The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Evaluation of Some Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Hybrids for Yield and Resistant to Powdery Mildew

Keyvan Nazari[1], Jamalali Olfati[2]✉, Amir Sahraro[3], Fatemeh Rahimi-Ajdadi[4], Seddigheh Musa-Nezhad[5]

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: keivannazari.kn@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: jamalaliolfati@guilan.ac.ir
3. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: asahraroo@gmail.com
4. Department of Biosystem engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: rahimi_a@guilan.ac.ir
5. Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: mousanejad@guilan.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 26 May 2024

Received in revised form: 26 October 2024

Accepted: 2 November 2024

Published online: Spring 2025

Keywords:

chemical control,

cucumber,

fruit number,

Metalaxyl,

yield.

ABSTRACT

In order to study the resistance of cucumber to powdery mildew disease, 7 hybrids of cucumber were evaluated under two conditions: fungicide (Metalaxyl) application and no fungicide application. The experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design in three replications under greenhouse condition. Studied traits included the number of female and male flowers, the pedicle length, ovary length, the number of lateral branches, plant length, fruit length, average leaf area, average infected leaf area and number of fruits per plant. The results showed that under no fungicide application condition, the highest value of fruit number in the plant belonged to the genotype 39-2-2×36-5-2, while with the application of fungicide, the 36-5-2×22-3-4 and 39-2-2×36-5-2 genotypes had the highest number. In terms of the number of fruits per plant, the least amount of fluctuation in the two conditions and the highest stability belonged to the 50-2-3×36-5-2, respectively. The genotype 39-2-2×36-5-2 showed the highest number of female flowers in both conditions. Based on the results, among the studied genotypes, the 50-2-3×22-3-4 genotype with the lowest changes in performance traits and the highest stability was identified as a resistance genotype to powdery mildew disease and suitable for cultivation.

Cite this article: Nazari, K., Olfati, J. A., Sahraro, A., Rahimi- Ajdadi, F. & Musa-Nezhad, S. (2025). Evaluation of Some Cucumber (*Cucumis sativus L.*) Hybrids for Yield and Resistant to Powdery Mildew. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 56 (1), 65-81. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.376889.2177

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.376889.2177

Extended Abstract

Introduction

Cucumber is an important agricultural crop due to its large cultivated area and economic value, with hybrid seed production playing a crucial role in its yield and quality. Identifying superior parental combinations is one of the most important steps in hybrid seed production as it directly impacts the performance of the resulting hybrids. Cucumber powdery mildew is one of the important diseases in humid cucumber-growing regions and greenhouses, causing substantial yield and quality losses. Selecting resistant or tolerant cucumber cultivars is an effective strategy to reduce disease damage. This study aimed to investigate the response of seven cucumber hybrids to the application of fungicides against cucumber powdery mildew disease. These cucumber hybrids were created by crossing a native Guilan cucumber genotype with lines developed at University of Guilan, and afterwards by selecting plants using pedigree method over generations.

Materials and Methods

In order to investigate the resistance of cucumber hybrids to powdery mildew disease, two-leaves seedlings of seven cucumber hybrid genotypes were planted in pots containing cocopeat and perlite (1:1), in the polycarbonate greenhouse in the Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan. Powdery mildew disease was occurred naturally on plants in the greenhouse. An experiment conducted as a factorial based on completely randomized design with 3 replications, during summer 2022. The first factor was 7 genotypes and the second was application of fungicide (Metalaxyl 1 ml/L). The studied traits were the number of female and male flowers, pedicle length, ovary length, number of lateral branches, plant length, fruit length, leaf area, and infected leaf area.

Due to the difficulty of calculating the surface infected with leaf powdery mildew by traditional methods, image processing technique was used in this research. Imaging of the surface of the leaves was done using a scanner. A dark blue plastic plate was used during scanning to facilitate separation of the leaf from the background.

Images were saved in JPG format for preprocessing and processing. According to the appearance characteristics of powdery mildew spots, image processing was done in MATLAB software to detect this disease on cucumber plants.

Results and Discussion

The results showed that under no fungicide application condition, the highest value of fruit number in the plant belonged to the genotype 39-2-2×36-5-2, while with the application of fungicide, the 36-5-2×22-3-4 and 39-2-2×36-5-2 genotypes had the highest number. Untreated and treated plants of genotype 39-2-2×36-5-2 showed the highest number of female flowers. Genotype 50-2-3×36-5-2 with the lowest amount of fluctuation and the highest stability in number of fruits per plant traits at both conditions was identified for cultivation. The analysis of variance revealed that the interaction effect between genotype and fungicide on the trait “mean infected leaf area” was not statistically significant. However, a significant difference among genotypes for this trait was observed. The highest level of infection was recorded in the genotype 4-3-22 × 50-2-3, with 50.77% infected area. The lowest level of infection was observed in genotype 2-5-36 × 39-2-2, with only 24.84% infected area. In direct genotype selection, cultivars suited to specific conditions can be selected based on their yield performance. However, when selecting genotypes that perform well under both fungicide-treated and untreated conditions, preference should be given to those with minimal variation in yield and related traits. Among the genotypes evaluated in this study genotypes 2-5-36 × 3-2-52 and 4-3-22 × 2-2-39 showed the least variability and greatest stability in traits such as fruit number and average fruit weight. For fruit length, the genotype 4-3-22 × 2-5-36 demonstrated the highest stability and lowest performance fluctuation across conditions.

Conclusion

Based on the results of this study, the studied genotypes of cucumber showed different responses to the application of fungicide and resistance to powdery mildew disease. Comparing genotypes in both conditions (with and without application of fungicide) revealed that the least changes in the number of fruits per plant and fruit weight were observed in genotypes 52-2-3×36-5-5 and 39-2-2×22-3-4, and the least change in fruit length in genotype 36-5-2×50-2-3, and they can be introduced for cultivation as resistance genotypes to powdery mildew disease.

Author contributions

Conceptualization and project design: J.A. Olfati

Methodology and field experiment setup: K. Nazari

Data collection and phenotypic assessments: J.A. Olfati; K. Nazari; S. Mousanezhad and F. Rahimi Ajdadi

Statistical analysis and variance interpretation: J.A. Olfati; K. Nazari
Writing – Original draft: J.A. Olfati
Writing – Review & editing: A. Sahraroo, S. Musanezhad and F. Rahimi Ajdadi
Visualization and figure preparation: J.A. Olfati; F. Rahimi Ajdadi
Supervision and research guidance: J.A. Olfati, A. Sahraroo
Project administration and funding acquisition: J.A. Olfati

Data availability statement

The data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere appreciation to the Agricultural Department, University of Guilan for their valuable support and collaboration throughout this research project. Special thanks are extended to the technical staff and greenhouse management team for their assistance in field experiments and data collection.

Ethical considerations

This study was conducted in accordance with national guidelines for agricultural research. No genetically modified organisms (GMOs), hazardous substances, or practices harmful to the environment were used during the study. The authors affirm that all data presented are original and were collected responsibly without fabrication, falsification, or plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest related to the publication of this article. All research activities were conducted independently, without any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۶، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

ارزیابی هیبریدهای داخلی خیار (*Cucumis sativus* L.) از نظر عملکرد و مقاومت به سفیدک پودری

کیوان نظری[۱]| جمالعلی الفتی[۲]✉| امیر صحرارو[۳]| فاطمه رحیمی اجدادی[۴]| صدیقه موسی نژاد[۵]

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان. رشت. ایران. رایانامه: keivannazari.kn@gmail.com

۲. مسئول مکاتبات، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان. رشت. ایران. رایانامه: jamalaliolfati@guilan.ac.ir

۳. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان. رشت. ایران. رایانامه: asahraroo@gmail.com

۴. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان. رشت. ایران. رایانامه: rahimi_a@guilan.ac.ir

۵. گروه گیاهپزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان. رشت. ایران. رایانامه: mousanejad@guilan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۲

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

تعداد میوه، خیار، عملکرد، کنترل شیمیایی، متالاکسیل.

