

Scientific article¹**Epidemiological Study of Blackleg Disease of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) in Relation to Climatic Indices in Golestan Province**

SOROUGH MAGHSOUDLOO NEJAD², KAMRAN RAHNAMA²✉ 
MOHAMMAD ALI AGHAJANI², HOSSEIN KAZEMI³ AND YONGJU HUAN⁴

1- Ph.D. Candidate, Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran; 2- Associate Professor, Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran; 3- Professor, Horticulture Science Department, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran; 4- Professor, Biological and Environmental Sciences Department, School of Life and Medical Sciences, University of Hertfordshire, Hatfield, United Kingdom

(Received: Oct 2025; Accepted: May 2026)

Abstract

Blackleg disease of oilseed rape (*Brassica napus* L.), caused by the fungus *Leptosphaeria maculans*, is one of the major factors limiting canola production worldwide. This study was conducted to investigate the epidemiology of the disease and its relationship with climatic conditions in Golestan Province, Iran. The results showed that the disease occurred in all regions during both cropping seasons, but its severity and spread patterns are varied significantly among regions and years. During the leaf spot phase, the highest incidence and severity were recorded in the first year in Bandar-e-Gaz and in Gorgan in the second year. In the first year diseases incidence and deases severity were significantly associated with minimum temperature and relative humidity, whereas in the second year, maximum relative humidity and heavy rainfall events emerged as the dominant factors. During the stem canker phase, Aliabad showed the highest levels of disease incidence and severity in both years. Correlation analysis indicated that mild minimum temperatures, high relative humidity, and heavy rainfall wer strongly positively correlated with disease incidence and severity.

Keywords: Blackleg, climatic conditions, disease incidence, disease progress, disease severity, oilseed rape.

✉ rahnama@gau.ac.ir

©2026, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

مقاله پژوهشی^۱

بررسی همه‌گیر شناسی بیماری ساق سیاه کلزا در ارتباط با شاخص‌های آب و هوایی در استان گلستان

سروش مقصود لونزاد^۲، کامران رهنما^۲ , محمد علی آفاجانی^۲، حسین کاظمی^۳ و یانگجو هوانگ^۴

۱- دانشجوی دکتری، استاد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران؛ ۲- دانشیار، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران؛ ۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران؛ ۴- استاد، گروه علوم زیستی، دانشکده علوم زیستی و پزشکی، دانشگاه هرتفورشایر، هاتفیلد، بریتانیا
(تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۵)

چکیده

بیماری ساق سیاه کلزا (Blackleg) که با قارچ *Leptosphaeria maculans* در مزارع کلزای پاییزه ایجاد می‌شود، یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید کلزا در جهان است. این پژوهش با هدف بررسی همه‌گیر شناسی این بیماری و ارتباط آن با شرایط آب و هوایی در استان گلستان انجام شد. در هر دو سال زراعی، بیماری در تمامی مناطق مشاهده شد، اما شدت و الگوی گسترش آن به‌طور معنی‌داری بین مناطق و سال‌ها متفاوت بود. در مرحله برگی، بیش‌ترین وقوع و شدت بیماری در سال اول در شهرستان بندرگز و در سال دوم در شهرستان گرگان ثبت شد. تحلیل همبستگی بین متغیرهای آب و هوایی پاییز این سال و شاخص وقوع و شدت نشان داد که متغیرهای آب و هوایی همچون دمای کمینه (TM) و متغیرهای مربوط به رطوبت نسبی (HA، HM و HX) و تعداد روزهای بارش سنگین (SRD5) بیش‌ترین همبستگی مثبت را با شدت و وقوع بیماری در پاییز داشتند. در مرحله شانکر ساقه، شهرستان علی‌آباد در هر دو سال بیش‌ترین میزان وقوع و شدت بیماری را به خود اختصاص داد. تحلیل همبستگی نشان داد که دمای کمینه ملایم، رطوبت نسبی بالا و بارش‌های سنگین، بیش‌ترین همبستگی مثبت را با شدت و وقوع بیماری داشتند.

واژه‌های کلیدی: پیشرفت بیماری، ساق سیاه کلزا، شدت و وقوع بیماری، شرایط آب و هوایی

[✉ rahnama@gau.ac.ir](mailto:rahnama@gau.ac.ir)

©2026, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از جمله گیاهان دانه روغنی است که در بسیاری از کشورهای جهان کشت می‌شود (West et al., 2001). استان گلستان از نظر میزان تولید و سطح زیر کشت این محصول، رتبه‌ی نخست را در کشور به خود اختصاص داده است. طبق آخرین آمار رسمی ارائه شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲، سطح زیر کشت کلزا در استان گلستان بیش از ۵۵۰۰۰ هکتار بوده است (<https://zeraat.maj.ir>). بیماری ساق سیاه که با قارچ *Leptosphaeria maculans* ایجاد می‌شود، در ایران، برای اولین بار در سال ۱۳۸۸ از استان گلستان و مازندران گزارش شده است (Mirabadi et al., 2009). نتایج یک پژوهش در سال ۹۸-۹۷ در استان گلستان نشان داد، درصد آلودگی مزارع به بیماری ساق سیاه، ۵۵/۸ درصد از مزارع پایش شده بود. بر اساس نتایج این تحقیق، کم‌ترین شدت بیماری در استان گلستان در شهرستان مراوه تپه (صفر درصد) و بیش‌ترین شدت ساق سیاه در شهرستان‌های بندر ترکمن (۷/۲ درصد) و گرگان (۳/۵ درصد) مشاهده گردید.

جمعیت عامل بیماری ساق سیاه کلزا در حال حاضر با دو گونه اصلی *Leptosphaeria maculans* و *L. biglobosa* شناخته می‌شود که گونه‌ی *L. maculans* به عنوان گونه بیماری‌زا (پرازار) و عامل اصلی ایجاد کننده شانکر ساقه در اکثر مناطق دنیا معرفی شده است (Fitt et al., 2006). در یک پژوهش به شناسایی مولکولی و تعیین پاتوتیپ‌های مهاجم جدید بیماری‌زای قارچ *L. maculans*، به عنوان عامل اصلی شانکر ساقه کلزا در شمال ایران پرداخته شد (Vakili-Zarj et al., 2016). نتایج این تحقیق

نشان داد، گونه *L. maculans* (گونه پرازار) به عنوان گونه غالب و عامل اصلی این بیماری در استان گلستان بود. عامل بیماری شانکر ساقه کلزا عمدتاً روی بقایای آلوده کلزا زمستان‌گذرانی می‌کند؛ جایی که سودوتسیوم‌ها تشکیل شده و آسکوسپوره‌های هوازداد به‌عنوان زادمایه اولیه بیماری تولید می‌شوند. ناصری و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که جوانه‌زنی آسکوسپورها و رشد لوله تندش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر دما، رقم میزبان و نوع بافت گیاهی قرار دارد و بیش‌ترین جوانه‌زنی معمولاً در محدوده ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس و در ارقام حساس و لپه‌ها نسبت به ارقام مقاوم و برگ‌ها مشاهده شد. علاوه بر این، شرایط رطوبتی، دما و نور نقش تعیین‌کننده‌ای در رسیدگی سودوتسیوم‌ها و آزادسازی آسکوسپورها دارند و بیش‌ترین رسیدگی سودوتسیوم‌ها در حدود ۱۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط رطوبت مداوم رخ می‌دهد (Naseri et al., 2009). مطالعات فیت و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد عوامل محیطی، از جمله دما و رطوبت، نقش مهمی در شدت و گسترش بیماری ساق سیاه کلزا دارند. این بررسی نشان داد که پراکنش قارچ *L. maculans* تحت تأثیر عوامل جغرافیایی و آب و هوایی مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، دما و رطوبت قرار دارد. در پژوهش دیگری توسط ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)، نتایج بیانگر آن بود که عوامل محیطی مانند دما و رطوبت نسبی، نقش مهمی در شدت و گسترش این بیماری‌ها دارند. در تحقیقی توسعه مدل‌های مبتنی بر بارندگی و دما جهت توصیف آلودگی کلزا توسط پیکنیدوسپوره‌های قارچ *L. maculans* مورد ارزیابی قرار گرفته. محاسبه ضریب همبستگی

