pathogen in most cases can be corrected with appropriate measures. The overall average of initial infection was 8.74%, with average weekly rates ranging from 3.20% to 13.40% (Figures 7 and 8).

Devido à ação do patógeno, o valor mais baixo de infecção indica um melhor controle sobre a presença de *Fusarium* sp. Esse valor foi registrado no grupo de controle absoluto, com 13% das plantas infectadas no estado inicial. O valor mais alto, de 27%, corresponde ao tratamento com antibiótico (Figura 6). O resultado observado no grupo de controle absoluto se deve à resistência natural das plantas na fase inicial.

Para melhorar o controle de pragas, são realizadas pesquisas de campo e laboratório que permitem estabelecer sistemas de monitoramento específicos, bem como índices populacionais para emitir um aviso ou sinal de previsão de danos econômicos a uma cultura por uma determinada praga. Assim, as metodologias de sinalização são documentos técnicos que regulamentam o trabalho de monitoramento e tomada de decisões para o controle de pragas de importância econômica, o que está alinhado com a verificação do estado fitossanitário da cultura e seu controle inicial (SHARIFIAN *et al.*, 2022).

Severidade Média é medida em cinco graus de infecção, e os danos causados pelo patógeno na maioria dos casos podem ser corrigidos com as medidas apropriadas. A média geral de infecção inicial foi de 8,74%, com índices médios semanais variando de 3,20% a 13,40% (Figuras 7 e 8).

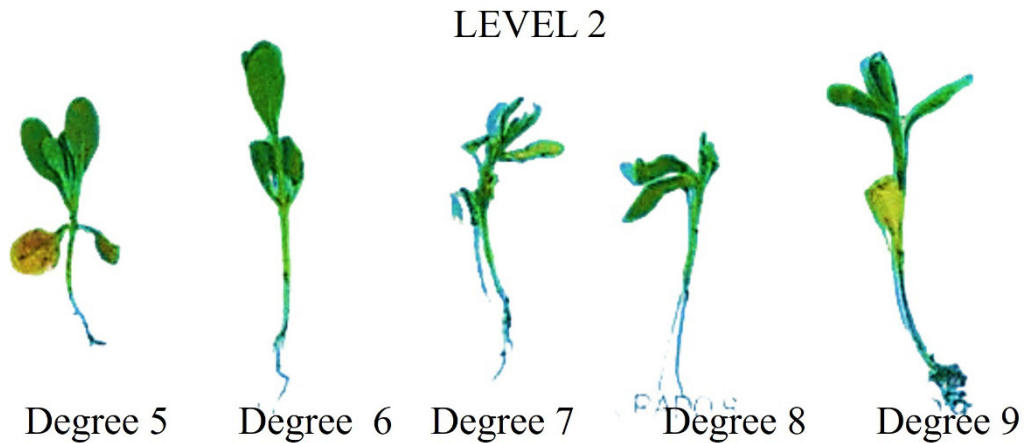


Figure 7 - Severity scale for level 2 of stock.  
 Figura 7 - Escala de severidade, para o nível 2, da alelí.