چکیده

به منظور ارزیابی مقاومت خیار نسبت به بیماری سفیدک پودری، هفت هیبرید خیار در دو شرایط اعمال قارچ‌کش (متالاکسیل یک در هزار) و بدون اعمال قارچ‌کش به صورت طرح فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار در مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای مطالعه عملکرد، صفاتی مانند تعداد گل ماده، تعداد گل نر تا گره بیست، طول دم‌گل، طول تخمدان گل باز شده، تعداد شاخه جانبی، طول بوته تا گره بیست، قطر میوه، طول میوه، وزن تک میوه، میانگین سطح برگ، میانگین سطح آلوده برگ، تعداد میوه در واحد بوته و تعداد میوه در بوته اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد میوه در شرایط بدون کنترل شیمیایی متعلق به هیبرید 2-5-36×2-2-39بود. در شرایط کنترل شیمیایی (متالاکسیل یک در هزار)، هیبریدهای 4-3-22×2-5-36 و 2-5-36×2-2-39 بیشترین عملکرد میوه در بوته را داشتند. همچنین، از نظر صفات عملکرد و تعداد میوه در واحد بوته، در هر دو شرایط تلاقی 2-5-36×3-2-50 کمترین میزان نوسان و بیشترین پایداری را داشتند. تلاقی 2-5-36×2-2-39 از نظر صفات تعداد گل ماده در هر دو شرایط با اعمال قارچ‌کش و بدون اعمال قارچ‌کش بیشترین عملکرد را نشان داد. بر اساس نتایج درمیان ژنوتیپ‌های مورد بررسی با توجه به عملکرد و صفات مرتبط با آن، ژنوتیپ حاصل از تلاقی 4-3-22×2-3-50 مقاوم به سفیدک پودری و مناسب برای کشت شناخته شد..

استناد: نظری، کیوان؛ الفتی، جمالعلی؛ صحرارو، امیر؛ رحیمی اجدادی، فاطمه و موسی نژاد، صدیقه (۱۴۰۴). ارزیابی هیبریدهای داخلی خیار (*Cucumis sativus* L.) از نظر عملکرد و مقاومت به سفیدک پودری. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۶ (۱)، ۸۱-۶۵. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.376889.2177

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.376889.2177

مقدمه

خیار متعلق به تیره کدوییان و از مهم‌ترین محصولات باغی است که هرساله سهم عمده‌ای را در بازار میوه به خود اختصاص می‌دهد (Chen *et al*., 2011). برنامه اصلاح خیار در دانشکده علوم کشاورزی گیلان از سال ۱۳۹۱ آغاز شده که منجربه اصلاح لاین‌های نوترکیب متعددی گردید (دیانتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ ستمدیده و همکاران، ۱۳۹۸؛ مرادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). منشأ برخی از این لاین‌ها ژنوتیپ‌هایی بودند که از قدیم در استان گیلان کشت می‌شدند و دارای مقاومت نسبی به سفیدک (Zakeri *et al*., 2022) و ازنظر اندازه و مزه میوه مورد اقبال مصرف‌کنندگان بودند. در حال حاضر در مجموعه لاین‌های اصلاحی این برنامه به‌نژادی ۵ لاین با چنین ویژگی‌هایی وجود دارد که در این تحقیق ترکیب‌پذیری عمومی آن‌ها و همچنین ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای حاصل از آن‌ها ارزیابی گردید.

سفیدک پودری با نام علمی *Sphaerotheca cucurbitae* یک قارچ بیوتروف اجباری است که باعث کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان در سراسر جهان می شود. قارچ‌کش‌های شیمیایی برای کنترل سفیدک پودری توسعه یافته‌اند، اما استفاده مکرر از قارچ‌کش‌ها به دلیل اثرات منفی قارچ‌کش‌های شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست، توجه عمومی را برانگیخته است. بر این اساس، علاقه فزاینده‌ای به جستجوی فناوری های سازگار با محیط زیست به جای قارچ‌کش‌های شیمیایی وجود دارد (Wang *et al*., 2010; Wang *et al*., 2014). مطالعات نشان داده است که گیاهان تیره کدوییان مانند خیار آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر گیاهان در برابر این بیماری دارند (Cespedes-Sanchez *et al*., 2015). عامل سفیدک پودری به آسانی قابل تشخیص است. این کپک با حضور ماده پودری سفید رنگ روی برگ، ساقه و در برخی موارد میوه قابل رویت است. ماده پودری سفید از اسپور قارچ عامل بیماری تشکیل می‌شود. کپک پودری در محیط‌هایی با رطوبت بالا و دمای متوسط به خوبی رشد می‌کند و در این صورت می‌تواند اندازه و کیفیت میوه گیاهان مبتلا را دچار نقص کرده و تولید را به شدت کاهش دهد (Keinath *et al*., 2012).

خیار یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی از نظر سطح زیر کشت و اهمیت اقتصادی است و تولید بذر هیبرید در این گیاه اهمیت فراوانی دارد (Li *et al*., 2022). از این‌رو شناخت ترکیبات والدینی برتر یکی از مهم‌ترین مراحل در برنامه‌های اصلاحی تولید بذر هیبرید است. یکی از عوامل بسیار مفید در برآورد عملکرد، میزان هتروزیس و یافتن والدینی است که بیشترین هتروزیس در نتاج آنها مشاهده شود.

هتروزیس به معنی برتری هیبریدها نسبت به والدین از نظر عملکرد، مقاومت به استرس‌ها و یا میزان باروری می‌باشد و به همین دلیل از هتروزیس برای افزایش میزان تولید و کیفیت محصولات کشاورزی استفاده می‌شود، همچنین هتروزیس به مفهوم نقش پررنگ واریانس غالبیت در کنترل صفات است. والدین دارای ژن‌های غالب، فوق غالبیت یا اپیستازی هستند، بنابراین با وجود هتروزیس در هیبریدها می‌توان به وجود آلل‌های مختلف در یک مکان ژنی در والدین هیبرید پی برد (Huang *et al*., 2006).

در ایران علی رغم اهمیت بالای سفیدک پودری کدوییان، مطالعات مرتبط با آن بسیار محدود بوده و بیشتر به اثر ترکیبات سمی و غیر سمی بر کنترل پاتوژن متمرکز بوده است (Mostafa *et al*., 2021). از آنجاکه مطالعات ژنتیکی برای شناسایی عوامل مقاومت و یا غربالگری ژنوتیپهای موجود صورت نگرفته است، بنابراین شناسایی ارقام مقاوم ودر نهایت شناسایی عوامل ژنتیکی مقاومت در آنها برای استفاده در اصلاح مقاومت به این بیماری مفید خواهد بود. با توجه به مطالب گفته شده هدف تحقیق حاضر بررسی صفات مهم خیار در شرایط وجود بیماری سفیدک پودری و کنترل بیماری و یافتن هیبریدهای با کمترین تغییرات در مقابل بیماری از نظر آن صفات می باشد.

