Journal of Sugar Beet

Journal Home Page: https://jsb.areeo.ac.ir

Field evaluation of some sugar beet cultivars for resistance to powdery mildew

Negin Maleki[1], Saeed Abbasi[1]*, Seyed Bagher Mahmoudi[2], Hamid Reza Chaghazardi[3]

(Received: 22 Oct. 2024 ; Accepted: 8 Dec. 2024)

How to cite this article:
Maleki N, Abbasi S *, Mahmoudi S. B, Chaghazardi H. R. Field evaluation of some sugar beet cultivars for resistance to powdery mildew. Journal of Sugar Beet. 2024: (40)1. 77- 92. (In Persian with English abstract). Doi: https://doi.org/10.22092/JSB.2024.367388.1375

Extended Abstract

Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris*) is an important industrial crop, ranking as the second-largest source of sugar production globally, accounting for approximately 20% of total sugar production. According to the latest reports, Iran, with around 116,000 hectares of area harvested and a production exceeding 6 million tons, is one of the significant sugar beet producers in the world. Powdery mildew is a major fungal disease affecting sugar beet worldwide. In Iran, the disease is prevalent in all regions where sugar beet is cultivated. *Erysiphe betae* (Vanha) Welzien, the causal agent of sugar beet powdery mildew has a limited host range and specifically targets species within the genus *Beta*. Powdery mildew causes reduction in both root yield and sugar content, potentially reducing crop yield up to 30%. Utilizing resistant cultivars is considered as the best management strategy for controlling this disease. So. This study aimed to evaluate the resistance of several new sugar beet cultivars to powdery mildew.

Materials and Methods

Seventeen sugar beet cultivars namely Ekbatan, Paya, Arya, Shokoufa, Motahar, Arta, Dena, Sina, Asia, Kimia, Nika, Tara, Homa, Hosna, Palma, Modex, and BTS335, alongside the susceptible genotype 191 were evaluated. Cultivars were cultivated in a randomized complete block design with three replications at the Research Field of the campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah. Each experimental plot consisted of four rows with 2 m long and 50 cm space apart. Two middle rows were dedicated to the genotype being evaluated, while the outer rows were planted with the susceptible control 191 to ensure uniform inoculum distribution.

The experimental field was monitored every two days, and after the first signs of infection, disease intensity was assessed weekly. Resistance evaluation was based on the Disease Intensity Index (DII) at the final assessment, the area under the disease progress curve (AUDPC), and the number of conidia produced per cm^2 leaf. Data analysis was conducted using SAS v9.3 software, employing the general linear model for variance analysis, and mean comparisons were made using Duncan's multiple range test at the 5% probability level. Additionally, Pearson correlation coefficients were calculated to determine the relationships between the indices used in the resistance assessment.

Results

The first signs of the disease were observed on July 15, 15 weeks after planting, appearing only in the cultivars Ekbatan, Arya, Motahhar, Kimia, Nika, Homa, and 191. After about one month, these signs completely diminished. Although the disease severity at this stage was not significant, the absence of the disease in several tested cultivars is epidemiologically important. The occurrence of the disease at this time creates disease foci in the field, accelerating the re-emergence and spread of the pathogen. This re-emergence occurred after nearly a

۱ Plant Protection Department, Razi University, Kermanshah, Iran.
*Corresponding author: abbasikhs@yahoo.com
۲ Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREOO), Karaj, Iran.
۳Plant Production and Genetics Department, Razi University, Kermanshah, Iran.

2-month pause in October, continuing with an increasing trend.

Variance analysis of the Disease Intensity Index data at the final assessment revealed significant differences among evaluated cultivars regarding resistance to powdery mildew ($P < 0.0004$). Among genotypes, Modex cultivar was identified as the most resistant, with a DII of 0.11 on a scale of zero to one, while Ekbatan was the most susceptible cultivar with a DII of 0.78, showing no significant difference from Paya, Arya, Sina, and Nika. The variance analysis of the AUDPC data also showed a significant difference among evaluated cultivars ($P < 0.0053$). In this context, Modex cultivar continued to show a significant difference with other evaluated cultivars.

The AUDPC provides several advantages over point assessments of disease for various reasons. By utilizing AUDPC, researchers can monitor changes in disease progression more accurately over time. This method allows for the integration of multiple parameters, such as disease occurrence, severity, and environmental effects, into a comprehensive analysis. Consequently, it enhances our understanding of disease dynamics and plant responses to the disease. Many researchers have employed AUDPC to assess the resistance of different cultivars. In this study, continuous monitoring of the disease throughout the growing season yielded valuable data on the onset, decline, and progression of the disease—information that cannot be obtained through point assessments at the end of the season.

Conclusion

In conclusion, Modex cultivar was identified as significantly more resistant to the disease compared with all other evaluated cultivars by all three assessment methods. Therefore, this cultivar is recommended for cultivation if exhibits favorable agronomic traits and yield.

Keywords

AUDPC, Kermanshah, Powdery mildew

References

Abbasi S, Alizadeh A, Mesbah M, Mohammadi GE. Comparison of different methods for evaluating of resistance to Cercospora beticola in sugar beet under field, greenhouse and in vitro conditions. Applied Entomology and Phytopathology. 2003a; 71(1): 1-26 (In Persian with English abstract). https://jaenph.areeo.ac.ir/issue_26697_26698.html

Moaven E, Rajabi A, Aghaizadeh M. Field evaluation of sugar beet half-sib families' reaction to powdery mildew. Iranian Journal of Plant Protection Science. 2018; 48(2): 355-365. Doi:https://doi.org/10.22059/ijpps.2018.132847.100663.