پیرسون نشان داده، میزان بارندگی کل در هفته (R) به طور معنی داری با وقوع (Di) و شدت (Ds) بیماری در گیاهان آلوده در مرحله کوتیلدون، سه برگگی و شش برگگی ارتباط دارد و میانگین دمای پیشینه در هفته فقط ارتباط معنی داری با گیاهان آلوده در مرحله لپه‌ای و شش برگگی نشان می‌دهد (Ghanbarnia et al., 2009). بررسی‌های وست و همکاران (۲۰۰۱) نشان داده در اروپا و کانادا به دلیل وجود شرایط آب و هوایی مساعدتر، مانند دمای معتدل و رطوبت نسبی بالا، شدت بیماری بیشتر است، در حالی که در استرالیا محدودیت رطوبتی شدت بیماری را کاهش داده است. همچنین، رطوبت نسبی بالا و بارندگی مداوم به عنوان عوامل کلیدی در گسترش بیماری شناسایی شدند. نتایج مطالعه بارنس و همکاران (۲۰۱۰) نشان داده، ترکیبی از عوامل آب و هوایی (مانند دمای میانگین و رطوبت نسبی)، شرایط زراعی (مانند تراکم کاشت و تاریخ کاشت)، و ویژگی‌های قارچ تأثیر مهمی بر وقوع و شدت بیماری دارند. آن‌ها پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۵۰، با افزایش انتشار CO₂ و تغییرات دمایی، شدت اپیدمی این بیماری در مناطق جنوبی انگلستان و شمال اروپا به‌طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت. همچنین، افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس، شرایط بهینه‌ای برای رشد قارچ فراهم می‌کند و رطوبت نسبی بالا و بارندگی‌های سنگین به‌عنوان عوامل کلیدی در افزایش شیوع این بیماری هستند. پژوهش انجام شده در انگلیس و فرانسه توسط نوئل و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده، حداکثر دمای ماه ژوئن با شدت شانکر ساقه مرتبط بود. در شرایط کنترل‌شده، رقم ES Astrid در دمای ۲۰ درجه

سلسیوس نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس بافت نکروزه کمتری نشان داد.

لیکن سوال این است که، با توجه به متغیر بودن شرایط آب و هوایی طی سال‌های مختلف و با توجه به سطح زیر کشت بالای کلزا در استان گلستان، حضور تیپ‌های بیماری‌زای پراآزار PGT، PG2، PG3 و PG4 قارچ *L. maculans* (Vakili et al., 2017) و شدت بالای بیماری‌زایی این پاتوتیپ‌ها در ارقام رایج داخلی (Keypour et al., 2016) و آلودگی بیش از ۵۰ درصد مزارع به این بیماری (Aghajani et al., 2019)، آیا این امکان وجود دارد که وضعیت بیماری طی سال‌های مختلف در استان گلستان متفاوت و متغیر باشد، یا در شرایط مساعد آب و هوایی همه‌گیری بیماری رخ دهد؟ همچنین با توجه به هتروآل بودن قارچ بیمارگر *L. maculans* و گزارش فرم جنسی این قارچ در استان گلستان توسط وکیلی، رهنما و یامچی (۲۰۱۷)، انتظار می‌رود که قارچ عامل بیماری ساق سیاه در مرحله تولید مثل جنسی و شرایط محیطی خاص، بتواند تغییرات ژنتیکی مطلوبی جهت شکستن مقاومت گیاهان و ایجاد نژادهای جدید داشته باشد و خطر همه‌گیری را افزایش دهد (Huang et al., 2018). از این رو، در این تحقیق سعی بر آن شد که به بررسی وضعیت بیماری با اندازه‌گیری و تجزیه تحلیل‌های آماری شاخص‌های مختلف بیماری‌های گیاهی و ارزیابی همبستگی آن‌ها با متغیرهای آب و هوایی پرداخته شود تا با آگاهی از وضعیت بیماری در مناطق مختلف استان گلستان، مقایسه و تجزیه تحلیل‌های دقیق آماری از نظر مقدار بیماری بین مناطق مورد پایش و معرفی نشانگرهای آب و هوایی موثر بر بیماری طی دو سال اجرای پژوهش، انجام گیرد.

مواد و روش ها

مناطق مورد مطالعه

در این پژوهش داده های مورد استفاده در تعیین وضعیت بیماری شانکر ساقه کلزا، از مزارع کلزا در اطراف ایستگاه های هواشناسی و دیتالوگرهای نصب شده (در یک محدوده ی دایره ای شکل به قطر ۱۰ کیلومتر) در ۴ شهرستان مختلف استان گلستان (جدول ۱)، طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰، جمع آوری گردید.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مزارع کلزای بررسی شده در شهرستان های مورد مطالعه استان گلستان در طول دوره اجرای پژوهش

Table 1. Geographical characteristics of the surveyed oilseed rape fields in the studied counties of Golestan Province during the research period

Latitude	Longitude	Region (station)	Row
36.77064	53.9427	Bandar Gaz (Datalogger)	1
36.868326	54.5681	Gorgan (Sorkhankalateh-Datalogger)	2
36.902130	54.8974	Ali Abad (Weather station)	3
37.26537	55.20042	Gonbad-e Kavus (Weather station)	4

جمع آوری داده ها

به منظور جمع آوری داده های مربوط به وضعیت بیماری شدولانکر ساقه کلزا، بازدیدهای میدانی از مزارع منتخب به صورت منظم و هفتگی انجام شد تا تغییرات در وقوع و شدت بیماری به دقت ثبت گردد. از این رو، در این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰، ۱۳ و در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۱۶ مزرعه (مجموعاً ۲۹ مزرعه طی دو سال زراعی) انتخاب گردید و یادداشت برداری ها از ابتدای دوره کاشت مرسوم کلزا در استان (اواسط مهر ماه، از مرحله دو برگگی کلزا) به طور هفتگی تا انتهای فصل زراعی (خرداد ماه) با بازدیدهای میدانی، جهت ثبت وقوع و شدت بیماری در هر مزرعه انجام شد.

اندازه گیری وقوع (I) و شدت (S) بیماری

استفاده از شاخص های مختلف تعیین کننده وضعیت بیماری های گیاهی، کمک شایانی به سنجش دقیق و علمی از وضعیت بیماری در یک منطقه می کنند. از این رو، در این پژوهش جهت اندازه گیری مقدار وقوع بیماری (DI)، به طور تقریبی ۵۰۰ بوته در هر مزرعه به صورت تصادفی انتخاب شد و بر اساس علایم ظاهری بیماری، به عنوان بوته های سالم یا بیمار در نظر گرفته شدند. مقدار وقوع بیماری (I) (که معادل نسبت بوته های بیمار است) با استفاده از معادله $I = \sum x/N$ به دست آمد. این معادله شامل تعداد بوته های بیماری (x) تقسیم بر تعداد کل بوته های ارزیابی شده (N) می باشد (Cardoso et al., 2004). همچنین، درصد شدت بیماری (DS) که با نماد X از آن یاد شده

در درجه i ام بیماری است، n تعداد کل بوته‌های بیمار و x بالاترین عدد مقیاس نمره‌دهی می‌باشد (Cardoso *et al.*, 2004). خشک و شکننده شده و گیاه مرده است) محاسبه شد (Wang *et al.*, 2020) در این مطالعه، به منظور بررسی روند پیشرفت بیماری در مرحله برگی (از ابتدای دوره کاشت تا قبل از مرحله رُزت)، شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) بر اساس هر دو شاخص وقوع (AUDPCI) و شدت (AUDPCS) محاسبه گردید و نتایج آن بین مناطق مختلف و دو سال اجرای تحقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری با استفاده از معادله

$$AUDPC = \sum_i^{n-1} \left[\frac{(x_i + x_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i) \right]$$

محاسبه گردید و از این طریق روند گسترش و شدت بیماری در مزارع کلزا به صورت کمی و قابل مقایسه در مناطق مختلف یا سال‌های مختلف بررسی شد.