پیشینه پژوهش

انتخاب روش‌های اصلاحی مناسب برای جمعیت‌های مختلف بستگی به نوع عمل ژن‌ها، میزان وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی صفات مورد مطالعه دارد، زمانی که عمل افزایشی ژن نقش مهم‌تری دارد انتخاب روش اصلاح جمعیت و تولید لاین‌های

خالص مناسب می‌باشد و زمانی که عمل غیرافزایشی ژن بیشتر است، روش تولید هیبرید پیشنهاد می‌گردد (مرادی پور و همکاران، ۱۳۹۶). درحال حاضر به دلیل گران بودن بذور هیبرید و عدم استفاده باغداران از هیبریدهای با عملکرد بالا و ارقام اصلاح شده مناسب، عملکرد محصول خیار در ایران با توجه به سطح زیر کشت وسیع آن پایین‌تر از سایر کشورهای پیشرو می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت این محصول و لزوم افزایش عملکرد در واحد سطح، تولید ارقام اصلاح شده و پرمحصول در داخل کشور امری ضروری به نظر می‌رسد. موفقیت در برنامه‌های اصلاحی تولید بذر هیبرید وابسته به توانایی اصلاح‌گر در شناخت لاین‌های والدینی است که کارایی بالا در تولید هیبرید را داشته باشند (الفتی چیرانی و همکاران، ۱۳۹۱).

هیبریدهای ماده‌گل خیار از مزیت پرمحصول بودن برخوردار هستند، بنابراین صفت ماده‌گل بودن باید همواره در تولید ارقام هیبرید خیار مدنظر قرار گیرد. با توجه به اینکه حداقل پنج ژن وجود دارد که بیان جنسیت ماده‌گلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد بنابراین جهت اصلاح خیار برای تولید ارقام جدید با عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر، استفاده از تنوع ژنتیکی و ژرم پلاسم این گیاه به‌شدت ضروری است (حافظانیا و همکاران، ۱۴۰۱).

از آنجا که یکی از موثرترین روش‌ها در بهبود صفاتی با هتروزیس بالا روش مبتنی بر هیبریداسیون است، بنابراین برای رسیدن به هیبریدهای مطلوب در خیار باید تولید هیبرید هر سال تکرار گردد. در این زمینه انتخاب چندان کارساز نخواهد بود زیرا امکان تثبیت آن به دلیل نقش واریانس غالبیت که متغیر است وجود ندارد. بنابراین، با توجه به هتروزیس بالایی که در برخی از هیبریدها در صفات مورد بررسی وجود دارد برای رسیدن به هیبریدی برتر روش مبتنی بر هیبریداسیون پیش بینی می‌شود. همچنین، وجود هتروزیس در برخی از این هیبریدها بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی مناسبی است که بین والدین وجود دارد و از این تفاوت‌های ژنتیکی می‌توان جهت رسیدن به هیبریدهای امید بخش بهره گرفت (مرادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین وجود هتروزیس مناسب در برخی ترکیب های مورد بررسی خیار، امکان دست‌یابی به هیبریدهایی با عملکرد و صفات ظاهری مناسب را فراهم می‌کند.

امروزه استفاده از تکنیک پردازش تصویر که به استخراج اطلاعات موجود در تصاویر با استفاده از آنالیز تصاویر می‌پردازد، در بسیاری از بخش‌های علوم مهندسی و کشاورزی به‌سرعت رواج یافته‌است. پیشرفت قابل توجه این تکنیک در چند دهه اخیر سبب گردیده که با توجه به قابلیت در اختیارنهادن اطلاعات بسیار مفید و تعیین‌کننده‌ای که دارد، در بسیاری از موارد جایگزین روش‌ها و آزمایشات خسته‌کننده و زمان‌بر موجود شود. به‌ویژه در بخش کشاورزی استفاده از این روش در شاخه‌های گوناگون مانند شناسایی ارقام (Ebrahimi *et al.*, 2012)، شناسایی آفات (Xia *et al.*, 2015; Boniecki *et al.*, 2015)، خلوص و کیفیت ارقام (Ebrahimi *et al.*, 2014)، رطوبت خاک (Rahimi Ajdadi *et al.*, 2018)، کیفیت خاکورزی (Rahimi Ajdadi *et al.*, 2016) و همچنین درجه‌بندی و بسته‌بندی (Pourdarbani *et al.*, 2015) گسترش قابل توجهی داشته‌است. برای مقایسه ژنوتیپ‌ها از لحاظ مقاومت به سفیدک پودری برگ، با توجه به سطح پخش شدگی علائم بیماری اندازه‌گیری آن از طرق سنتی بسیار دشوار می باشد. با توجه به مزایای این روش می توان برای محاسبه آن از روش پردازش تصویر در اندازه‌گیری‌ها استفاده کرد.

روش‌شناسی پژوهش

در تحقیق حاضر، از هفت هیبرید خیار که والدین آنها در تحقیقات پیشین عملکرد و کیفیت مناسبی را از خود نشان داده بودند، استفاده شد (مرادی پور و همکاران، ۱۳۹۶، حافظانیا و همکاران، ۱۴۰۱). لاین‌ها از تلاقی ژنوتیپ بومی خیار گیلان که مقاومت نسبی خوبی به سفیدک پودری نشان می دهد با لاین‌های اصلاحی خیار در دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و سپس انتخاب شجره ای در نسلهای بعد حاصل شدند. در این بررسی این لاین‌ها در تمام جهات با هم تلاقی داده شدند اما نهایتا هفت هیبرید از ۱۰ تلاقی مستقیم ممکن شد و در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

این پژوهش به صورت گلدانی در گلخانه‌ای با پوشش پلی‌کربنات (ضخامت حدود دو میلی‌متر) گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان تحت نور طبیعی و دمای ۲۵ درجه سلسیوس به صورت طرح فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در فصل پاییز و در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول ژنوتیپ و شامل هفت ژنوتیپ هیبرید و فاکتور دوم مدیریت بیماری شامل استفاده از قارچ کش و بدون استفاده از قارچ کش بود. در این آزمایش در هر یک از شرایط مدیریت بیماری ۲۱ گلدان حاوی یک بوته خیار تیمار و مورد بررسی قرار گرفت و در مجموع ۴۲ بوته خیار در این آزمایش بررسی شدند.

بذرهای ژنوتیپ‌های مختلف جهت جوانه‌زنی به مدت ۴۸ ساعت در ظروف پتری قرار گرفت و بعد از جوانه‌زنی به گلدان‌های نشائی با قطر دهانه ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر منتقل شد. در هر گلدان یک گیاهچه کشت شد. پس از ظهور دومین برگ حقیقی، گیاهچه‌ها به گلدان‌های اصلی منتقل شدند و عملیات داشت تا رسیدن به مرحله تولید میوه انجام شد. کشت گلدانی درون گلخانه صورت گرفت، گلدان‌ها از جنس پلاستیک با قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بودند که با بستر کشت حاوی کوکوپیت و پرلایت به نسبت حجمی ۱:۱ با وزن کلی ۱۷۵۰ گرم پر شدند. آلودگی به سفیدک پودری به صورت طبیعی در گلخانه اتفاق افتاد و زمانیکه بوته های خیار دارای ۲۰ گره بودند علایم روی همه بوته ها قابل مشاهده بود. زمانی که بوته ها به مرحله ۲۰ برگی رسیدند تیمار قارچ کش (متلاکسیل یک در هزار) روی آنها اعمال شد. جهت تغذیه گیاهان از محلول هوگلند (جدول ۱) استفاده شد (Hoagland & Arnon, 1950).