Asher MJC, Luterbacher MC, Frese L. Wild Beta species as a source of resistance to sugar-beet pests and diseases. International Sugar Journal. 2001; 103(1,2): 447-451.

نشریه چغندرقند
Journal Home Page: https://jsb.areeo.ac.ir

ارزیابی مزرعه‌ای مقاومت برخی ارقام چغندرقند به سفیدک پودری†

نگین ملکی[1]، سعید عباسی[2]، سیدباقر محمودی[3]، حمیدرضا چقازردی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۸
نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.22092/JSB.2024.367388.1375
ن. ملکی، س. عباسی، س.ب. محمودی، ح.ر. چقازردی، ارزیابی مزرعه‌ای مقاومت برخی ارقام چغندرقند به سفیدک پودری، **چغندرقند ۴۰(۱): ۷۷- ۹۲**

چکیده

بیماری سفیدک پودری چغندرقند یکی از بیماری‌های مهم قارچی این محصول در سراسر دنیا است که در ایران نیز در تمامی مناطق کشت چغندر قند وجود دارد. بهره‌گیری از ارقام مقاوم بهترین رویکرد مدیریتی برای مهار این بیماری محسوب می‌شود. از این رو در این مطالعه تعدادی از ارقام رایج چغندرقند با هدف دست‌یابی به رقم مقاوم مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این پژوهش، مواد گیاهی شامل ۱۷ رقم به نام‌های اکباتان، پایا، آریا، شکوفا، مطهر، آرتا، دنا، سینا، آسیا، کیمیا، نیکا، تارا، هما، حسنا، پالما، مودکس و BTS 335 به همراه ژنوتیپ حساس ۱۹۱، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول دو متر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. دو ردیف وسط کرت به ژنوتیپ مورد ارزیابی، اختصاص داده شد و در ردیف‌های کناری در تمامی کرت‌های آزمایشی شاهد حساس ۱۹۱ به منظور توزیع یکنواخت آلودگی کاشته شد. پس از ظهور اولین علائم آلودگی، میزان آلودگی هر هفته یک‌بار مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی مقاومت، بر اساس سه شاخص رخداد و شدت بیماری در آخرین یادداشت‌برداری، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و تعداد کنیدیوم تولید شده در واحد سطح صورت گرفت. در این ارزیابی رقم مودکس با شاخص آلودگی ۰/۱۱ در مقیاس صفر تا یک (در قیاس با شاخص آلودگی ۰/۵۷ در شاهد حساس ۱۹۱)، سطح زیرمنحنی ۴۵/۵ (در قیاس با ۲۴۴/۹ در شاهد ۱۹۱) و میانگین ۲۱۰۲ کنیدیوم تولیده شده در واحد سطح (در قیاس با ۱۹۶۸۹ کنیدیوم در شاهد ۱۹۱) با اختلاف معنی‌دار نسبت به تمامی ژنوتیپ‌های ارزیابی شده، در هر سه روش ارزیابی به‌عنوان رقم مقاوم به بیماری سفیدک پودری شناخته شد. بنابراین، این رقم در صورت برخورداری از صفات زراعی و عملکرد مطلوب می‌تواند برای کشت در مناطق آلوده به این بیماری توصیه شود یا به‌عنوان منبع مقاومت در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه: سفیدک پودری، شاخص شدت بیماری، کرمانشاه

---

†- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

۱ . دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲ . دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
*- نویسنده مسئول: abbasikhs@yahoo.com
۳ . دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴ . استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris*) یکی از محصولات مهم زراعی، متعلق به تیره *Amaranthaceae* است. این گیاه دومین منبع بزرگ تولید شکر در جهان پس از نیشکر (*Saccharum officinarum*) است که حدود ۲۰ درصد از کل تولید شکر جهان از آن به دست می‌آید (Anonymous 2023). ایران با سطح زیرکشتی در حدود ۱۱۶ هزار هکتار و با تولید بیش از شش میلیون تن در زمره‌ی تولیدکنندگان مهم چغندرقند در جهان است. استان کرمانشاه نیز با سطح زیرکشتی نزدیک به ۱۳ هزار هکتار و با تولید بیش از ۸۰۰ هزار تن، رتبه چهارم سطح زیر کشت و تولید چغندرقند در کشور را به خود اختصاص داده است (Anonymous 2024).