است بر اساس معادله $X = \sum \frac{(x_i n_i)}{n \cdot x} \times 100$ محاسبه گردید. که در آن x_i بیانگر درجه شدت بیماری، n_i بیانگر تعداد بوته‌های بیماری شدت بیماری در مرحله برگی در بوته‌های بیمار بر اساس مقیاس ۰-۴ (۰= بدون علائم، ۱= ۱-۲ لکه‌برگی در هر بوته، ۲= ۳-۵ لکه‌برگی در هر بوته، ۳= ۶-۹ لکه‌برگی در هر بوته، ۴= بیش از ۱۰ لکه‌برگی در هر بوته) محاسبه گردید (Kaczmarek, 2016) شدت بیماری در مرحله ساقه (شانکر ساقه) زمانی که ۶۰ درصد غلاف‌ها تغییر رنگ دادند (BBCH85-BBCH87) بر اساس مقیاس ۰-۵ (۰= بافت آلود در برش عرضی ساقه مشاهده نمی‌شود، ۱= بافت آلوده ۲۵ درصد یا کمتر از برش عرضی ساقه را در بر گرفته باشد ۲= بافت آلوده ۵۰-۲۶ درصد از برش عرضی ساقه را در بر گرفته باشد، ۳= بافت آلوده ۷۵-۵۱ درصد از برش عرضی ساقه را در بر گرفته باشد، ۴= بافت آلوده بیش از ۷۵ درصد از برش عرضی ساقه را در بر گرفته باشد، ۵= بافت آلوده ۱۰۰ درصد برش عرضی ساقه را در بر گرفته باشد، ساقه



شکل ۱- علائم ایجاد شده در مرحله برگی بیماری و وجود نقاط سیاه رنگ (پیکنید) در متن لکه‌برگی‌ها (سمت راست) و تغییر رنگ بافت آوندی ساقه کلزا در مرحله شانکر ساقه (سمت چپ) توسط بیماری ساق سیاه کلزا در اردیبهشت ۱۴۰۰ در شهرستان علی‌آباد کنول. (تصویر از نگارنده).

جمع‌آوری داده‌های آب و هوایی

در این پژوهش، داده‌های آب و هوایی شامل دما (دمای کمینه، بیشینه و میانگین)، رطوبت نسبی (کمینه، بیشینه و میانگین)، بارش (مجموع بارش، تعداد روزهای بارانی، روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش)، به تفکیک هر شهرستان، از اداره کل هواشناسی استان گلستان دریافت گردید (جدول ۲). این داده‌ها برای هر دو سال زراعی اجرای پژوهش (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰) جمع‌آوری شده و به منظور انجام تحلیل‌های آماری و همبستگی با شاخص‌های همه‌گیر شناسی بیماری مورد استفاده قرار گرفتند.

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل‌های آماری و ترسیم بعضی نمودارها با استفاده از نرم‌افزار StatGraphics Centurion XV, Version 15.2.05 (شرکت StatPoint) انجام شد.

جدول ۲- متغیرهای آب و هوایی مورد استفاده در بررسی احتمال وقوع همه‌گیری بیماری شانکر ساقه کلزا در استان گلستان

Table 2. Climatic variables used in investigating the probability of canola stem canker epidemics in Golestan Province

Description	Name	Row
Average temperature (Celsius)	TA	1
Average maximum temperature (Celsius)	TX	2
Average minimum temperature (Celsius)	TM	3
Average relative humidity (%)	HA	4
Average maximum relative humidity (%)	HX	5
Average minimum relative humidity (%)	HM	6
Total precipitation (mm)	SP	7
Number of rainy days	SRD	8
Number of days with more than 5 millimeters of precipitation	SRD5	9

نتایج

برگی در مناطق مختلف استان گلستان طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰، داده‌های مربوط به این شاخص از چهار شهرستان گنبد، بندرگز، علی‌آباد و گرگان جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این شاخص نشان داد، بین سال اول و دوم اجرای پژوهش، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد ($P < 0/01$) وجود دارد (جدول ۳). در سال اول، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های این شاخص بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مناطق مختلف مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵ درصد ($P < 0/05$) بود (جدول ۳). بنابراین بر

به‌منظور بررسی وضعیت بیماری شانکر ساقه کلزا در شهرستان‌های مورد مطالعه و با توجه به چرخه این بیماری از نظر روند ظهور علایم در دو مرحله برگی (لکه‌برگی) و مرحله ساقه (شانکر ساقه)، شاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق، به طور مجزا برای هر دو مرحله بیماری، به تفکیک مناطق و سال زراعی، مورد تجزیه تحلیل قرار گرفتند.

درصد وقوع بیماری (DI) در مرحله برگی (لکه‌برگی) در دو

سال اجرای پژوهش

جهت بررسی میزان وقوع بیماری شانکر ساقه کلزا در مرحله

اساس میانگین ۲/۱۲ درصد و گرگان با ۱/۷۷ درصد به‌طور مشترک در گروه ab قرار گرفتند. کم‌ترین میزان وقوع مربوط به شهرستان گنبد با میانگین ۱/۰۳ درصد و در گروه آماری c طبقه‌بندی شد. مقایسه میانگین با LSD و نتایج (جدول ۴)، بالاترین میزان وقوع بیماری ساق سیاه در مرحله برگی در شهرستان بندرگز با میانگین ۲/۵ درصد مشاهده گردید. در حالیکه شهرستان‌های علی‌آباد با در سال دوم اجرای پژوهش نیز وضعیت مزارع شهرستان‌های منتخب از نظر شاخص درصد وقوع در مرحله برگی بیماری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های بانگر وجود اختلاف معنی‌دار، بین مناطق مختلف مورد مطالعه ($P < 0/05$) بود (جدول ۳). بنابراین، آزمون مقایسه میانگین (LSD) و نتایج (جدول ۴) مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شاخص درصد وقوع بیماری در مرحله برگی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان داد، در این سال بالاترین میزان وقوع بیماری در گرگان با میانگین ۱/۶ درصد مشاهده گردید. در حالیکه شهرستان‌های علی‌آباد و بندرگز به ترتیب با مقدار وقوع ۱/۰۶ و ۰/۹۶ درصد به‌طور مشترک و کمتر از سال گذشته در گروه آماری ab قرار گرفتند. علاوه بر این کم‌ترین میزان وقوع مربوط به گنبد با میانگین ۰/۶۳ درصد و حتی کمتر از سال قبل بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شدت نهایی بیماری در مرحله برگی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نیز بیانگر وجود، اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/05$) بین مناطق مورد مطالعه بود (جدول ۳). بر این اساس، آزمون مقایسه میانگین با LSD جهت نتایج شاخص شدت بیماری در مرحله برگی در این سال زراعی نیز انجام شد (جدول

۴). نتایج بررسی از مقایسه آماری میانگین مربوط به این شاخص، شهرستان بندرگز با ۰/۴۳ درصد، بیش‌ترین میزان شدت بیماری فوما در مرحله برگی را در این سال زراعی به خود اختصاص داد. شهرستان‌های علی‌آباد و گرگان به ترتیب با میانگین‌های ۰/۳۲ درصد و ۰/۲۴ درصد به‌صورت مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین کم‌ترین شدت بیماری در مرحله برگی در گنبد با مقدار ۰/۱۶ درصد مشاهده شد... این نتایج نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بین مناطق مختلف از نظر شدت بیماری فوما در مرحله برگی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ است و همانند سال اول شدت بیش‌تر بیماری در مزارع بندرگز را تأیید می‌کند.