جدول ۱. مشخصات محلول غذایی هوگلند و آرنون

نیترات کلسیم	نیترات پتاسیم	منوفسفات آمونیوم	سولفات منیزیم	اسید بوریک	کلرید منگنز	سولفات روی	سولفات مس	اسید مولیبدیک
گرم در ۱۰۰ لیتر آب								
۱۱۸۱	۵۰۵/۵	۱۱۵	۴۳۹	۲/۸۶	۱/۱۸	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۰۲

برای ارزیابی صفات مورفولوژیک از توصیف‌نامه UPOV[1] (UPOV, 2017) استفاده شد. برای این منظور تعداد گل ماده در هر بوته، تعداد گل نر در بوته تا گره بیست، طول دم‌گل، طول تخمدان گل باز شده در ۵۰ درصد تخمدان‌های هر بوته، طول میوه در ۵۰ درصد میوه‌های بوته و قطر میوه (حداکثر عرض میوه) در ۵۰ درصد میوه‌های هر بوته ثبت گردید (عادل و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین، تعداد شاخه جانبی هر بوته تا گره بیست هر بوته و طول بوته در هفته آخر دوره رشد از سطح خاک تا انتهای ساقه گیاه تا گره بیست اندازه گیری شد (Gwanama *et al.*, 1998). علاوه بر این، نیمی از میوه های ۳۰ بوته، هریک به صورت جداگانه توزین شدند و سپس برای هر تکرار از کل میوه‌های وزن شده در دو شرایط با اعمال قارچ‌کش و بدون قارچ‌کش میانگین گرفته شد. سطح برگ نیز بر حسب سانتی‌متر مربع با استفاده از روش غیرتخریبی و با استفاده از تصاویر تهیه شده از برگ‌ها و پردازش تصویر حاصل روی نیمی از برگ‌های هر بوته محاسبه گردید (Blanco & Folegatti, 2003).

با توجه به دشواری محاسبه سطح آلوده به سفیدک پودری برگ توسط روش‌های سنتی، در تحقیق حاضر از تکنیک پردازش تصویر استفاده گردید. همچنین، از این روش برای محاسبه مساحت سطح برگ در ژنوتیپ‌های مختلف استفاده شد. تصویربرداری از سطح برگ‌ها با استفاده از یک دستگاه اسکنر (Canon LiDE400) انجام شد. برای تسهیل جداسازی برگ از پس زمینه از یک صفحه پلاستیکی به رنگ آبی تیره در هنگام اسکن استفاده شد.

تصاویر با فرمت JPG برای انجام مراحل پیش پردازش و پردازش ذخیره شدند. با توجه به خصوصیات ظاهری لکه‌های بیماری سفیدک، جهت آشکارسازی این بیماری روی بوته‌های خیار، پردازش تصویر در نرم افزار متلب (The Mathworks, R2021a) انجام شد. با اعمال آستانه مناسب، تصاویر با استفاده از روش Otsu، به تصویر دودویی (سیاه و سفید) تبدیل شدند.

[1] Descriptor

نویزهای احتمالی در این تصویر سیاه و سفید با استفاده از عملیات انقباض و اتساع متوالی حذف شدند. تصویر دودویی مربوط به سطح برگ و نیز لکه‌های بیماری روی برگ با کدنویسی در نرم افزار و تنظیم آستانه های مناسب بدست آمد.

آنالیز آماری

تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ (SAS, 2008) انجام شد. برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و محاسبه شاخص‌ها از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد. مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های مورد بررسی با آزمون توکی در دو سطح احتمال یک درصد و پنج درصد انجام شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در قارچ‌کش، برای صفات تعداد گل ماده، تعداد گل نر تا گره بیست، طول دم‌گل و طول تخمدان گل باز شده، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین تعداد گل ماده (۱۷/۳۳ گل) را ژنوتیپ ۲-۵-۳۶×۲-۲- به خود اختصاص داد. بعد از آن ژنوتیپ ۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳ با میانگین ۱۴ گل ماده قرار گرفت. کمترین میانگین تعداد گل ماده (۲/۳۳ گل) مربوط به ژنوتیپ ۲-۵-۳۶×۳-۲-۵۰ بود. در شرایط با اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین تعداد گل ماده (۱۴ گل) به ژنوتیپ‌های ۲-۵-۳۶×۲-۲-۳۹ و۳-۲-۵۰× ۵-۱-۴۲ اختصاص یافت. کمترین میانگین هم (۷ گل) در ژنوتیپ‌های ۲-۵-۳۶×۵۰-۲-۳ و ۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳ ۷ مشاهده شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳-۲-۵۰× ۵-۱-۴۲ با افزایش ۶ گل و ۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳ با کاهش ۰/۶۷ گل، بیشترین و کمترین تغییر را از نظر تعداد گل ماده در شرایط اعمال قارچ‌کش نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش داشتند. ژنوتیپی که کمترین تغییر را در دو شرایط نشان دهد پایدارتر است (جدول ۳).

برای صفت تعداد گل نر تا گره بیست در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین (۴/۸۸ گل) را ژنوتیپ ۲۲-۳-۴×۲-۵-۳۶ به خود اختصاص داد. کمترین میانگین (۱/۵۷) هم مربوط به ژنوتیپ ۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲ بود. همچنین، در شرایط با اعمال قارچ‌کش بیشترین میانگین تعداد گل نر (۴/۴۷ گل) به ژنوتیپ‌های ۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳ و ۲-۲-۳۹× ۳-۲-۵۰ اختصاص داشت. کمترین میانگین (۳/۳۱ گل) هم متعلق به ژنوتیپ‌های ۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲ بود. نتایج دلالت بر آن داشت که با اعمال قارچ‌کش به ترتیب تلاقی‌های ۲-۵-۳۶× ۲-۲-۳۹ با افزایش ۲/۱۶ گل نر و ۲-۲-۳۹×۳-۲-۵۰ بدون تغییر بیشترین و کمترین تغییر تعداد گل نر را نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش داشتند (جدول ۳).

برای صفت طول دم‌گل در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین را ژنوتیپ ۲-۵-۳۶×۳-۲-۵۰ با میانگین ۱/۵۳ سانتی‌متر به خود اختصاص داد. کمترین میانگین هم (۱/۰۶ سانتی‌متر) در ژنوتیپ ۲-۲-۳۹×۳-۲-۵۰ مشاهده شد. همچنین، در شرایط اعمال قارچ‌کش کمترین میانگین (یک سانتی‌متر) به ژنوتیپ‌های ۲-۵-۳۶×۲-۲-۳۹ و ۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲ اختصاص یافت. بیشترین میانگین (۲/۴ سانتی‌متر) هم متعلق به ژنوتیپ ۴-۳-۲۲×۲-۲-۳۹ بود. از نظر این صفت فقط در ژنوتیپ ۴-۳-۲۲×۲-۲-۳۹ افزایش معنی‌دار طول دم‌گل مشاهده شد و واکنش سایر ژنوتیپ‌ها معنی دار نبود (جدول ۳).

از نظر صفت طول تخمدان گل باز شده در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین (۳/۹۵ سانتی‌متر) را ژنوتیپ ۴-۳-۲۲×۳-۲-۵۰ ۳ به خود اختصاص داد. کمترین میانگین (۱/۸۲ سانتی‌متر هم در ژنوتیپ ۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲ به‌دست آمد. همچنین در شرایط با اعمال قارچ‌کش کمترین میانگین طول تخمدان (۱/۲۷ سانتی‌متر) به ژنوتیپ ۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳ اختصاص یافت. بیشترین میانگین (۶/۶۰ سانتی‌متر) هم متعلق به ژنوتیپ ۴-۳-۲۲×۳-۲-۵۰ بود. نتایج نشان داد که با اعمال قارچ‌کش به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲۲-۳-۴× ۵۰-۲-۳ با افزایش ۲/۶۵ سانتی‌متر و ۴-۳-۲۲×۲-۲-۳۹ با کاهش ۰/۰۵ سانتیمتر بیشترین و کمترین تغییر را نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش داشتند (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ وکاربرد قارچ‌کش بر برخی خصوصیات کمی خیار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد گل ماده تا گره بیستم	تعداد گل نر تا گره بیستم	طول دم‌گل	طول تخمدان گل باز شده
قارچ‌کش	۱	۱۱/۰۵۱**	۰/۱۲۷*	۰/۰۲۴ ns	۰/۱۰۶*
ژنوتیپ	۶	۷۸/۶۶۶**	۲/۹۴۳**	۰/۵۵۰**	۰/۵۲۶**
ژنوتیپ × قارچ‌کش	۶	۱۹/۹۶۸**	۱/۸۳۳**	۰/۳۲۰**	۰/۵۰۳**
خطا	۲۶	۰/۵۷۲	۰/۱۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۲۴
ضریب تغییرات (درصد)	–	۷/۰۹۲	۸/۳۶۷	۱۰/۳۴۹	۵/۳۶۹

ns، * و **: به ترتیب تبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و کار برد قارچ کش بر برخی صفات کمی خیار