بیماری سفیدک پودری چغندرقند یکی از بیماری‌های مهم قارچی این محصول در تمامی مناطق کشت چغندرقند در سراسر جهان است (Mukhapadhyay 1987). این بیماری در ایران نیز در تمامی مناطق کشت چغندر قند وجود دارد (Ahmadinejad 1971). عامل بیماری سفیدک پودری چغندرقند، قارچ *Erysiphe betae* (Vanha) Welzien است که دامنه‌ی میزبانی محدودی داشته و تنها گونه‌های جنس *Beta* را مورد حمله قرار می‌دهد (Ruppel and Tomasovic 1977). سفیدک پودری معمولاً نخست روی برگ‌های پیرتر بروز یافته و در هر دو سطح رویی و زیرین برگ گسترش می‌یابد (Francis 2002). کاهش عملکرد در اثـر بیمـاری به زمان و شدت آلودگی بستگی دارد. هر چه زمان آلودگی و شدت آن بیشتر باشد، افت عملکرد ریشه و قند بیشتر خواهد بود (Skoyen *et al.* 1975) به گونه‌ای که می‌تواند در مجموع به دلیل افت عملکرد ریشه و عیار قند، بازده محصول را تا ۳۰ درصد کاهش دهد (Weltzien and Ahrens 1977). در یک آزمایش ارزیابی خسارت که در ایران اجرا شده است، عملکرد ریشه در تیمارهای سم‌پاشی شده ۱۶/۵ درصد و درصد قند ۲/۲ درصد افزایش نشان داده است (Basati *et al.* 2004).

هر چند امکان بهره‌گیری از قارچ‌کش‌های مؤثر برای کنترل بیماری وجود دارد و در ایران نیز پژوهش‌هایی با هدف ارزیابی و معرفی قارچ‌کش‌های برتر برای مهار شیمیایی بیماری اجرا شده است (Heydari *et al.* 2006)، اما بهره‌گیری از ارقام مقاوم به منظور مهار بیماری، مانند هر بیماری گیاهی دیگری، بهترین رویکرد مدیریتی محسوب می‌شود. این رویکرد نه تنها عملکرد را افزایش می‌دهد، بلکه وابستگی به قارچ‌کش‌های شیمیایی را کاهش داده و کشاورزی پایدار و دوستدار محیط زیست را ترویج می‌دهد. اجرای برنامه‌های غربالگری ژن‌پایه در سطح جهانی، منجر به شناسایی بن‌مایه‌های غنی مقاومت در گونه ماریتیما (*B. maritima*) خویشاوند وحشی چغندرقند و چغندربرگی و بهره‌مندی از آن در برنامه‌های به‌نژادی چغندرقند شده است (Whitney 1989; Luterbacher *et al.* 2000; Asher *et al.* 2001; Luterbacher *et al.* 2004).

در ایران نیز، برخی پژوهش‌گران، در مطالعات خود وجود منابع مقاومت به بیماری در ژنوتیپ‌های در دسترس را مورد بررسی قرار داده‌اند (Basati *et al.* 2006; Moaven *et al.* 2018). به‌هر حال، توسعه‌ی مقاومت به بیماری سفیدک پودری و معرفی ارقام مقاوم برای تولید پایدار چغندرقند امری بایسته بوده و زمینه‌ی دسترسی کشاورزان به دامنه‌ی گسترده‌تری از ارقام برای انتخاب رقم مناسب را فراهم می‌کند. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی مقاومت تعدادی از ارقام رایج چغندرقند نسبت به بیماری سفیدک پودری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، مواد گیاهی شامل ۱۷ رقم چغندرقند به نام‌های اکباتان، پایا، آریا، شکوفا، مطهر،آرتا، دنا، سینا، آسیا، کیمیا، نیکا، تارا، هما، حسنا، پالما، مودکس و BTS 335 به همراه ژنوتیپ حساس ۱۹۱ از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تهیه شد.

به‌منظور ارزیابی مقاومت، ارقام مورد آزمایش در تاریخ ۱۶ اسفند ۱۴۰۱، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول دو متر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. دو ردیف وسط کرت به ژنوتیپ

مورد ارزیابی، اختصاص داده شد و در ردیف‌های کناری در تمامی کرت‌های آزمایشی شاهد حساس ۱۹۱ به منظور توزیع یکنواخت آلودگی کاشته شد. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌های آزمایش دو متر در نظر گرفته شد.

گیاهان به روش قطره‌ای و هر هفته یک‌بار آبیاری شدند. پس از ظهور گیاهچه و استقرار کامل گیاهان، در هر ردیف کشت، با نگهداشت ۱۰ بوته و تنک کردن بوته‌های اضافی، تراکم یکنواخت و مناسبی در تمامی کرت‌ها اعمال شد. عملیات وجین علف‌های هرز از ابتدای دوره کشت تا پایان به شیوه پیوسته انجام شد. پس از بروز آلودگی در مزارع تجاری، حجم مناسبی از برگ‌های آلوده به سفیدک پودری از مزارع چغندرقند جمع‌آوری شده و برای تسریع فرایند آلودگی، به صورت یکنواخت در مجاورت کرت‌های آزمایشی پخش شدند.

مزرعه آزمایشی هر دو روز یک بار مورد بازدید قرار گرفته و پس از ظهور نخستین علائم آلودگی، میزان آلودگی هر هفته یک‌بار مورد ارزیابی قرار گرفت.