درصد شدت بیماری (DS) در مرحله برگی (لکه‌برگی) در دو سال اجرای پژوهش

به‌منظور بررسی دقیق‌تر روند پیشرفت بیماری در مرحله برگی، شاخص شدت نهایی بیماری (DS) در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مورد تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، بین دو سال زراعی اجرای پژوهش، از نظر این شاخص، اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/01$) وجود دارد. جدول ۳ بر این اساس، جهت دستیابی به تحلیل دقیق‌تر، داده‌های مربوط به این شاخص نیز، برای هر سال زراعی به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شدت نهایی بیماری در مرحله برگی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ نشان داد، بین مناطق مورد مطالعه، اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/05$) وجود دارد. از این رو، آزمون مقایسه میانگین با LSD در جدول ۴ نشان داد، بر

اساس نتایج حاصل مقایسه میانگین داده های مربوط به این شاخص، شهرستان بندرگز با میانگین ۰/۶۷ درصد، بیش ترین شدت بیماری فوما در مرحله برگی را در این سال زراعی به خود اختصاص داد. اما شهرستان های علی آباد و گرگان به ترتیب با میانگین های ۰/۵۵ درصد و ۰/۴۷ درصد به صورت مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین کم ترین میزان شدت بیماری در مرحله برگی در گنبد با مقدار ۰/۲۶ درصد مشاهده شد.

شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)

شانکر ساقه کلزا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص وقوع (AUDPCI) و شدت (AUDPCS) در مرحله برگی بیماری نشان داد که بین دو سال زراعی مورد مطالعه، اختلاف آماری معنی داری ($P < 0/01$) وجود دارد (جدول ۳). لذا، داده های مربوط به این شاخص ها به صورت جداگانه برای هر سال زراعی محاسبه و تحلیل شدند.

شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص وقوع (AUDPCI) در مرحله برگی بیماری در دو سال اجرای پژوهش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس درصد وقوع نشان داد که از نظر این شاخص، بین شهرستان های مورد بررسی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، اختلاف آماری معنی داری ($P < 0/01$) وجود دارد. همچنین بین مزارع اختلاف معنی داری ($P < 0/05$) مشاهده گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده های مربوط به

این شاخص در این سال زراعی، بیش ترین مقدار سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در مرحله برگی بر اساس شاخص وقوع، در مزارع بندرگز با مقدار ۱۱۶/۶۵ مشاهده گردید و از نظر آماری در گروه a قرار گرفت. همچنین مزارع علی آباد، گرگان و گنبد به ترتیب با مقدار ۸۵/۳۷، ۷۷/۶۳ و ۲۶/۶۹ در رتبه های بعدی و در گروه های آماری b، bc و c قرار گرفتند (جدول ۵). در سال دوم، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص وقوع در مرحله برگی بیماری نیز بیانگر وجود اختلاف معنی دار ($P < 0/01$) بین شهرستان ها و مزارع مورد ارزیابی بود (جدول ۳). طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده های مربوط به این شاخص در سال دوم اجرای پژوهش، مجدداً بیش ترین مقدار به مزارع بندرگز با مقدار ۱۶۱/۱۸ تعلق گرفت و در گروه آماری a طبقه بندی شد. شهرستان های علی آباد، گرگان و گنبد نیز به ترتیب با مقدار ۱۴۳/۹۵، ۱۲۴/۵۹ و ۶۲/۹۲ در گروه های آماری b، bc و c قرار گرفتند.

شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص شدت (AUDPCS) در مرحله برگی بیماری در دو سال اجرای پژوهش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص شدت در مرحله برگی بیماری نشان داد، از نظر این شاخص بین شهرستان های مورد بررسی، اختلاف آماری معنی داری ($P < 0/01$) وجود دارد. همچنین بین مزارع نیز اختلاف معنی داری ($P < 0/05$) مشاهده گردید (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین داده های این

مشاهده گردید (جدول ۳). طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین مربوط به این شاخص، در این سال زراعی نیز مجدداً شهرستان بندرگز با میانگین ۴۱/۳۹ درصد بالاترین مقدار سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص شدت در مرحله برگی را به خود اختصاص داد. همچنین شهرستان‌های علی‌آباد با میانگین ۳۸/۶۰ در گروه b و گرگان با میانگین ۳۰/۶۱ در گروه bc قرار گرفتند. کم‌ترین مقدار مربوط به مزارع گنبد با میانگین ۵/۸۲ بود (جدول ۵).

شاخص، شهرستان بندرگز با میانگین ۲۸/۵۵ بالاترین مقدار سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص شدت در مرحله برگی بیماری را به خود اختصاص داد و در گروه آماری جدا قرار گرفت. در حالی که سه شهرستان دیگر بترتیب با میانگین کمتر شامل مزارع علی‌آباد، گرگان و گنبد بود (جدول ۵). در سال دوم نتایج نشان داد، که از نظر این شاخص بین شهرستان‌های مورد ارزیابی، اختلاف آماری معنی‌داری ($P < 0/01$) وجود دارد. همچنین بین مزارع نیز اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$)

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص درصد وقوع (DI)، شدت (DS) و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص وقوع (AUDPCI) و شدت (AUDPCS) در مرحله برگی در شهرستان‌های بندرگز، گرگان، علی‌آباد کتول و گنبد کاووس به تفکیک سال اول، دوم و مجموع دو سال اجرای پژوهش

Table 3. Analysis of variance for disease incidence (DI), disease severity (DS), and area under the disease progress curve based on incidence (AUDPCI) and severity (AUDPCS) during the leaf spot phase of oilseed rape in Golestan Province across the first year, second year, and the combined data of both cropping seasons

Mean square of disease incidence percentage (leaf stage)				df	Source of variation
AUDPCI	AUDPCS	DS	DI		
Year 1399-1400					
21424/3**	2461/83**	0/462*	6/041*	3	Region
4604/84*	363/44*	0/276 ^{ns}	3/190 ^{ns}	3	Field
1733/12	601/47	0/119	1/684	66	Experimental Error
				72	Total
57/6	54/4	70/8	69/9		CV %
Year 2021-2022					
35533/5 **	2530/56 **	0/276*	3/480*	3	Region
5851/32**	538/07 **	0/275 ^{ns}	0/405 ^{ns}	4	Field
1642/02	1642/09	0/073	1/684	73	Experimental Error
				80	Total
52/3	49/8	65/4	61/2		CV %
Total of two years					
10296/6**	25801/1**	0/6487**	5186/11**	1	Year
28473/5**	1463/2**	0/275**	4/760**	6	Region
5047/2**	8664/1**	0/073**	0/405**	7	Field
1696/6	1923/7	0/097	1/684	139	Experimental Error
				153	Total

Notes: *, ** and ns denote significance at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and non-significance, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین درصد وقوع (DI) و شدت (DS) بیماری در مرحله برگری در شهرستان‌های بندرگز، گرگان، علی‌آباد کتول و گنبد کاووس به تفکیک سال اول و دوم اجرای پژوهش

Table 4. Comparison of mean disease incidence (DI) and disease severity (DS) during the leaf spot phase of oilseed rape among the studied counties in Golestan Province for the first and second cropping seasons

DS		DI		Region	Row
2020-2021					
a	0/67	a	2/50	Bandar Gaz	1
ab	0/55	ab	2/12	Ali Abad	2
ab	0/47	ab	1/77	Gorgan	3
b	0/26	c	1/03	Gonbad-e Kavus	4
0/32		1/20			LSD
2021-2022					
a	0/43	a	1/64	Gorgan	1
ab	0/32	ab	1/06	Ali Abad	3
ab	0/24	ab	0/94	Bandar Gaz	3
b	0/16	c	0/63	Gonbad-e Kavus	4
0/23		0/83			LSD

Notes: Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to the LSD test at $p < 0.01$ and $p < 0.05$.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص وقوع (AUDPCI) و شدت (AUDPCS) در مرحله برگری بیماری در شهرستان‌های مورد مطالعه، در سال اول و دوم اجرای پژوهش

Table 5. Comparison of mean area under the disease progress curve based on incidence (AUDPCI) and severity (AUDPCS) during the leaf spot phase of oilseed rape among the studied counties in Golestan Province for the first, second, and combined cropping seasons

AUDPCS		AUDPCI		Region	Row
Year 2020-2021					
a	28/55	a	116/65	Bandar Gaz	1
b	18/66	b	85/37	Ali Abad	2
b	17/92	bc	63/77	Gorgan	3
c	6/58	c	69/26	Gonbad-e Kavus	4
9/55		38/53		LSD	
Year 2021-2022					
a	41/39	a	611/81	Bandar Gaz	1
b	38/60	b	431/95	Ali Abad	2
bc	30/61	bc	241/59	Gorgan	3
c	51/82	c	62/92	Gonbad-e Kavus	4
39/9		35/01		LSD	

Notes: Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to the LSD test at $p < 0.01$ and $p < 0.05$.