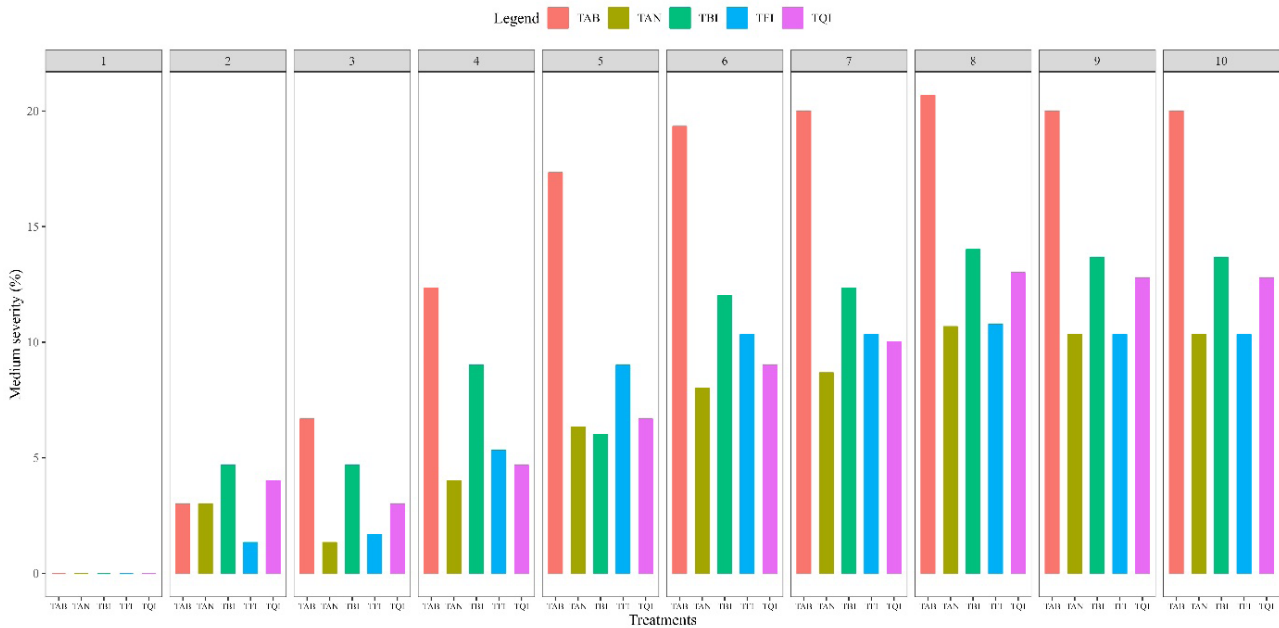


Figure 8 - Stock's Medium Level of Severity Results.  
 Figura 8 - Resultados de Severidade Nível Médio da alelí.

The lower infection value demonstrates better control over the presence of *Fusarium* sp., and this value was recorded in two treatments, the combined and the antibiotic, with 10.33% of plants infected in a moderate state each. The highest value recorded is 20.00%, corresponding to the absolute control treatment (Figure 6).

O valor mais baixo de infecção demonstra um melhor controle sobre a presença de *Fusarium* sp., e esse valor foi registrado em dois tratamentos, o combinado e o antibiótico, com 10,33% de plantas infectadas em estado moderado cada um. O valor mais alto registrado é de 20,00%, correspondente ao tratamento de controle absoluto (Figura 6).

The differences observed between the root colonization pattern of a pathogenic strain and that observed in a non-pathogenic strain appear to be the frequency of dead apices and the intensity of fungal colonization in the bark. When the pathogen passed around the barrier formed by the hypodermis, it always reached the xylem, although this barrier and other defense reactions induced at different levels always prevented the non-pathogenic strain from reaching the stele. These observations suggested that the main differences between the two types of interactions, between the plant and the pathogenic or non-pathogenic strains, were quantitative and not qualitative (AKAT, 2020), which is in complete agreement with the fact that in the early stages of the inoculum, the pathogen can be controlled, and these data make it possible to preventively treat its presence.

**Mortality.** The overall cycle average was 25.40% mortality. At the end of the experiment, the combined treatment had the lowest average with 13.77% mortality, while the absolute control had 63.00% mortality (Figure 8).

As it is a select variety whose characteristic is the production of 90% of double flowers, the loss rate is significantly affected.

O'Neill *et al.*, 2004, mention that the symptoms of *Fusarium* sp include: "One-sided wilting that progressed from the base upwards. The leaves subsequently turned white, growth stunted, and the plant died. The roots appeared healthy, but the tissues vascular cells were dyed dark brown", which is in complete agreement with what is shown in figure 5 regarding mortality and the results obtained at the end of the experiment.

To determine the prevalence of *Fusarium* sp., it was necessary to collect untreated soil samples, which were analyzed in Agrocalidad laboratories in Tumbaco, Pichincha province, Ecuador.

According to the results obtained by the PEE/FP/10 - Conventional PCR method, the presence of *Fusarium oxysporum* was identified and confirmed, in addition, non-phytopathogenic fungi were found in the samples, such as *Cladosporium* sp. and *Mucor* sp. (Table 6). These results indicate the dispersion of the pathogen and its distribution in the production area, thus representing a high risk of initial infection.

As diferenças observadas entre o padrão de colonização da raiz de uma cepa patogênica e o observado em uma cepa não patogênica parecem ser a frequência de ápices mortos e a intensidade da colonização fúngica na casca. Quando o patógeno passou ao redor da barreira formada pela hipoderme, ele sempre chegou ao xilema, embora essa barreira e outras reações de defesa induzidas em diferentes níveis sempre tenham evitado que a cepa não patogênica chegasse à estela. Essas observações sugeriram que as principais diferenças entre os dois tipos de interação, entre a planta e as cepas patogênicas ou não, eram quantitativas e não qualitativas (AKAT, 2020), o que está em total concordância com o fato de que, nas primeiras fases do inóculo, o patógeno pode ser controlado, e esses dados permitem tratar preventivamente sua presença.