به منظور ارزیابی رخداد بیماری و شدت آن در هر کرت آزمایشی، از مجموع ۲۰ بوته موجود در هر کرت، ۱۰ بوته (به صورت یک در میان) مورد بازبینی قرار گرفته و بر پایهٔ درصد سطوح آلوده به سفیدک در برگ‌های بالغ، مطابق مقیاس زیر نمراتی از صفر تا ۱۰ به هر کرت اختصاص یافت:

صفر = بدون آلودگی

۱ = ۱ تا ۱۰ درصد آلودگی

۲ = ۱۱ تا ۲۰ درصد آلودگی

۳ = ۲۱ تا ۳۰ درصد آلودگی

۴ = ۳۱ تا ۴۰ درصد آلودگی

۵ = ۴۱ تا ۵۰ درصد آلودگی

۶ = ۵۱ تا ۶۰ درصد آلودگی

۷ = ۶۱ تا ۷۰ درصد آلودگی

۸ = ۷۱ تا ۸۰ درصد آلودگی

۹ = ۸۱ تا ۹۰ درصد آلودگی

۱۰ = ۹۱ تا ۱۰۰ درصد آلودگی

سپس DII یا شاخص رخداد و شدت بیماری (Disease Intensity Index) در مقیاس صفر تا یک طبق رابطه زیر محاسبه شد.

$$\mathrm{DII} = \frac{1}{100}\sum_{i=1}^{10} Si$$

در این رابطه S_i شدت بیماری مشاهده شده در هر بوته در مقیاس صفر تا ۱۰ است.

افزون بر محاسبه DII، در پایان آزمایش از هر ردیف کرت آزمایشی پنج بوته به صورت یک در میان و در مجموع ۱۰ بوته انتخاب و بالاترین برگ بالغ در بوته به آرامی جدا شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، سطح برگ‌ها به کمک یک افشانه دستی کاملاً با آب شست‌وشو شد تا کنیدیوم‌های بیمارگر شسته شوند، سپس آب حاصل از شست و شوی برگ‌ها در یک بشر جمع‌آوری شده و به حجم مشخص رسانده شد. در نهایت، با استفاده از لام هموسایتومتر ، کنیدیوم‌های قارچ در زیر میکروسکوپ شمارش شد. برای تعیین مساحت برگ‌ها، از برگ‌های مذکور از فاصله ثابت ۳۰ سانتی‌متری تصویربرداری شده و با استفاده از تصاویر، مساحت برگ‌ها با کمک نرم‌افزار JMicrovision اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس میانگین تعداد کنیدیوم تولید شده در واحد سطح برگ به‌عنوان یک شاخص ارزیابی مقاومت محاسبه شد.

در پایان آزمون، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (Area Under Disease Progress Curve, AUDPC). برای هریک از تکرارهای آزمایش طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1}\left(\frac{(Ti+1-Ti)(DIi+DIi+1)}{2}\right)$$

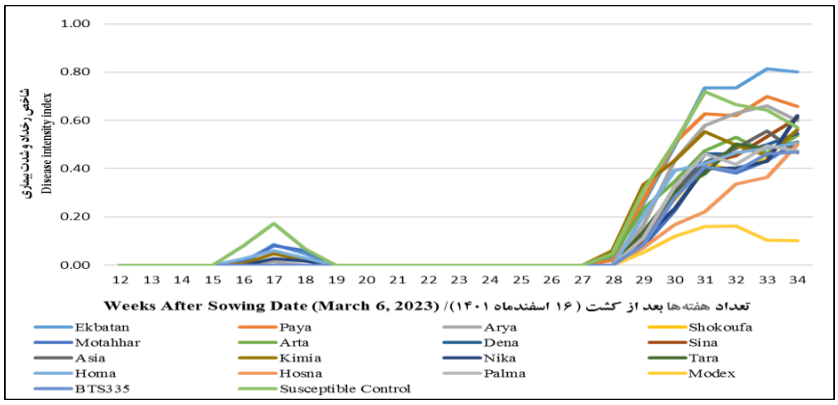
در این فرمول Ti زمان یادداشت‌برداری، DI_i شاخص رخداد و شدت بیماری در هر نوبت یادداشت‌برداری و n دفعات یادداشت‌برداری است.

ارزیابی مقاومت، بر اساس شاخص DII در آخرین یادداشت برداری، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و تعداد کنیدیوم تولید شده در واحد سطح صورت گرفت.

به کمک نرم‌افزار آماری SAS v9.3 تجزیهٔ واریانس داده‌ها با استفاده از روش مدل خطی عمومی صورت گرفته و مقایسه میانگین داده‌های آزمایش، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین به منظور تعیین میزان همبستگی شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی مقاومت، از شاخص همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه، نخسین علائم بیماری در تیرماه و ۱۵ هفته بعد از کشت محصول، مشاهده شد. علائم بیماری در این مرحله تنها در ارقام اکباتان، آریا، مطهر،کیمیا، نیکا، هما و شاهد حساس ۱۹۱ پدیدار شده و پس از گذشت حدود یک ماه یعنی تا هفته نوزدهم پس از کشت به کلی فروکش نمود. پیدایش دوباره بیماری، پس از یک وقفه نزدیک به دو ماه، در مهرماه رخ نمود و با روندی افزایشی ادامه یافت (شکل ۱).