درصد وقوع بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه (BLI)**(مرحله رسیدگی فنولوژیکی ۶۰ درصد بوته‌ها)**

جهت بررسی میزان وقوع بیماری شانکر ساقه کلزا در مناطق مختلف استان گلستان طی دو سال اجرای پژوهش، داده‌های شاخص درصد وقوع بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه توسط بیماری، در مرحله رسیدگی و تغییر رنگ ۶۰ درصد بوته‌ها (BBCH85-BBCH87)، از مزارع چهار شهرستان بندرگز، گرگان، علی‌آباد و گنبد و جمع‌آوری گردید و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این شاخص، بین دو سال اجرای پژوهش، اختلاف معنی‌داری ($P<0/01$) مشاهده شد (جدول ۶). بر همین اساس، به‌منظور افزایش دقت تحلیل، فرآیند Data Slicing بر پایه متغیر «سال زراعی» انجام شد و با داده‌های مربوط به این شاخص نیز برای هر سال زراعی به‌صورت مجزا مورد تحلیل آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

درصد وقوع بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه (BLI) در دو**سال اجرای پژوهش**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های شاخص درصد وقوع بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه در سال اول اجرای تحقیق، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مناطق و مزارع مختلف مورد مطالعه ($P<0/01$) بود (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مربوط به شاخص وقوع بیماری نشان داد، بیش‌ترین مقدار وقوع نهایی بیماری در شهرستان علی‌آباد با مقدار ۵۹/۵۷ درصد مشاهده گردید. همچنین، شهرستان‌های بندرگز، گرگان و گنبد به ترتیب با مقدار ۱۶/۱۴، ۱۳/۱۹ و ۹/۸۲ درصد به‌طور مشترک در گروه آماری ab قرار گرفتند (جدول ۷). این نتایج

بیانگر وجود اختلاف بسیار معنی‌دار از نظر میزان وقوع نهایی بیماری در شهرستان علی‌آباد نسبت به سایر مناطق مورد ارزیابی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بود. نتایج حاصل از آنالیز مربوط به این شاخص در سال دوم اجرای پژوهش، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار، بین مناطق مختلف مورد مطالعه ($P<0/01$) بود (جدول ۶)؛ اما بین مزارع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نیز بیش‌ترین مقدار وقوع در شهرستان علی‌آباد با میانگین ۶۲/۵۸ درصد مشاهده گردید. همچنین، شهرستان‌های بندرگز با میانگین ۲۲/۵۷ درصد، گرگان با میانگین ۱۲/۹۲ درصد، c و گنبد با میانگین ۷/۲۲ درصد بترتیب در گروه آماری a، b، c و d قرار گرفتند (جدول ۷). بر این اساس همانند سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، این نتایج بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر میزان وقوع بیماری در مزارع شهرستان علی‌آباد نسبت به سایر مناطق مورد مطالعه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بود.

شاخص درصد شدت بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه**(BLS) (مرحله رسیدگی فنولوژیکی ۶۰ درصد بوته‌ها) در دو****سال اجرای پژوهش**

جهت مطالعه دقیق بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه با استفاده از یادداشت برداری‌های میدانی از مزارع کلزای شهرستان‌های مورد مطالعه در مرحله رسیدگی فنولوژیکی ۶۰ درصد بوته‌ها (BBCH85-BBCH87)، شاخص شدت نهایی بیماری در هر دو سال اجرای پژوهش ثبت و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس این شاخص نشان داد که بین دو سال زراعی اجرای پژوهش، اختلاف

آماري معنی داری وجود نداشت (جدول ۶). بر این اساس، مقایسه میانگین داده های این شاخص در مرحله ایجاد شانکر، بین شهرستان های مورد بررسی، با کاربرد روش تجزیه مرکب (Combined Data Analysis) (ترکیب داده های دو سال زراعی) مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد طی دو سال مطالعه، بیشترین مقدار شدت نهایی بیماری در شهرستان علی آباد با میانگین ۲۶/۸۵ درصد مشاهده گردید. در حالیکه مزارع شهرستان های بندرگز با میانگین ۷/۹۲ درصد، گرگان با میانگین ۵/۳۲ درصد و گنبد با میانگین ۳ درصد بترتیب در گروه آماری a، b، c و d قرار گرفتند (جدول ۷).

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص های وقوع و شدت نهایی بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه، در شهرستان های مورد مطالعه، در سال اول، دوم و مجموع دو سال اجرای پژوهش

Table 6. Analysis of variance for disease incidence (DI) and disease severity (DS) during the stem canker phase of oilseed rape in Golestan Province for the first, second, and combined cropping seasons

Mean squares (stem canker)		df	Source of variation
Final severity	Final incidence		
Year 2020-2021			
–	7548/83**	3	Region
–	274/7**	3	Field
–	48/52	62	Experimental Error
–	28/3	68	Total
			% CV
Year 2021-2022			
–	9921/7**	3	Region
–	801/85**	3	Field
–	22/28	62	Experimental Error
		68	Total
	17/6		% CV
Total of two years			
10/83 ^{ns}	290/23**	1	Year
3738/43**	18346/5**	3	Region
44/77**	201/66**	4	Field
9/19	37/69	141	Experimental Error
		149	Total
28/1	57		% CV

Notes: *, **, and ns denote significance at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and non-significance, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین داده‌های مربوط به شاخص درصد وقوع (DI سال اول و دوم) و شدت بیماری (DS مجموع دو سال) در مرحله ایجاد شانکر ساقه

Table 7. Comparison of mean disease incidence (DI) for the first and second cropping seasons and mean disease severity (DS) for the combined data during the stem canker phase of oilseed rape

during the stem cancer phase of onion bulb					
DS		DI		Region	Row
Year 1399-1400					
-	-	a	59/57	Ali Abad	1
-	-	b	16/14	Bandar Gaz	2
-	-	b	13/19	Gorgan	4
-	-	b	9/82	Gonbad-e Kavus	5
6/92					LSD
Year 2021-2022					
-	-	a	62/58	Ali Abad	1
-	-	b	22/57	Bandar Gaz	2
-	-	c	12/92	Gorgan	3
-	-	d	7/22	Gonbad-e Kavus	4
4/08					LSD
Total two years of evaluation					
a	26/85			Ali Abad	1
b	7/92			Bandar Gaz	2
c	5/32			Gorgan	3
d	3			Gonbad-e Kavus	4
1/92					LSD

Notes: Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to the LSD test at $p < 0.01$

(جدول ۸). بر این اساس همبستگی دو شاخص وقوع و شدت با دمای کمینه (TM) به ترتیب $+0.78$ و $+0.76$ ، با میانگین رطوبت نسبی (HA) به ترتیب $+0.78$ و $+0.75$ ، تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) به ترتیب $+0.73$ و $+0.70$ و رطوبت نسبی کمینه (HM) به ترتیب $+0.67$ و $+0.64$ بود. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ بیش‌ترین میزان همبستگی مثبت بین وقوع و شدت بیماری با متغیر مجموع بارش (SP) (همبستگی $+0.77$ با وقوع و $+0.80$ با شدت)، میانگین رطوبت نسبی بیشینه (HA) (همبستگی $+0.77$ با وقوع و $+0.81$ با شدت) و تعداد روزها با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) (همبستگی $+0.69$ با وقوع و $+0.74$ با شدت) وجود داشت. همچنین در این سال بیش‌ترین همبستگی منفی بین وقوع و شدت بیماری با متغیر

تحلیل همبستگی شاخص‌های همه‌گیرشناسی بیماری شانکر ساقه کلزا با متغیرهای آب و هوایی

همبستگی بین شاخص‌های وقوع (DI) و شدت (DS) در مرحله برگری بیماری در دو سال اجرای پژوهش