Com relação à mortalidade, a média geral do ciclo foi de 25,40%. Ao final do experimento, o tratamento combinado teve a menor média com 13,77% de mortalidade, enquanto o controle absoluto teve 63,00% de mortalidade (Figura 8).

Por se tratar de uma variedade select, cuja característica é a produção de 90% de flores duplas, o índice de perda afeta significativamente.

O'Neill *et al.* (2004) mencionam que os sintomas de *Fusarium* sp incluem: "Murcho unilateral que progrediu da base para cima. As folhas posteriormente embranqueceram, o crescimento atrofiou e a planta morreu. As raízes pareciam saudáveis, mas os tecidos vasculares estavam tingidos de marrom escuro", o que está em total concordância com o exposto na figura 5 sobre a mortalidade e os resultados obtidos ao final do experimento.

Para determinar a prevalência de *Fusarium* sp., foi necessário coletar amostras de solo não tratado, que foram analisadas nos laboratórios da Agrocalidad em Tumbaco, província de Pichincha, Equador.

De acordo com os resultados obtidos pelo método PEE/FP/10 - PCR Convencional, a presença de *Fusarium oxysporum* foi identificada e confirmada, além disso, foram encontrados fungos não fitopatogênicos nas amostras, como *Cladosporium* sp. e *Mucor* sp. (Tabela 6). Esses resultados indicam a dispersão do patógeno e sua distribuição na área de produção, representando, assim, um alto risco de infecção inicial.

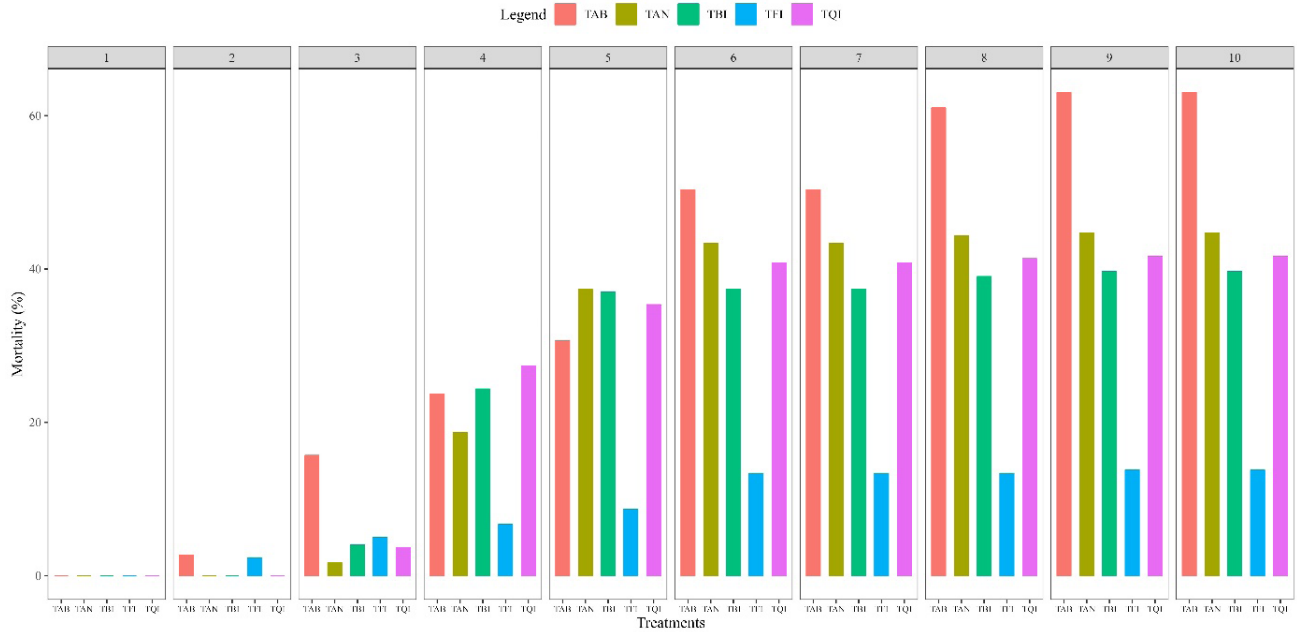


Figure 9 - Stock's mortality results depending on treatments.

Figura 9 - Resultados de Mortalidade de alelí em função dos tratamentos.