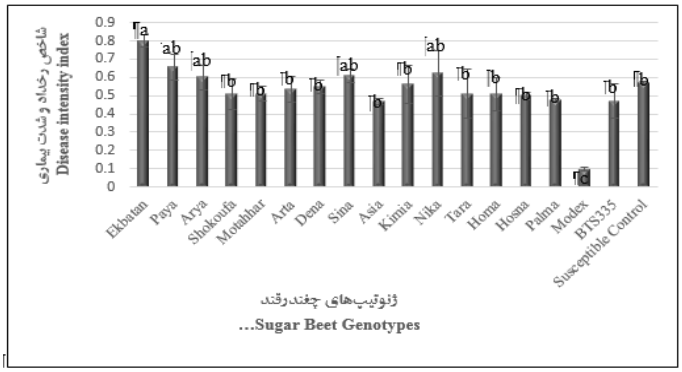


شکل ۱ روند پیدایش و پیشرفت بیماری سفیدک پودری در تعدادی از ارقام چغندرقند

Fig 1. The emergence and progression of powdery mildew in several sugar beet varieties

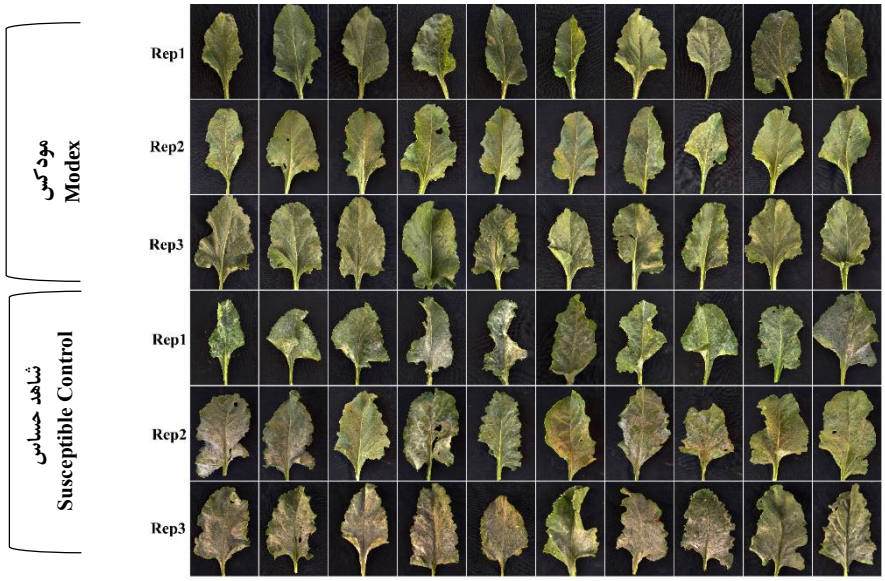
ارزیابی DII در آخرین یادداشت‌برداری رخداد و شدت بیماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد ارزیابی از نظر مقاومت به سفیدک پودری وجود دارد ($P < 0.0004$). بر این پایه، در بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده، رقم مودکس با شاخص آلودگی ۰/۱۱ در مقیاس صفر تا یک، مقاوم‌ترین رقم و رقم اکباتان با شاخص آلودگی ۰/۷۸، بدون اختلاف معنی‌دار با ارقام پایا، آریا، سینا و نیکا، حساس‌ترین رقم ارزیابی شد (شکل ۲).

شکل ۳، شدت بروز سفیدک پودری در رقم مودکس را در قیاس با شدت آلودگی در شاهد حساس ۱۹۱ نشان می‌دهد. در این شکل، تصاویر جوان‌ترین برگ‌های بالغ ۱۰ بوته از مجموع ۲۰ بوته موجود در هر کرت آزمایشی که به صورت یک در میان انتخاب و تصویربرداری شده‌اند نشان داده شده است. مطابق شکل اختلاف بارزی بین رقم مودکس با شاهد حساس وجود دارد.



شکل ۲ مقایسه میانگین شاخص آلودگی بیماری سفیدک پودری در تعدادی از ارقام چغندرقند

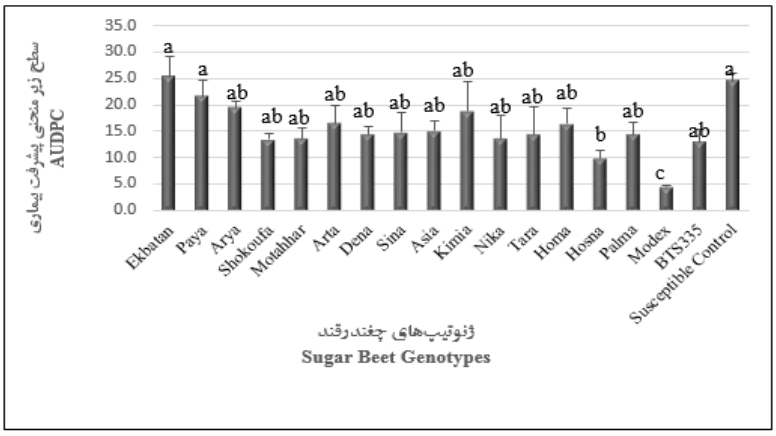
Fig 2. Comparison of the average disease intensity index of powdery mildew in several sugar beet cultivars.



شکل ۳ مقایسه شدت بروز سفیدک پودری در جوان‌ترین برگ‌های بالغ چغندرقند رقم مودکس در قیاس با شاهد حساس

Fig 3. Comparison of severity of powdery mildew in the youngest mature leaves of the Modex sugar beet cultivar compared to the susceptible control.

محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در ارقام مورد ارزیابی، نیز نشان داد که درجه مقاومت رقم مودکس با سطح زیرمنحنی ۴۵/۵، در قیاس با ۲۴۴/۹ در شاهد حساس ۱۹۱، اختلاف معنی‌داری با سایر ارقام مورد بررسی دارد (شکل ۴). محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری که با رصد مستمر پیدایش بیماری و گردآوری هفتگی رخداد بیماری و شدت آن به دست آمد، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد ارزیابی از نظر زمان پیدایش بیماری سفیدک پودری و روند پیشرفت آن وجود دارد ($P < 0.0053$).

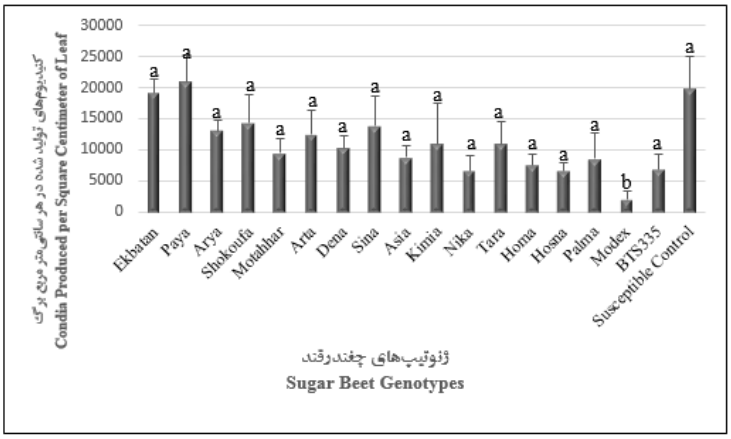


شکل ۴ مقایسه میانگین سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری سفیدک پودری در تعدادی از ارقام چغندرقند

Fig 4. Comparison of the average area under the disease progress curve for powdery mildew in several sugar beet cultivars

میانگین تعداد کنیدیوم تولید شده در واحد سطح برگ در رقم مودکس ۲۱۰۲ عدد در سانتی‌متر مربع بود (در قیاس با ۱۹۶۸۹ کنیدیوم در شاهد حساس ۱۹۱) که اختلاف معنی‌داری با تمامی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی داشت ($P < 0.0140$). از این نظر تمامی ارقام به‌جز رقم مودکس در یک رتبه قرار گرفته و رقم

مذکور کاملاً متمایز از سایر ارقام مقاوم‌ترین رقم ارزیابی گردید (شکل ۵).



شکل ۵ مقایسه میانگین تعداد کنیدیوم تولید شده سفیدک پودری در واحد سطح برگ تعدادی از ارقام چغندرقند

Fig 5. Comparison of the average number of conidia produced per unit leaf area in several sugar beet cultivars affected by powdery mildew

بنابراین، رقم مودکس بر پایه تمامی شاخص‌های سه گانه که با هدف ارزیابی مقاومت ارقام به سفیدک پودری محاسبه شد، مقاوم شناخته شد. تعیین ضرایب همبستگی روش‌های مختلف ارزیابی مقاومت نیز نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین این سه روش وجود دارد (جدول ۱).

جدول ۱ ضرایب همبستگی بین روش‌های مختلف ارزیابی مقاومت به سفیدک پودری در ارقام مختلف چغندرقند.

Table 1. Correlation coefficients between various methods of evaluating resistance to powdery mildew in different sugar beet cultivars.

	سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری	تراکم اسپور
	AUDPC	SD
DII	0.771**	0.519**
AUDPC	1.000	0.548**

تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد :**

**: statistically significant at the 1% level

در این پژوهش پیدایش بیماری در مزرعه بیش از سه ماه بعد از کشت ارقام به طول انجامید و نخستین علائم بیماری در اوایل تیرماه نمایان شد. مطالعات قبلی نشان داده است که برگ‌های جوان چغندرقند، حساسیت کمتری نسبت به سفیدک پودری دارند (Ruppel and Tomasovic 1977). افزایش حساسیت برگ‌ها به موازات افزایش سن برگ در مورد بیماری لکه برگی سرکوسپورایی چغندرقند نیز گزارش شده است (Ruppel 1972). با این حال، عباسی و همکاران (Abbasi *et al.* 2003b) نشان دادند که هرچند مواردی همچون درصد جوانه‌زنی اسپور، درصد نفوذ، نحوه رشد لوله‌های تندش در سطح برگ، تراکم و اندازه روزنه‌ها، باز و بسته بودن آن‌ها، زاویه برگ‌ها، آب‌گریز بودن سطح برگ و غیره می‌توانند به‌عنوان دلایل احتمالی مقاومت نسبی برگ‌های جوان تلقی شوند، اما باید توجه داشت که اساساً مقایسه شدت آلودگی یک برگ جوان و در حال رشد با برگ رشد یافته و بالغ اشتباه و نتیجه این ارزیابی گمراه‌کننده است. نباید انتظار داشت که شدت آلودگی در یک برگ جوان و در حال رشد با برگ بالغ یکسان باشد چراکه در زمان ارزیابی شدت آلودگی، همه برگ‌ها یک دوره نهفتگی

چندین‌روزه را سپری کرده‌اند که طول این دوره بسته به نوع بیماری، شرایط مختلف محیطی و درجه مقاومت مواد گیاهی از چند روز تا چند هفته متغیر است. بدیهی است در طی این دوره مساحت یک برگ جوان تا چندین برابر افزایش می‌یابد حال‌آنکه در مورد برگ بالغ این تغییر سطح برگ وجود ندارد. بنابراین در مورد برگ جوان، سطحی که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد به مراتب بیش از سطح برگی است که آلوده شده است. به عنوان مثال در صورتی که مساحت یک برگ جوان پس از نفوذ لولهٔ تندش عامل بیماری و در طی دوره نهفتگی پنج برابر افزایش یابد، تراکم لکه‌های آلوده در سطح برگ نیز به همان نسبت کمتر خواهد بود (Abbasi *et al.* 2003b).