در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد وقوع (DI) و شدت بیماری (DS)، بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین شهرستان‌های مورد بررسی بود. به‌منظور بررسی علل تفاوت در میزان وقوع و شدت بیماری بین مناطق مختلف، همبستگی بین داده‌های آب و هوایی فصل پاییز با میزان بیماری در مناطق مورد مطالعه در سال ۱۳۹۹ مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو شاخص بیماری رابطه‌ای بسیار قوی با شرایط آب و هوایی داشتند

تعداد روزهای بارانی (SRD) به ترتیب با $-0/59$ و $-0/56$ و همبستگی منفی را با وقوع و شدت بیماری نشان داده بودند (جدول ۸).
 دمای بیشینه (TX) به ترتیب با $-0/55$ و $-0/56$ مشاهده گردید.
 این دو متغیر آب و هوایی در سال زراعی اول نیز بیش‌ترین

جدول ۸- همبستگی شاخص وقوع (DI) و شدت (DS) بیماری در مرحله برگ‌ری با متغیرهای آب و هوایی فصل پاییز سال اول و دوم اجرای پژوهش

Table 8. Correlation between disease incidence (DI) and disease severity (DS) during the leaf spot phase and autumn climatic variables for the first and second cropping seasons

Correlation(DS)	Correlation(DI)	Climate variable
Year 2020-2021		
** +0/92	** +0/91	TM (Minimum Temperature)
** +0/86	** +0/88	HA (Average Relative Humidity)
** +0/84	** +0/85	HM (Minimum Humidity)
ns +0/87	ns +0/85	HX (Maximum Humidity)
** +0/70	** +0/73	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
* +0/54	+0/56	SP (Total Precipitation)
* +0/35	+0/31	TA (Average Temperature)
ns -0/69	ns -0/71	SRD (Number of Rainy Days)
* -0/71	* -0/74	TX (Maximum Temperature)
Year 2021-2022		
** +0/96	** +0/99	HA (Average Relative Humidity)
** +0/74	** +0/69	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
** +0/27	** +0/17	SP (Total Precipitation)
ns +0/15	ns +0/05	HX (Maximum Relative Humidity)
ns -0/05	ns +0/02	TM (Minimum Temperature)
ns +0/01	ns -0/09	HM (Minimum Relative Humidity)
ns -0/29	ns -0/10	TA (Average Temperature)
* -0/31	* -0/15	TX (Maximum Temperature)
* 0/70	* -0/77	SRD (Number of Rainy Days)

Notes: *, **, and ns denote significance at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and non-significance, respectively

تغییر رنگ ۶۰ درصد غلاف‌ها) با متغیرهای آب‌وهوایی چهار ماه پایانی فصل زراعی (شامل ماه اسفند و فصل بهار) مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۹). در سال اول، نتایج نشان داد که متغیرهایی چون مجموع بارش (SP) با ضریب همبستگی $+0/79$ ، تعداد روزهای بارانی (SRD) با $+0/63$ ، میانگین رطوبت نسبی (HA) با $+0/69$ ، رطوبت نسبی کمینه (HM) با $+0/62$ و روزهای

همبستگی بین شاخص‌های وقوع (BLI = Blackleg Incidence) و شدت (BLS = Blackleg Severity) در مرحله ایجاد شانکر ساقه در دو سال اجرای پژوهش

در این تحقیق، تحلیل همبستگی بین شاخص‌های وقوع (BLI) و شدت (BLS) بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه (رسیدگی و

با بارش بیش از ۵ میلی‌متر (SRD5) با $+0/48$ ، بیش‌ترین میزان همبستگی مثبت را با مقدار وقوع شانکر (BLI) داشتند. در مقابل، میانگین دما (TA) با ضریب $-0/73$ و دمای بیشینه (TX) با $-0/34$ بالاترین همبستگی منفی با این شاخص را داشتند. در سال دوم اجرای پژوهش (۱۴۰۱-۱۴۰۰) متغیرهای میانگین رطوبت نسبی (HA) با $+0/87$ ، رطوبت نسبی کمینه (HM) با $+0/79$ ، تعداد روزهای بارانی (SRD) با $+0/65$ ، مجموع بارش (SP) با $+0/63$ و تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) با $+0/46$ بیش‌ترین همبستگی مثبت را با شاخص BLS داشتند. درحالی که میانگین دمای بهار (TA) و دمای بیشینه به ترتیب با $-0/74$ و $-0/56$ بیش‌ترین همبستگی منفی را نشان دادند. نتایج حاصل در هر دو سال اجرای پژوهش دو متغیر رطوبت نسبی بیشینه (HX) و دمای کمینه (TM) رابطه معنادار آماری با شاخص وقوع شانکر ساقه (BLI) نداشتند (جدول ۹). مقایسه متغیرهای آب و هوایی نشان داد که شهرستان علی‌آباد در بهار ۱۴۰۱ در اکثر نشانگرهای آب و هوایی کلیدی و مؤثر بر وقوع شانکر (متغیرهای با بالاترین ضریب همبستگی مثبت با مقدار بیماری) دارای شرایط مستعدتری برای توسعه بیماری نسبت به سایر مناطق بوده است. به طوری که رطوبت پایدارتر، بارندگی مداوم‌تر و کاهش نسبی دما شرایط بهینه‌ای را برای گسترش شانکر در ساقه فراهم کرده‌اند که این امر منجر به بیش‌ترین وقوع بیماری در این منطقه شده بود (جدول ۱۰). در ادامه ارزیابی‌ها در این تحقیق، جهت معرفی فاکتورهای آب و

هوایی مؤثر بر شدت بیماری در مرحله ایجاد شانکر نتایج دو ساله نشان داد، متغیرهای آب و هوایی با بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی مثبت با شاخص BLS، به ترتیب، مجموع بارش (SP) با ضریب همبستگی $+0/83$ ، میانگین رطوبت نسبی (HA) با $+0/67$ ، رطوبت نسبی کمینه (HM) با $+0/60$ ، تعداد روزهای بارانی (SDR) با $+0/62$ و روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SDR5) با $+0/49$ بودند. همچنین بالاترین همبستگی منفی مربوط به متغیرهای میانگین دما (TA) با ضریب $-0/76$ دمای بیشینه (TX) با ضریب همبستگی $-0/41$ و بود (جدول ۱۱). اما در سال دوم اجرای پژوهش الگوی همبستگی به سمت افزایش اثر رطوبت نسبی و کاهش نقش بارش تمرکز داشت. به طوری که، بیش‌ترین همبستگی مثبت با میزان شدت بیماری مربوط به متغیرهای میانگین رطوبت نسبی (HA) با ضریب همبستگی $+0/83$ ، رطوبت نسبی کمینه (HM) با $+0/75$ ، تعداد روزهای بارانی (SRD) با $+0/69$ ، مجموع بارش فصلی (SP) با $+0/68$ و روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) با $+0/52$ بود. اما بالاترین همبستگی منفی با شدت بیماری در این سال مربوط به متغیرهای دمای بیشینه (TX) با ضریب همبستگی $-0/50$ و دمای میانگین (TA) با ضریب همبستگی $-0/76$ بود. همچنین نتایج نشان داد در هر دو سال اجرای پژوهش دو متغیر رطوبت نسبی بیشینه (HX) و دمای کمینه (TM) رابطه معنادار آماری با شاخص شدت شانکر ساقه (BLS) نداشتند (جدول ۱۱).