The fungus also survives in the soil as a saprophyte or in plant remains, where it remains viable for up to 10 years. When a healthy plant grows in soil infested by the fungus, contact with the roots induces the germination of conidia, the spur germ tube or mycelium penetrating directly through the tip of the roots or entering them through wounds or points of lateral root formation. The mycelium advances intercellularly through the cortex of the roots and, when it reaches the xylem vessels, it enters through the ends. The mycelium remains in the vessels and moves mainly upwards, towards the stem and crown of the plant (GARCÍA-JARAMILLO *et al.*, 2022). According to the author, it is important to determine the population index of a pathogen whose prevalence characteristics must be measured so that more effective control measures can be taken.

O fungo também sobrevive no solo, como saprófita ou em restos vegetais, onde permanece viável por até 10 anos. Quando uma planta saudável cresce em solo infestado pelo fungo, o contato com as raízes induz a germinação de conídios, o tubo germinativo da espóra ou o micélio penetra diretamente pela ponta das raízes ou entra nelas através de feridas ou pontos de formação de raízes laterais. O micélio avança intercelularmente pelo córtex das raízes e, quando atinge os vasos do xilema, entra pelas extremidades. O micélio permanece nos vasos e se move principalmente para cima, em direção ao caule e à coroa da planta (GARCÍA-JARAMILLO *et al.*, 2022). Conforme o autor, é importante determinar o índice populacional de um patógeno cuja característica de prevalência deve ser medida para que ações de controle mais eficazes possam ser tomadas.

The research results highlight the significant impact of *Fusarium* sp. in the cultivation of stock, causing damage to the height of the plants, number of leaves, size of the flowers and worsening of the disease in the floral canes. The most effective control method involves a combined approach incorporating chemical, biological, and antibiotic techniques. This method drastically reduces the severity of the disease and improves the quality of the flowers. Moreover, it proves to be a viable and sustainable option, showing a promising result of 22 stems per square meter. These findings support the use of this combined treatment as an effective strategy for controlling *Fusarium* sp. in the cultivation of stock.

In accordance with the methodology, in the fifth week of the experiment, laboratory results on the stock stems showed total infection by *Fusarium oxysporum* and *Fusarium* sp., indicating a marked prevalence of the pathogen both in the soil and in plant tissue.

## CONCLUSIONS

The results of the study demonstrate that *Fusarium oxysporum* and *Fusarium* sp. are a significant pest in stock (*Matthiola incana*) cultivation, negatively affecting plant height, number of leaves, diameter, and quality of floral stems;

Combined treatment, which involves chemical, biological, and antibiotic techniques, is the most effective method to reduce the severity of the disease and improve the quality of flowers;

The combined treatment is the most sustainable, with a production of 22 stems per square meter.

Os resultados da pesquisa destacam o impacto significativo do *Fusarium* sp. no cultivo de alelí, causando danos à altura das plantas, quantidade de folhas, tamanho das flores e agravamento da doença nas varas florais. O método de controle mais eficaz envolve uma abordagem combinada que incorpora técnicas químicas, biológicas e antibióticas. Este método reduz drasticamente a severidade da doença e aprimora a qualidade das flores. Além disso, demonstra ser uma opção viável e sustentável, mostrando um resultado promissor de 22 hastes por metro quadrado. Essas descobertas respaldam a utilização desse tratamento combinado como uma estratégia efetiva para o controle do *Fusarium* sp. no cultivo de alelí.

De acordo com o estabelecido na metodologia, na quinta semana do experimento, os resultados laboratoriais nos caules de alelí mostraram infecção total por *Fusarium oxysporum* e *Fusarium* sp., indicando uma marcada prevalência do patógeno tanto no solo quanto no tecido vegetal.

## CONCLUSÕES

Os resultados do estudo demonstram que *Fusarium oxysporum* e *Fusarium* sp. são uma praga significativa no cultivo de alelí (*Matthiola incana*), afetando negativamente a altura da planta, o número de folhas, o diâmetro e a qualidade das hastes florais;

O tratamento combinado, que envolve técnicas químicas, biológicas e antibióticas, é o método mais eficaz para reduzir a gravidade da doença e melhorar a qualidade das flores;

O tratamento combinado é o mais sustentável, com uma produção de 22 hastes por metro quadrado.



## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALABOUVETTE, C; LEMANCEAU, P.; STEINBERG, C. Recent Advances in the Biological Control. **Journal of Pesticide Science**, 1993. v. 37, n. 1, p. 365-373. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2780370409>. <https://doi.org/10.1002/ps.2780370409>
- ALBÁN S., A. M.; CAICEDO V., M. B. **ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE *Fusarium* sp EN EL CULTIVO DE ALELÍ (*Matthiola incana*), UTILIZANDO TÉCNICAS DE CONTROL FITOSANITARIO**. [S.l.]: [s.n.], 2022. ISBN 1804647756. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7616>
- AKAT, H. Effects of mycorrhizal inoculation on growth and some quality parameters of *Matthiola incana* (L.) cultivation under salt stress. **Journal of Environmental Biology**, 2020. v. 41, n. July, p. 375-381. DOI: [http://doi.org/10.22438/jeb/41/2\(SI\)/JEB-14](http://doi.org/10.22438/jeb/41/2(SI)/JEB-14)
- EXPOFLORES. Estadístico mensual. [www.expoflores.com](http://www.expoflores.com), 2023. Disponible em: <<https://expoflores.com/wp-content/uploads/2023/08/Expoflores-agosto-2023.pdf>>.
- FERNANDEZ, E. F. T. Evolución de la tierra agrícola en el Ecuador, en el período de 1990-2016. 2020. n. March. Disponible em: [https://www.researchgate.net/publication/340256680\\_Evolucion\\_de\\_la\\_tierra\\_agricola\\_en\\_el\\_Ecuador\\_en\\_el\\_periodo\\_de\\_1990-2016](https://www.researchgate.net/publication/340256680_Evolucion_de_la_tierra_agricola_en_el_Ecuador_en_el_periodo_de_1990-2016)
- MAGDAMA, F. *Fusarium Oxysporum* - El Hongo Más Temido En La Industria Del Banano. **ECUADOR ES CALIDAD: Revista Científica Ecuatoriana**, v. 6, n. 1, p. 1922, 2019.
- GARCÍA-JARAMILLO, D. J.; López-Zapata, S. P.; Bustamante-Granada, S.; López, W. R.; Castaño-Zapata, J.; Ceballos-Aguirre, N. Reaction and yield of tomato micrografts (*Solanum* spp.) inoculated with vascular wilt-causing *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici (Sacc.) Snyder & Hansen. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, v. 46, n. 180, p. 714-729, 2022.
- GOMES FILHO, J.; SANTOS, E. B. S.; AMORIM, E. P. R. Controle da fusariose (*Fusarium solani* f. sp. piperis) em pimenta-do-reino cv. Bragantina com extratos brutos aquosos e fungicida. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 1, p. 49-52, 2020.
- GONZÁLEZ, I.; ARIAS, Y.; PETEIRA, B. Aspectos Generales de la Interacción *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici-TOMATE. **Revista de Protección Vegetal**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2012.
- GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Fusariose da videira: resistência de cultivares, sintomas e controle. **Embrapa**, 1993. v. Circular t, n. 18, p. 20.
- LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A.; SUZANNE, B. **The Fusarium Laboratory Manual**. 1. ed. USA: Blackwell Publishing Ltd, 2006.
- O'NEILL, T. M.; SHEPHERD, A.; INMAN, A. J.; LANE, C. R. Wilt of stock (*Matthiola incana*) caused by *Fusarium oxysporum* in the United Kingdom. **Plant Pathology**, v. 53, n. 2, p. 262, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.00967.x>
- PAIVA, G. F.; SOUZA, G. H. S.; ALVES, A. R.; SILVA, B. V. S.; MOTA, L. H. C.; GONÇALVES, F. J. T.; CARRASCO, N. F. Avaliação de resistência a *Fusarium solani* em genótipos de mandioca. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e23911931734, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31734>
- SHARIFIAN, A.; MIRZAKHANI, A.; KHAGHANI, S. The combined use of silicon and arbuscular mycorrhizal fungus mitigate the adverse effects of drought stress on *Matthiola incana*. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 50, n. 4, p. 1-20, 2022.
- TORRES CHÁVEZ, D. J.; JACOME MOGRO, E. J. **Evaluación De La Aplicación De Tres Productos Químicos Para Incrementar La Calidad De Los Tallos En Seis Variedades De Stock (*Mathiola Incana*)**. [S.l.]: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2012. Disponible em: <<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1582/1/T-UTC-2133.pdf>>.
- VERDEGUER, M. A.; TORTOSA, M. A.; BARAJA, B. M. **Del P. Cultivo del alhelí en invernadero para flor cortada**. SN ed. Valencia: Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1999.