تیمار	ژنوتیپ	تعداد گل ماده تا گره بیست	تعداد گل نر تا گره بیست	طول دم‌گل (سانتی‌متر)	طول تخمدان گل باز شده (سانتی‌متر)
بدون قارچ‌کش	۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۱۰/۰۰۰d	۳/۹۴cd	۱/۴bc	۲/۱۴de
	۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۱۷/۳۳a	۱/۵۷e	۱/۱d	۱/۸۲e
	۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۸/۰۰ef	۵/۰۵a	۱/۱d	۳/۴۴bcd
	۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۲/۳۳g	۴/۷۵ab	۱/۵۳b	۲/۰۷de
	۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۱۴/۰۰b	۳/۹۹bcd	۱/۱۶cd	۳/۹۵bc
	۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۸/۰۰ef	۴/۸۸a	۱/۰۰d	۲/۱۴de
	۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۹/۰۰de	۴/۴۷abc	۱/۰۶d	۲/۱۳de
با قارچ‌کش	۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۱۳/۳۳bc	۳/۳۱d	۲/۴a	۲/۰۹de
	۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۱۴/۰۰b	۳/۷۳cd	۱/۰۰d	۱/۷۲e
	۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۱۴/۰۰b	۳/۷۸cd	۱/۲۳cd	۱/۶۸e
	۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۷/۰۰f	۴/۴۷abc	۱/۰۳d	۴/۰bc
	۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۱۳/۳۳bc	۴/۱۱bc	۱/۰۰d	۶/۶۰a
	۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۱۲/۰۰c	۴/۰۸bcd	۱/۱d	۲/۳۲de
	۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۷/۰۰f	۴/۴۷abc	۱/۲cd	۱/۲۷e

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در قارچ‌کش برای صفت تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال پنج درصد و برای صفات طول بوته تا گره بیست در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل برای صفت میانگین سطح برگ معنی دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد، برای صفت تعداد شاخه جانبی در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، ژنوتیپ ۳۹-۲-۲×۵۰-۳-۲ با میانگین ۲/۰۷ بیشترین تعداد را به خود اختصاص داد. کمترین میانگین تعداد شاخه جانبی (یک عدد) هم مربوط به ژنوتیپ ۳-۲-۵۰×۵-۱-۴۲ بود. همچنین، در شرایط با اعمال قارچ‌کش بیشترین میانگین (۱/۸۲ عدد) به ژنوتیپ ۴-۳-۲۲×۲-۳۹-۲ اختصاص یافت. کمترین میانگین (یک عدد) هم در ژنوتیپ‌های ۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲ و ۲-۵-۳۶×۳-۲-۵۰ مشاهده شد. نتایج نشان داد که با اعمال قارچ‌کش به ترتیب ژنوتیپ‌های ۴-۳-۲۲× ۲-۲-۳۹ با افزایش ۰/۵۵ عدد شاخه جانبی و ۴-۲۲-۳× ۵۰-۲-۳ با کاهش ۰/۱۱ عدد شاخه جانبی بیشترین و کمترین تغییر را نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش داشتند (جدول ۵).

برای صفت طول بوته تا گره بیست در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین (۱۷۰/۳ سانتی‌متر) را تلاقی ۳۶-۲-۵×۲-۲-۳۹ و کمترین میانگین (۱۰۰ سانتی‌متر) را ژنوتیپ ۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳ داشتند. همچنین، در شرایط اعمال قارچ‌کش بیشترین میانگین (۱۸۳/۳ سانتی‌متر) به ژنوتیپ ۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲ و کمترین میانگین (۱۰۰ سانتی‌متر) به ژنوتیپ‌های ۴-۲۲-۳×۳۹-۲-۲ و ۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳ تعلق داشت. با اعمال قارچ‌کش به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲-۲-۳۹×۳-۲-۵۰ با کاهش ۶۸/۳ سانتی‌متری و ژنوتیپ ۴-۳-۲۲× ۲-۵-۳۶ با افزایش ۱۲/۶ سانتی‌متری بیشترین و کمترین تغییر را نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش نشان دادند (جدول ۴).

جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ وکاربرد قارچ‌کش بر برخی خصوصیات کمی خیار

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه جانبی	طول بوته تا گره بیست	میانگین سطح برگ
قارچ‌کش	۱	۰/۰۰۱ ns	۱۱/۴۴۲ ns	۱۳۸/۱۴۲ns
ژنوتیپ	۶	۰/۵۹۵**	۹۴۹/۸۲۵**	۲۴۵/۲۱۲ ns
ژنوتیپ × قارچ‌کش	۶	۰/۱۴۸*	۲۳۶/۹۶۸**	۷۵۹۱/۱۲۴ns
خطا	۲۶	۰/۰۴۱	۴۶/۶۰۱	۷۳۰۹/۱۷۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۵/۰۹۱	۴/۴۳۴	۸/۱۴۷

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در قارچ‌کش بر تعداد میوه، وزن تک میوه و طول میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برای صفت تعداد میوه در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین (۲/۵۸ عدد) را ژنوتیپ ۲-۵-۳۶×۲-۲-۳۹ و کمترین میانگین (یک عدد) را ژنوتیپ ۳۶-۲-۵×۳-۲-۵۰ به خود اختصاص دادند. همچنین، در شرایط اعمال قارچ‌کش بیشترین میانگین (دو عدد) به ژنوتیپ ۲۲-۳-۴×۲-۵-۳۶ و کمترین میانگین (یک عدد) به ژنوتیپ‌های ۴-۳-۲۲×۲-۲-۳۹ و ۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳ تعلق داشت. نتایج نشان داد که با اعمال قارچ کش ژنوتیپ‌های ۲-۲-۳۹× ۳-۲-۵۰ با کاهش ۰/۸۲ عدد میوه و ژنوتیپ ۳۶-۵-۲× ۵۰-۲-۳ با افزایش ۰/۱۳ عدد میوه به ترتیب بیشترین و کمترین تغییر را نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش نشان دادند (جدول ۷). تعداد میوه در بوته اصلی‌ترین عامل در تعیین عملکرد خیار گزارش شده است (Cramer & Wehner, 2000).

صفت وزن تک میوه، در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین (۱۶/۳۴ گرم) را در ژنوتیپ ۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳ و کمترین میانگین (۱۰ گرم) را در ژنوتیپ ۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳ نشان داد. با اعمال قارچ‌کش بیشترین میانگین وزن تک میوه (۱۹/۱۷ گرم) در ژنوتیپ ۴-۳-۲۲×۳-۲-۵۰ با میزان ۱۹/۱۷ گرم و کمترین میانگین (۱۰ گرم) آن در ژنوتیپ‌های ۲۲-۳-۴×۲-۲-۳۹ و ۲-۲-۳۹×۳-۲-۵۰ مشاهده شد. نتایج نشان داد که با اعمال قارچ کش به ترتیب تلاقی‌های ۲-۲-۳۹× ۳-۲-۵۰ با کاهش ۶/۳۴ گرم و ۲-۵-۳۶× ۲-۲-۳۹ با افزایش ۲/۴۲ گرم بیشترین و کمترین تغییر وزن میوه را را نسبت به شرایط بدون اعمال قارچ کش داشتند (جدول ۷).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و کار برد قارچ کش بر برخی صفات کمی خیار