جدول ۹- همبستگی شاخص وقوع (BLI) و شدت (BLS) بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه با متغیرهای آب و هوایی بهار سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در

شهرستان‌های مورد مطالعه

Table 9. Correlation between disease incidence (BLI) and severity (BLS) index during the stem canker phase and spring climatic variables in 2021 and 2022

BLS	Climate variable	BLI	Climate variable
Spring 2021			
** +0/97	SP (Total Precipitation)	** +0/95	SP (Total Precipitation)
** +0/93	SRD (Rainy Days)	** +0/93	SRD (Rainy Days)
** +0/88	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)	** +0/88	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
** +0/60	HA (Average Relative Humidity)	** +0/54	HA (Average Humidity)
ns +0/46	HX (Maximum Humidity)	ns +0/48	HX (Maximum Relative Humidity)
** +0/53	HM (Minimum Humidity)	** +0/47	HM (Minimum Relative Humidity)
** -0/16	TM (Minimum Temperature)	ns -0/23	TM (Minimum Temperature)
* -0/41	TX (Maximum Temperature)	* -0/34	TX (Maximum Temperature)
** -0/76	TA (Average Temperature)	** -0/73	TA (Average Temperature)
Spring 2022			
** +0/83	HA (Average Relative Humidity)	+0/87	HA (Average Relative Humidity)
** +0/75	HM (Minimum Relative Humidity)	+0/79	HM (Minimum Relative Humidity)
** +0/63	SRD (Rainy Days)	+0/59	SRD (Rainy Days)
** +0/53	SP (Total Precipitation)	+0/47	SP (Total Precipitation)
** +0/52	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)	+0/46	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
ns +0/22	HX (Maximum Humidity)	ns +0/21	HX (Maximum Relative Humidity)
ns -0/23	TM (Minimum Temperature)	ns -0/26	TM (Minimum Temperature)
** -0/50	TX (Maximum Temperature)	-0/56	TX (Maximum Temperature)
** -0/76	TA (Average Temperature)	-0/74	TA (Average Temperature)

Notes: *, **, and ns denote significance at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and non-significance, respectively.

جدول ۱۰- مقایسه متغیرهای آب و هوایی بهار سال اول و دوم اجرای پژوهش در شهرستان علی‌آباد با میانگین شهرستان‌های بندرگز، گرگان و گنبد کاووس

Table 10. Comparison of climatic variables in Aliabad County with the mean of other studied regions during the spring of the first and second cropping seasons.

Average of other regions	Ali Abad	Climate variable
Spring 2021		
56/5	111/7	SP (Total Precipitation)
21	28	SRD (Rainy Days)
4/3	8	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
65/5	71/3	HA (Average Relative Humidity)
44/9	51/3	HM (Minimum Relative Humidity)
27/3	25/5	TX (Maximum Temperature)
20/3	18/7	TA (Mean Temperature)
Spring 2022		
72/6	144/9	SP (Total Precipitation)
24/3	29	SRD (Rainy Days)
4/3	8	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
61/1	۷۵	HA (Average Relative Humidity)
45/6	58/5	HM (Minimum Relative Humidity)
26/53	25/9	TX (Maximum Temperature)
20/29	19/7	TA (Mean Temperature)

جدول ۱۱- مقایسه متغیرهای آب و هوایی در دو سال اجرای پژوهش بین دو شهر گرگان و بندرگز

Table 11. Comparison of climatic indices between Bandar-e-Gaz and Gorgan counties during the two cropping seasons of the study

Total precipitation (SP)	Days with precipitation more than 5 mm (SRD5)	Number of rainy days (SRD)	Average relative humidity (HA)	Maximum relative humidity (HX)	Maximum Temperature (TM)	Year	Region
93/9	8	21	74	90/1	11/1	2020	Bandar Gaz
71/6	4	17	68/1	87/3	10/2	2020	Gorgan
79/2	5	19	69/7	85/7	11/1	2021	Bandar Gaz
96/3	9	15	78/4	95/5	12/3	2021	Gorgan

جدول ۱۲- مقایسه متغیرهای آب و هوایی بهار سال اول و دوم اجرای پژوهش در شهرستان علی‌آباد با میانگین شهرستان‌های بندرگز، گرگان و گنبد کاووس.

Table 12. Comparison of climatic variables in Aliabad County with the mean of other studied regions during the spring of the first and second cropping seasons.

Average of other regions	Ali Abad	Climate variable
Spring 2021		
56/5	111/7	SP (Total Precipitation)
21	28	SRD (Rainy Days)
4/3	8	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
65/5	71/3	HA (Average Relative Humidity)
44/9	51/3	HM (Minimum Relative Humidity)
27/3	25/5	TX (Maximum Temperature)
20/3	18/7	TA (Mean Temperature)
Spring 2022		
72/6	144/9	SP (Total Precipitation)
24/3	29	SRD (Rainy Days)
4/3	8	SRD5 (Days with more than 5 mm of precipitation)
61/1	۷۵	HA (Average Relative Humidity)
45/6	58/5	HM (Minimum Relative Humidity)
26/53	25/9	TX (Maximum Temperature)
20/29	19/7	TA (Mean Temperature)

بحث

است. بر اساس نتایج این تحقیق، با بررسی طی دو سال، وقوع بیماری در کلیه مناطق مشاهده شد؛ اما شدت آن در مناطق مختلف و در مراحل مختلف بیماری، اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در سال ۲۰۱۷ و کیلی و همکاران، با شناسایی مولکولی و تعیین پاتوتیپ‌های مهاجم جدید بیماری‌زای قارچ *L.maculans* عامل شانکر ساقه کلزا در شمال ایران پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر وجود گروه‌های بیماری‌زایی پرآزار در تمامی ۱۹ جدایه تهیه شده از مزارع کلزای مناطق مختلف استان گلستان و تنوع در پراکنش آن‌ها بود. حضور تیپ‌های پرآزار قارچ عامل بیماری در تمام مناطق استان می‌تواند یکی از دلایل قابل قبول برای

استان گلستان بزرگترین تولید کننده کلزا در ایران است که به دلیل شرایط آب و هوایی مناسب و خاک حاصلخیز، تولید این محصول در آن رونق دارد. انتخاب این منطقه برای مطالعه به دلیل تنوع شرایط محیطی و شیوع بالای بیماری شانکر ساقه کلزا می‌باشد. در این پژوهش، نتایج حاصل از دو سال بررسی همه‌گیر شناسی بیماری شانکر ساقه کلزا در مزارع چهار شهرستان استان گلستان نشان داد که وضعیت بیماری ساق سیاه کلزا در استان، تحت تأثیر شرایط آب و هوایی سالانه و منطقه‌ای قرار دارد و در هر سال زراعی، بسته به تغییرات شرایط آب و هوایی، میزان و الگوی توسعه بیماری تغییر قابل توجهی داشته

آلودگی تمامی مزارع کلزای پایش شده در این پژوهش به بیماری ساق سیاه باشد. در این تحقیق نتایج آماری نشان داد در مرحله برگی بیماری، در سال زراعی اول (۱۴۰۰-۱۳۹۹)، بالاترین درصد وقوع و شدت بیماری در شهرستان بندرگز به ثبت رسید. تحلیل همبستگی بین متغیرهای آب و هوایی پاییز این سال و شاخص وقوع و شدت نشان داد که متغیرهای آب و هوایی همچون دمای کمینه (TM) و متغیرهای مربوط به رطوبت نسبی (HA، HM و HX) و تعداد روزهای با بارش سنگین (SRD5) بیشترین همبستگی مثبت را با شدت و وقوع بیماری در پاییز داشتند. در این سال، شرایط مرطوب‌تر بندرگز در پاییز شامل (HA=74 درصد، TM=11/1 درجه سانتی‌گراد و SRD=8 روز) عامل اصلی بالاتر بودن وقوع و شدت بیماری در مرحله برگی در این منطقه بود؛ اما در سال دوم (۱۴۰۱-۱۴۰۰)، الگوی منطقه‌ای مقدار بیماری در مرحله برگی تغییر یافت و بیشترین مقدار وقوع و شدت بیماری در مزارع گرگان مشاهده شد. تحلیل‌های همبستگی در این سال نشان داد که متغیرهای آب و هوایی نظیر رطوبت نسبی بیشینه (HX)، روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارندگی (SRD5) و مجموع بارش (SP) مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر وقوع و شدت بیماری بودند. با بررسی و مقایسه داده‌های آب و هوایی مربوط به پاییز هر دو سال اجرای تحقیق در استان گلستان، علت تغییر گروه بندی آماری در سال دوم بین بندرگز و گرگان را می‌توان اینگونه بیان نمود که، تغییرات الگوی آب و هوایی پاییز به سمت رطوبت بالاتر (HA= 78/4%)، روزهای با بارش‌های مداوم‌تر (SRD5= 9) و مجموع بارش بیش‌تر (SP= 96/3mm) در گرگان و کاهش معنی‌دار این متغیرهای

آب و هوایی در شهرستان بندرگز (به عنوان مثال کاهش بیش از ۶۰ درصدی مجموع بارش و تعداد روزهای بارانی) در سال دوم نسبت به سال اول، عامل اصلی این جابجایی بوده است (جدول ۱۱).