در این مطالعه، سفیدک پودری، نخست در اوایل تیرماه در شاهد حساس و شش رقم از ارقام مورد آزمایش شامل اکباتان،آریا، مطهر، کیمیا، نیکا و هما بروز یافت. اما پیشرفت بیماری دیری نپایید و اندکی بعد یعنی تا اوایل مردادماه کاملاً فروکش نموده و ناپدید شد؛ به گونه‌ای که تا اوایل مهرماه، رصد بیماری در مزرعه نتیجه‌ای در پی نداشت. هرچند شدت بروز بیماری در این مرحله قابل توجه نبود، ولی به نظر می‌رسد عدم بروز بیماری در تعدادی از ارقام مورد آزمایش از منظر اپیدمیولوژیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بروز بیماری در این مرحله، موجب تشکیل کانون‌های آلودگی در مزرعه شده و بنابراین با فراهم شدن شرایط مساعد محیطی، بروز دوبارهٔ بیماری در مزرعه را تسریع نموده و گسترش آن را افزایش می‌دهد. مطالعات پیشین نشان داده است که کنیدیوم‌های *E. betae* می‌توانند حداقل دو ماه یا بیشتر در شرایط طبیعی بیماری‌زایی خود را حفظ کنند (Ruppel and Tomasovic 1977; Sheikholeslami *et al.* 2005) لذا، در صورت بروز بیماری در تیرماه، زادمایه‌های باقیمانده در مزرعه می‌توانند آغازگر موج تازه‌ای از بیماری در اواخر شهریور تا اوایل مهرماه باشند.

در این مطالعه، از سه روش مختلف ارزیابی، جهت تعیین درجه مقاومت ارقام مورد ارزیابی استفاده شد. تعیین ضرایب همبستگی روش‌های ارزیابی نشان داد که همبستگی بسیار معنی‌داری بین این سه روش وجود دارد. در این میان، تعیین تعداد کنیدیوم تولید شده در واحد سطح برگ کاری دشوار و وقت گیر است. با توجه به این که همبستگی بسیار معنی‌داری در بین روش‌های ارزیابی وجود داشته است، می‌توان چنین استنباط کرد که تعیین رخداد بیماری و شدت آن و همچنین محاسبه سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری از دقت و صحت کافی برخوردار بوده و نیازی به محاسبه سایر اجزای مقاومت نیست (Abbasi *et al.* 2003a). در عین حال، محاسبه سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری به دلایل مختلفی بر ارزیابی نقطه‌ای بیماری برتری دارد. استفاده از AUDPC در ارزیابی مقاومت، به پژوهش‌گران، این امکان را می‌دهد که به طور دقیق‌تری تغییرات در پیشرفت بیماری را در طول زمان رصد کنند. با استفاده از این روش می‌توان پارامترهای متعددی مانند رخداد بیماری، شدت بیماری و اثرات محیطی را در یک تحلیل یکپارچه لحاظ کرد. بنابراین، این روش می‌تواند به درک بهتر پویش بیماری و واکنش گیاهان به آن کمک کند. از این رو، پژوهشگران زیادی از سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری برای ارزیابی مقاومت ارقام استفاده کرده‌اند (Singh 1993; Broers *et al.* 1996; Jeger and Viljanen-Rollinson 2001; Abbasi *et al.* 2002). در مطالعه حاضر، رصد مستمر بیماری در طول فصل رشد، داده‌های فراوانی را در خصوص شروع رخداد بیماری، فروکش کردن بیماری و روند پیشرفت آن فراهم نمود که با ارزیابی نقطه‌ای بیماری در پایان فصل قابل دست‌یابی نیست.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، رقم مودکس با اختلاف معنی‌دار نسبت به تمامی ارقام ارزیابی شده، در هر سه روش ارزیابی به‌عنوان رقم مقاوم شناخته شد. بر این پایه، رقم مذکور در صورت برخورداری از صفات زراعی و عملکرد مطلوب جهت کشت توصیه شده یا به‌عنوان منبع مقاومت در برنامه‌های به‌نژادی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مساعدت بی دریغ جناب آقای دکتر روح‌اله شریفی مدیر محترم مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، آقای مهندس محمدرضا فتحی کارشناس محترم مزرعه و سایر کارکنان آن مجموعه که بدون همراهی و مساعدت ایشان اجرای این پژوهش میسر نبود، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

References

منابع

Abbasi S, Alizadeh A, Mesbah M, Mohammadi GE. Comparison of different methods for evaluating of resistance to *Cercospora beticola* in sugar beet under field, greenhouse and in vitro conditions. Applied Entomology and Phytopathology. 2003a; 71(1): 1-26 (In Persian with English abstract). https://jaenph.areeo.ac.ir/issue_26697_26698.html