تیمار	ژنوتیپ	تعداد شاخه جانبی	طول بوته تا گره بیست (سانتیمتر)
بدون قارچ‌کش	۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۱/۲۷de	۱۳۱/۰۰c
	۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۱/۱۳de	۱۷۰/۳۰ab
	۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۱/۰۰e	۱۶۴/۶۰ab
	۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۱/۱۳de	۱۰۰/۰۰d
	۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۱/۳۸cd	۱۲۹/۶۰c
	۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۱/۲۷de	۱۶۰/۰۰b
	۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۲/۰۷a	۱۶۸/۳۰ab
با قارچ‌کش	۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۱/۸۲ab	۱۰۰/۰۰d
	۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۱/۰۰e	۱۸۳/۳۰a
	۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۱/۱۳de	۱۳۱/۶۰c
	۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۱/۰۰e	۱۴۰/۰۰c
	۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۱/۲۷de	۱۷۵/۰۰ab
	۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۱/۶bc	۱۷۲/۶۰ab
	۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۱/۷۳b	۱۰۰/۰۰d

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

برای صفت طول میوه، در شرایط بدون اعمال قارچ‌کش، بیشترین میانگین را ژنوتیپ ۲-۵-۳۶×۲-۲-۳۹ با میانگین ۱۷/۰۳ سانتی‌متر به خود اختصاص داد. کمترین میانگین هم مربوط به ژنوتیپ ۲-۵-۳۶×۳-۲-۵۰ با مقدار ۱۰ سانتی‌متر بود. در شرایط با اعمال قارچ‌کش بیشترین میانگین به ژنوتیپ ۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲ با میزان ۱۸/۳۳ سانتی‌متر اختصاص یافت. کمترین میانگین هم متعلق به ژنوتیپ‌های ۴-۳-۲۲×۲-۲-۳۹ و ۲-۲-۳۹×۳-۲-۵۰ با مقدار۱۰ سانتی‌متر بود. با اعمال قارچ‌کش به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲-۲-۳۹× ۳-۲-۵۰ با کاهش ۶/۸۳ سانتی‌متری و ۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲ با افزایش ۱/۲۶ سانتی‌متری بیشترین و کمترین تغییر را در طول میوه نشان دادند (جدول ۷).

جدول ٦. نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ وکاربرد قارچ‌کش بر برخی خصوصیات کمی خیار

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد میوه در بوته	وزن تک میوه	طول میوه	سطح آلوده برگ
قارچ‌کش	۱	۰/۸۰۲**	۱/۸۲۴ ns	۷/۱۰۱**	۲/۹۷۰ ns
ژنوتیپ	۶	۱/۴۳۸**	۸۶/۰۳۹**	۱۲۴/۳۱۶**	۴۳۰/۳۱۲**
ژنوتیپ × قارچ‌کش	۶	۰/۱۵۶**	۱۷۴/۴۸۰**	۱۴۵/۷۸۳**	۲۷/۷۸۰ ns
خطا	۲۶	۰/۰۳۹	۰/۸۴۰	۰/۷۶۸	۲۷/۵۳۸
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۷۱۹	۷/۶۵۵	۶/۹۸۴	۱۶/۱۴۷

ns، * و **: به ترتیب تبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و کار برد قارچ کش بر برخی صفات کمی خیار

تیمار	ژنوتیپ	تعداد میوه در بوته	وزن تک میوه (گرم)	طول میوه (سانتی‌متر)
	۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۱/۳۸cde	۱۲/۶۰d	۱۳/۱c
	۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۲/۵۸a	۱۴/۹۳c	۱۷/۰۳ab
	۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۱/۹۸b	۱۲/۸۲d	۱۶/۴۶ab
بدون قارچ‌کش	۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۱/۰۰e	۱۰/۰۰e	۱۰/۰۰d
	۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۲/۳۰ab	۱۱/۱۴d	۱۲/۹۶c
	۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۲/۵۱a	۱۱/۸۹d	۱۶/۰۰b
	۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۱/۸۲bc	۱۶/۳۴bc	۱۶/۸۳ab
	۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۱/۰۰e	۱۰/۰۰e	۱۰/۰۰d
	۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۱/۹۸b	۱۷/۳۵ab	۱۸/۳۳a
	۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۱/۳۸cde	۱۵/۸۴bc	۱۳/۱۶c
با قارچ‌کش	۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۱/۱۳de	۱۶/۳۲bc	۱۴/۰۰c
	۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۱/۵۲cd	۱۹/۱۷a	۱۷/۵۰ab
	۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۲/۰۰b	۱۶/۲۱bc	۱۷/۲۶ab
	۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۱/۰۰e	۱۰/۰۰e	۱۰/۰۰d

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

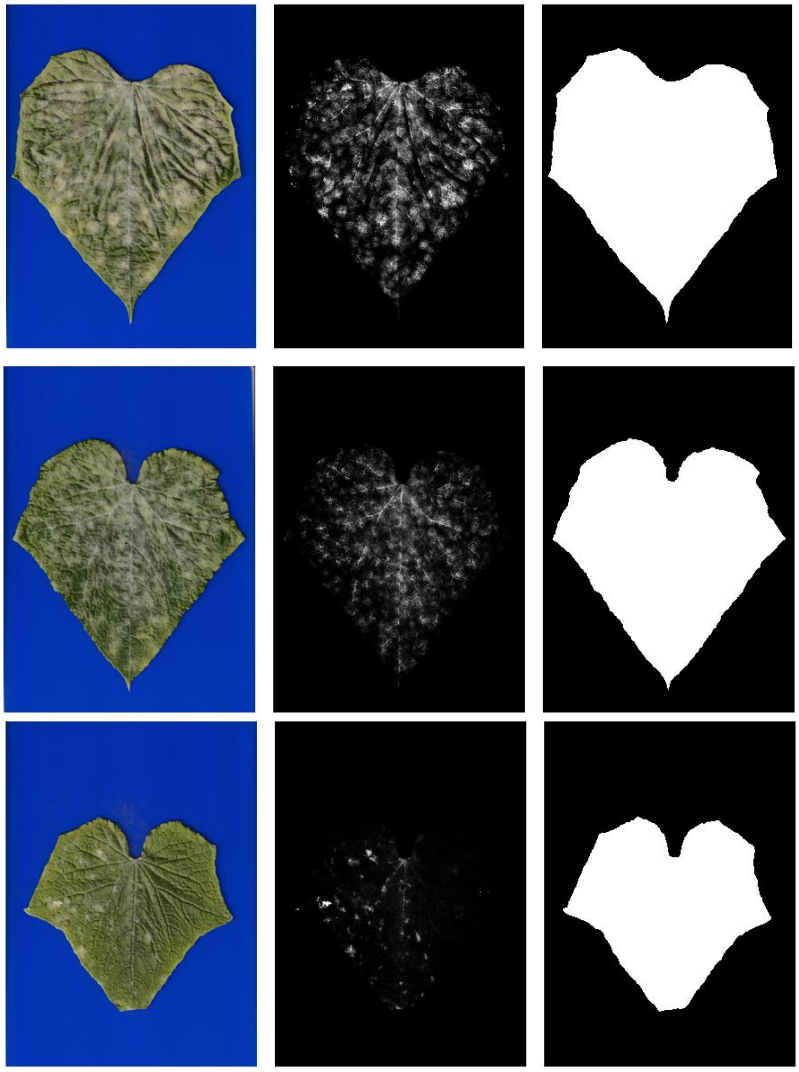
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در قارچ‌کش بر صفت میانگین سطح آلوده معنی‌دار نبود، اما تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین سطح آلوده مربوط به تلاقی ۴-۳-۲۲×۳-۲-۵۰ (۵۰/۷۷) و کم‌ترین سطح آلوده (۲۴/۸۴) مربوط به ژنوتیپ ۲-۵-۳۶ ×۲-۲-۳۹ بود (جدول ۸).

جدول ۸. مقایسه میانگین سطح آلوده برگ در ژنوتیپ‌های مورد بررسی خیار

ژنوتیپ	سطح آلوده (سانتی‌متر مربع)
۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲	۵۰/۷۷a
۳۶-۵-۲×۳۹-۲-۲	۳۲/۷۱b
۵۰-۲-۳×۴۲-۱-۵	۳۱/۱۵b
۳۶-۵-۲×۵۰-۲-۳	۳۱/۱۲b
۲۲-۳-۴×۵۰-۲-۳	۲۹/۰۷b
۲۲-۳-۴×۳۶-۵-۲	۲۷/۷۹b
۳۹-۲-۲×۵۰-۲-۳	۲۴/۸۴b

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

نتایج پردازش تصویر برای اندازه گیری سطح برگ و منطقه آلوده به بیماری سفیدک پودری برای چند برگ بطور نمونه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. تصاویر برگ‌ها در مراحل مختلف پردازش تصویر الف) تصویر RGB اولیه، ب) تصویر دودویی نشاندهنده منطقه آلوده به بیماری سفیدک پودری و ج) تصویر دودویی نمایشگر سطح برگ. تصاویر از بالا به پایین نشان دهنده آلودگی کمتر سطح برگ می باشند.

بحث

تولید خیار تابع تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی و کنترل به موقع آنها می‌باشد. از جمله تنشهای زیستی که تولید این محصول را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد بیمارگرهای قارچی هستند. به طوریکه با فراهم شـدن شرایط مناسب، این بیماری‌ها به شدت توسعه پیدا کرده و خسارات شدیدی را به بار خواهند آورد (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۷). در این تحقیق تیمار با قارچ‌کش سبب افزایش تعداد گل ماده در برخی از هیبریدها همانند ۳-۲-۵۰× ۵-۱-۴۲ شد، درحالی‌که تغییرات در تعداد گل نر با شدت کمتری دیده شد. در بین هیبریدها فقط هیبرید ۲۲-۳-۴×۳۹-۲-۲ با افزایش معنی دار طول دمگل میوه به قارچ‌کش واکنش نشان داد. چنین واکنش مثبتی به قارچ‌کش درخصوص طول تخمدان گل باز شده نیز در هیبرید ۴-۳-۲۲× ۵۰-۲-۳ دیده شد. واکنش بوته ها از نظر تعداد شاخه جانبی چندان مشهود نبود. آلودگی به سفیدک سطحی و عدم کنترل آن

موجب کاهش صفات رویشی همانند طول بوته شد. اما بسته به مقاومت بوته‌ها به بیماری میزان واکنش از شدت و ضعف برخوردار بود، به‌طوری‌که بیشترین کاهش در هیبرید ۲-۲-۳۹×۳-۲-۵۰ دیده شد. واکنش ژنوتیپ‌ها به بیماری از نظر تعداد میوه در بوته چندان زیاد نبود چون اساسا این هیبریدها مزرعه ای و دارای تعداد میوه کمی هستند که آن مقادیر عملکردی در ابتدای رویش و قبل از آنکه از آلودگی به بیماری تاثیر بگیرند به دست خواهد آمد. تعداد میوه در بوته اصلی‌ترین عامل در تعیین عملکرد خیار گزارش شده است (Cramer & Wehner, 2000). واکنش ارقام از نظر وزن میوه به اعمال قارچ کش متغیر بود، بطوریکه در برخی مثل ژنوتیپ ۲-۲-۳۹× ۳-۲-۵۰ کاهش وزن میوه و در هیبرید ۲-۵-۳۶× ۲-۲-۳۹ افزایش وزن میوه مشاهده شد. تغییر مشابهی از نظر طول میوه هم دیده شد که نهایتا این دو تغییر اخیر منجربه کاهش عملکرد وزن میوه در مواجهه با بیماری شد. در مطالعه ای نشان داده شد که برای حصول عملکرد بالا ارقام مقاوم به کم‌ترین برنامه سم‌پاشی نیاز دارند، در صورتی که رقم تا حدی مقاوم به برنامه سم‌پاشی موثرتری نیازمند است تا به سطح عملکرد مشابه رقم مقاوم برسد. ارقام کاملا حساس حتی با کاربرد موثرترین برنامه سم‌پاشی هم به سطح عملکرد مشابه دو رقم قبل نرسیدند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج مشابهی توسط برخی محققین دیگر نیز گزارش شده است (Cespedes-Sanchez ؛ Holdsworth *et al*., 2014 *et al*., 2015). این بیماری تأثیر نـامطلوبی روی محصول نیز به جا می‌گذارد به طوری‌که میوه‌ها قبل از موعد رسیده و بافت میوه نرم می‌شود (Mostafa *et al*., 2021) و از این طریق با کاهش دوره برداشـت و همچنین کاهش کیفیت و کمیت محصول خسارات فراوانـی بـه بـار می‌آورد (Mossler & Nesheim, 2005). به نظر می رسد ژنوتیپ بومی گیلان که در تلاقی اولیه از آن بهره برده شد دارای ژنهای مقاومت است که در نتاج آن و نهایتا در هیبریدهای مورد ارزیابی دیده شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در انتخاب مستقیم ژنوتیپ‌ها، می‌توان ژنوتیپ‌های مناسب هر شرایط را بر اساس میزان عملکرد انتخاب نمود، ولی برای انتخاب ارقامی که برای هر دو شرایط با اعمال قارچ کش و بدون اعمال قارچ‌کش مناسب باشند، باید ارقامی را انتخاب نمود که دارای کمترین نوسان در عملکرد و صفات مرتبط با آن باشند. در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده در این تحقیق، از نظر تعداد میوه و متوسط وزن میوه ژنوتیپ‌های ۲-۵-۳۶×۳-۲-۵۲ و ۴-۳-۲۲×۲-۲-۳۹ و از نظر صفت طول میوه تلاقی ۴-۳-۲۲×۲-۵-۳۶ کمترین میزان نوسان و بیشترین پایداری را نشان دادند.

منابع

الفتی چیرانی، جمالعلی؛ پیوست، غلامعلی؛ سمیع‌زاده لاهیجی، حبیب اله؛ ربیعی، بابک و خداپرست، سیداکبر (۱۳۹۱). برآورد ترکیب پذیری عمومی، خصوصی و هتروزیس تعدادی از لاینهای خیار برای کیفیت میوه از طریق تلاقی دی‌آلل ناقص. *علوم باغبانی*، ۲۶(۴)،۳۵۷-۳۵۰.

عادل، مه جبین؛ امیری، محمد اسماعیل؛ نجاتیان، محمد علی و عادل مریم (۱۳۹۶). تاثیر اسید سالیسیلیک و سولفات منیزیم کلاته بر تخصیص مواد در قسمت‌های رویشی و زایشی در گلابی رقم لوئیزبون آلوده به بیماری آتشک. *علوم باغبانی*، ۳۱(۱)، ۸۹-۸۱.

مرادی‌پور، فاطمه؛ الفتی، جمالعلی؛ حمیداوغلی، یوسف؛ صبوری، عاطفه و زاهدی، بهمن (۱۳۹۶). ارزیابی قدرت هیبرید تعدادی از هیبریدهای خیار از تیپ تازه‌خوری. *تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۷(۲)، ۴۶-۳۳.

حافظنیا، مریم؛ الفتی، جمالعلی؛ ربیعی، بابک و سمیع زاده لاهیجی، حبیب اله (۱۴۰۱). ارزیابی ژنتیکی صفت ماده‌گلی در خیار با استفاده از روش تجزیه میانگین نسل‌ها. *پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۹(۳)، ۱۶-۱.*

دیانتی، محبوبه؛ حمیداوغلی، یوسف و الفتی چیرانی، جمالعلی (۱۳۹۶). تلاقی رقم تجارتی آیلار با لاین‌های منتخب والدینی خیار و ارزیابی نتاج آنها. *علوم باغبانی*، ۳۲(۳)، ۴۵۸-۴۵۱.