Abbasi S, Alizadeh A, Mohammadi E, Mesbah M. Histopathological study of resistance to *Cercospora beticola* in sugar beet. Journal of Sugar Beet. 2003b; 18(2): 155-166 (In Persian with English abstract). Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2003.8282

Abbasi S, Mesbah M, Mahmodi SB. Optimization of field evaluation of resistance of sugar beet cultivars to Cercospora leaf spot. Journal of Sugar Beet. 2002; 18(1): 81-91 (In Persian with English abstract). Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2002.8274

Ahmadinejad A. Studies on powdery mildew of sugar beet. Iranian Journal of Plant Pathology. 1971; 9(2): 20-25.

Anonymous. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. FAO., 2023; Web. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2023-2032_08801ab7-en.

Anonymous. Agricultural Statistics 2022-2023: Volume 1, Field Crops, in: Agriculture IMo (Ed.). Iranian Ministry of Agriculture, Statistics. 2024.

Asher MJC, Luterbacher MC, Frese L. Wild Beta species as a source of resistance to sugar-beet pests and diseases. International Sugar Journal. 2001; 103(1,2): 447-451.

Basati J, Zareii A, Zarrabi MR, Fazli H. Effect of powdery mildew disease on quantity and quality of sugar beet yield in Kermanshah province. Journal of Sugar Beet. 2004; 19(2): 97-108. Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2004.7195

Basati JS, Mesbah M, Karimzadeh G, Sadeghian SY. Analysis of genetic resistance to powdery mildew disease in sugar beet Journal of Sugar Beet. 2006; 21(2): 105-122. Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2006.8202

Broers LHM, Cuesta Subias X and López Atilano RM. Field assessment of quantitative resistance to yellow rust in ten spring bread wheat cultivars. Euphytica. 1996; 909: 916. doi:10.1007/BF00025154

Francis S. Sugar-beet powdery mildew (*Erysiphe betae*). Molecular Plant Pathology. 2002; 3(3): 119–124. Doi:https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00103.x

Heydari A, Safaei D, Urumchi S, Basati J. Comparison of a new fungicide (Opus) with common fungicides in controlling powdery mildew of sugar beet. Journal of Sugar Beet. 2006; 21(2): 179-188. Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2006.8207

Jeger MJ, Viljanen-Rollinson SLH. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. Theoretical and Applied Genetics. 2001; 10232-40. Doi:https://doi.org/10.1007/s001220051615

Luterbacher M, Asher M, DeAmbrogio E, Biancardi E, Stevenato P, Frese L. Sources of resistance to diseases of sugar beet in related Beta germplasm: I. Foliar diseases. Euphytica. 2004; 139105-121. Doi:https://doi.org/10.1007/s10681-004-2488-5

Luterbacher MC, Smith JM, Asher MJC, Frese L. Disease resistance in collections of Beta species. Journal of Sugar Beet Research. 2000; 37(3): 39-48. https://repository.rothamsted.ac.uk/item/88752/disease-resistance-in-collections-of-beta-species

Moaven E, Rajabi A, Aghaizadeh M. Field evaluation of sugar beet half-sib families' reaction to powdery mildew. Iranian Journal of Plant Protection Science. 2018; 48(2): 355-365. Doi:https://doi.org/10.22059/ijpps.2018.132847.1006663

Mukhapadhyay A. Handbook on diseases of sugar beet. CRC Press, Florida, USA. 1987; pp. 192.

Ruppel EG. Negative relationship of stomatal size and density with resistance in sugar beet to *Cercospora beticola*. Phytopathology. 1972; 621095-1096. Doi:https://doi.org/10.1094/Phyto-62-1095

Ruppel EG and Tomasovic BJ. Epidemiological factors of sugar beet powdery mildew. Phytopathology. 1977; 67619-621. Doi:https://doi.org/10.1094/Phyto-67-619

Sheikholeslami M, Okhovvat M, Hejaroude G, Sharifi-Tehrani A, Javan-Nikkhah M. Study of the Stability of *Erysiphe betae* (Vanha) Weltzien, the Causal Agent of Powdery Mildew in Sugar Beet in the Karaj and Qazvin Regions. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 2005; 36(6): 1381-1389. https://jijas.ut.ac.ir/article_17702.html

Singh RP. Resistance to leaf rust in 26 Mexican wheat cultivars. Crop Science. 1993; 33(3): 633-637. Doi:https://doi.org/10.2135/cropsci1993.0011183X003300030041x

Skoyen I, Lewellen R, McFarline J. Effect of powdery mildew on sugar beet production in the Salinas valley of California. The Plant Disease Reporter. 1975; 59:506-510. https://www.cabidigitallibrary.org/ Doi:https://doi.org/10.5555/19750740232

Weltzien H and Ahrens W. Sind ertragssteigerungen durch bekaempfung des echten mehltaus der zuckerruebe (*Erysiphe betae*) moeglich. Zucker. 1977; 30(6): 288-291. http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL7810042503

Whitney E. *Beta maritima* as a source of powdery mildew resistance in sugar beet. Plant Disease. 1989; 73(6): 487-489. Doi:https://doi.org/10.1094/PD-73-0487