رنجبر، عبدالرضا؛ شهریاری، داریوش و رافضی، رامین (۱۳۸۷). ارزیابی مقاومت ژرم پلاسم خیار نسبت به بیماری سفیدک داخلی کدوئیان ناشی از Pseudoperonospo cubensis . *پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران*، ۲۲(۲)، ۷۱-۸۳.

ستمدیده، فاطمه؛ الفتی، جمالعلی و حمیداوغلی، یوسف (۱۳۹۸). ارزیابی نتاج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب خیار با هیبریدهای تجاری نگین. *علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۳)، ۵۴۸-۵۳۹.

REFERENCES

Adel, M., Amiri, M. I., Nejatian, M. A. & Adel, M. (2017). The effect of salicylic acid and chelated magnesium sulfate on matters allocation in vegetative and reproductive parts in pear cv. 'Louise' Bonne infected to fire

blight disease. Journal of Horticultural Science, 31(1), 81-89. (In Persian). doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.42801

Blanco, F. F. & Folegatti, M. V. (2003). A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. Horticultura Brasileira, 21(4), 666-669.

Boniecki, P., Koszela, K., Piekarska-Boniecka, H., Weres, J., Zaborowicz, M., Kujawa, S., Majewski, A. & Raba, B. (2015). Neural identification of selected apple pests. Computers and Electronics in Agriculture,

110, 9-16.

Cespedes-Sanchez, M. C., Naegele, R. P., Kousik, C. S. & Hausbeck, M. K. (2015). Field response of cucurbit hosts to Pseudoperonospora cubensis in Michigan. Plant Disease, 99, 676-682. doi, 10.1094/PDIS-05-14-0500-RE

Cramer, C. S. & Wehner, T. C. (2000). Path analysis of the correlation between fruit number and plant traits of cucumber populations. HortScience, 35(4), 708-711.

Dianati, M., Hamidoghli, Y. & Olfati, J. A. (2018). Crossing commercial hybrid cucumber (Cucumis sativus) cv. Ailar with elite lines and their progenies. Journal of Horticultural Science, 32(3), 451-458. (In Persian).

Ebrahimi, E., Mollazade, K. & Arefi, A. (2012). An expert system for classification of potato tubers using image processing and artificial neural networks. International Journal of Food Engineering, 8 (4), 9. doi.10.1515/1556-3758.2656

Ebrahimi, E., Mollazade, K. & Babaei, S. (2014). Toward an automatic wheat purity measuring device: A machine vision-based neural networks-assisted imperialist competitive algorithm approach.Measurement, 55, 196–205. http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.05.003

Gwanama, C., Mwala, M. S. & Nichterlein, K. (1998). Path analysis of fruit yield components of Cucurbita moschata Duch. Tropical Agricultural Research and Extension, 1, 19-22.

Hafeznia, M., Olfati, J. A., Rabiei, B. & Samizadeh, H. (2022). Genetic evaluation of gynoecioucy in cucumber (Cucumis sativus L.) using generation mean analysis method. Journal of Plant Production Research, 29(3), 1-15. (In Persian)

Hoagland, D. R. & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular, 347, 1-32.

Holdsworth, W. L., Summers, C. F., Glos, M., Smart, C. D. & Mazourek, M. (2014). Development of downy mildew resistant cucumbers for late-season production in the Northeastern United States. HortScience. 49(1), 10-17. doi.org/10.21273/HORTSCI.49.1.10.

Huang, Y., Zhang, L., Zhang, J., Yuan, D., Caiguo, X., Xianghua, L., Daoxiu, Z., Wang, S. & Zhang, Q. (2006). Heterosis and polymorphisms of gene expression in an elite rice hybrid as revealed by a microarray analysis of 9198 unique ESTs. Plant Molecular Biology, 62(4-5), 579-591. doi. 10.1007/s11103-006-9040-z.

Keinath, A. P. & DuBose, V. B., (2012). Controlling powdery mildew on cucurbit rootstock seedlings in the greenhouse with fungicides and biofungicides. Crop Protection, 42, 338-344.

Li, J., Cao, J., Wang, C., Hao, N., Zhang, X., Liu, M. & Wu, T., (2022). Research progress on the leaf morphology, fruit development and plant architecture of the cucumber. Plants, 11(16), 2128. doi.org/10.3390/plants11162128.

Moradipour, F., Olfati, J. A., Hamidoghli, Y., Sabouri, A. & Zahedi, B. (2016). Hybrid vigor estimation in some fresh cucumber hybrids. Journal of crop production and processing, 7(2), 33-46. (In Persian).

Mossler, M. A. & Nesheim, O. N. (2005). Florida crop/pest management profile: Squash. Electronic Data Information Source of UF/IFAS Extension (EDIS). CIR 1265. http://www.edis.ifas.ufl.edu

Mostafa, Y.S., Hashem, M., Alshehri, A.M., Alamri, S., Eid, E.M., Ziedan, E.S.H. & Alrumman, S.A. (2021). Effective management of cucumber powdery mildew with essential oils. Agriculture, 11(1177). doi.org/10.3390/agriculture11111177

Olfati Chirani, J. A., Peyvast, G. A., Samizadeh Lahiji, H., Rabie B. & Khodaparast. S. A. (2013). General and specific combining ability and heterosis estimation of some cucumber lines for qualitative traits in partial diallel design. Journal of Horticultural Science, 26(4), 350-357. (In Persian).

Pourdarbani, R., Ghassemzadeh, H. R., Seyedarabi, H., Zaare Nahandi, F. & Moghaddam Vahed, M. (2015). Study on an automatic sorting system for date fruits. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 14 (1), 83-90. doi.org/10.1016/j.jssas.2013.08.006.

Rahimi Ajdadi, F., Abbaspour Gilandeh, Y., Mollazade, K. & Hasanzadeh, R. P. R. (2018). Development of a novel machine vision procedure for rapid and non-contact measurement of soil moisture content. Measurement, 121, 179–189. doi.org/10.1016/j.measurement.2018.02.060.

Rahimi Ajdadi, F., Abbaspour Gilandeh, Y., Mollazade, K. & Hasanzadeh, R. P. R. (2016). Application of machine vision for classification of soil aggregate size. Soil & Tillage Research, 162, 8–17. SAS Institute, Inc. Version 9.2 [SAS/STAT Software]. (2008) Cary, N.C.: SAS Institute, Inc.Setamdideh Moslemi, F., Olfati, J.A. & Hamidoghli, Y. (2019). The evaluation of cross progeny between elite lines and commercial hybrid 'Negeen'. Iranian journal of Horticultural Science, 50(3), 539-548. (In Persian).

UPOV (2017). Descriptors of tomatoes. Instructions for how to measure traits. TG / 155/4 Rev.
(Website: http://www.upov.int/en/publications/tgrom/tg155).

Wang, Y., Cheng, X., Shan, Q., Zhang, Y., Liu, J., Gao, C. & Qiu, J. L. (2014). Simultaneous editing of three
homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. Nature biotechnology, 32(9), 947-951.

Wang, H., Jiang, Y. P., Yu, H. J., Xia, X. J., Shi, K., Zhou, Y. H. & Yu, J. Q. (2010). Light quality affects incidence of powdery mildew, expression of defense-related genes and associated metabolism in cucumber plants. European Journal of Plant Pathology, 127, 125-135.

Zakeri, A., Mousanejad, S., Olfati, J. A. & Khodaparast, S. A. (2022). Evaluation of some cucurbit genotypes for resistance to downy mildew based on AUDPC. Journal of Crop Protection, 11(1), 29-37. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22519041.2022.11.1.5.6