بررسی آماری بین متغیرهای اقلیمی و توسعه بیماری شانکر ساقه کلزا در پژوهش حاضر، با مطالعات آزمایشگاهی و اپیدمیولوژیک پیشین درباره زیست‌شناسی و همه‌گیرشناسی قارچ *L. maculans* مطابقت دارد. ناصری و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که جوانه‌زنی آسکوسپورها و رشد هیف در دماهای معتدل (۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس) به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، به‌ویژه در ارقام حساس و برگ‌های لپه‌ای. این موضوع می‌تواند توسعه بیشتر بیماری در مناطق و سال‌هایی را که دارای شرایط دمایی و رطوبتی مناسب در فصل پاییز بودند، در پژوهش حاضر توجیه کند. همچنین، ارتباط مثبت بین متغیرهای مرتبط با بارندگی و رطوبت و شدت بیماری، از نظر زیستی با یافته‌های ناصری و همکاران (۲۰۰۹) قابل توجیه است. زیرا آن‌ها گزارش کردند رطوبت مداوم و دماهای مناسب باعث تسریع رسیدگی سودوتسیوم‌ها و تداوم آزادسازی آسکوسپورها از بقایای آلوده می‌شود. بنابراین، افزایش فراوانی بارندگی و رطوبت نسبی در برخی مناطق استان گلستان احتمالاً موجب افزایش میزان زاد مایه عامل بیمارگرو کارایی آلودگی در مراحل حساس رشد گیاه شده است. محققان گزارش کرده‌اند که، بالا بودن رطوبت و روزهای با بارش سنگین و همچنین افزایش تعداد روزهای بارانی از طریق افزایش مدت زمان خیسی سطح برگ و رابطه مستقیم آن

با میزان نفوذ آسکوسپوره‌های قارچ عامل بیماری در نتیجه افزایش میزان آلودگی، باعث افزایش میزان وقوع و شدت بیماری در منطقه می‌گردد (Huang *et al.*, 2006; Razzaq *et al.*, 2025). همچنین براساس نتایج این پژوهش، در مرحله برگی بیماری، تغییرات آب و هوایی پاییز هر سال به‌طور مستقل تعیین‌کننده مقدار بیماری در آن سال بوده است. این نتایج با نتایج مطالعات بسیاری از محققین که به رابطه بین شرایط آب و هوایی به‌ویژه متغیرهایی مانند رطوبت و بارش در فصل پاییز بر مقدار بیماری اشاره داشته‌اند مطابقت داشت (West *et al.*, 2001; Sprague *et al.*, 2016; Ghanbarnia *et al.*, 2009; Kaczmarek *et al.*, 2016)، اما با نتایج مطالعه ایوانز و همکاران در سال ۲۰۰۸ که دمای بیشینه را به عنوان یکی از نشانگرهای موثر بر افزایش مقدار بیماری معرفی کرده بودند مطابقت نداشت (Evans *et al.*, 2008).

در مرحله شانکر ساقه که علایم آن در فصل بهار ظاهر می‌شود، نتایج مشابهی از نظر تفاوت سالانه در متغیرهای آب و هوایی مؤثر مشاهده شد. بر اساس نتایج این پژوهش با اینکه در مرحله برگی بیماری بالاترین مقدار بیماری با بیشتر شاخص‌های همه‌گیرشناسی اندازه‌گیری شده، در شهرستان بندرگز مشاهده گردید؛ اما در مرحله ایجاد شانکر ساقه (در فصل بهار)، بالاترین مقدار وقوع و شدت بیماری با اختلاف نسبتاً زیادی از سایر مناطق درمزارع علی‌آباد مشاهده شد. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۴، محققین بر این باور بودند که وضعیت اولیه بیماری در مرحله برگی الزاماً با مقدار نهایی بیماری در مرحله شانکر ساقه هم‌راستا نیست (Wallenhammar *et al.*, 2014) و شرایط آب و هوایی بهار به شدت بر وضعیت بیماری ساق سیاه در یک منطقه تأثیرگذار

است (Ghanbarnia *et al.*, 2009; Huang *et al.*, 2014) که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، شاخص‌های وقوع (BLI) و شدت (BLS) بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه به صورت قابل توجهی تحت تأثیر بارش‌های بهار قرار داشتند. در بهار ۱۴۰۰ (سال زراعی اول)، بیش‌ترین ضرایب همبستگی بین شاخص BLI و متغیرهای آب و هوایی مربوط به مجموع بارش (SP) با ضریب $+0/95$ ، تعداد روزهای بارانی (SRD) $+0/93$ و تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر (SRD5) $+0/88$ بود. در تحلیل همبستگی بین شاخص BLS و متغیرهای آب و هوایی نیز همین الگو تکرار شد و متغیرهای مجموع بارش (SP)، تعداد روزهای بارانی (SRD) و تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر (SRD5) بیش‌ترین همبستگی را با شدت بیماری نشان دادند. با مقایسه داده‌های آب و هوایی بهار سال ۱۴۰۰ بین شهرستان‌های مورد مطالعه، می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که، در سال اول این پژوهش شهرستان علی‌آباد به‌دلیل مجموع بارش بهار بالاتر ($SP = 111/7 \text{ mm}$)، تعداد روزهای بارانی بیش‌تر ($SRD = 28$) و تعداد بیش‌تر روزهای با بارش مداوم ($SRD5 = 8$) نسبت به سایر مناطق مورد ارزیابی، بیش‌ترین میزان وقوع و شدت بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه را به خود اختصاص داد (جدول ۱۲). این نتایج که به نقش شرایط آب و هوایی بهار و تأثیر پررنگ متغیرهای آب و هوایی نظیر میزان بارش و بالا بودن رطوبت نسبی تأکید دارد با نتایج پژوهش‌های متعددی هم‌سو است (Fitt *et al.*, 2006; Huang *et al.*, 2006; West *et al.*, 2001; Marcroft *et al.*, 2004; Koulback & Auberto, 2016; Razzaq *et al.*, 2025).

در سال زراعی دوم نیز بیش‌ترین میزان وقوع و شدت بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه با اختلاف زیادی نسبت به سایر مزارع مورد مطالعه مجدداً در مزارع علی‌آباد مشاهده شد. اما در این سال الگوی متغیرهای آب و هوایی تأثیرگذار به طور محسوسی تغییر یافت؛ به طوری که در بهار ۱۴۰۱ دیگر بارندگی‌های بهاره نقش غالب و موثر بر مقدار بیماری نداشت و متغیرهای مرتبط با رطوبت پایدار به ویژه میانگین رطوبت نسبی (HA) و میانگین رطوبت نسبی کمینه (HM) با بیش‌ترین ضریب همبستگی مثبت نشانگرهای موثر بر توسعه شانکر ساقه بودند. در حالی که ضرایب همبستگی متغیرهای مجموع بارش (SP) و تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) کاهش یافتند و در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. علت این تغییر الگو در متغیرهای آب و هوایی موثر بر بیماری ساق سیاه کلزا را شاید بتوان با افزایش تقریباً دو برابری مقدار بارش در زمستان سال ۱۴۰۰ نسبت به زمستان ۱۳۹۹ (از ۱۲۳ به ۲۲۵ میلی‌متر) در مزارع علی‌آباد مرتبط دانست. به نحوی که احتمالاً در سال‌هایی که در طول زمستان بارندگی به حد کافی نیست و بستر گیاهان به میزان کافی از رطوبت اشباع نشده است، بارش‌های بهاری به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پیشرفت بیماری عمل می‌کنند و مستقیماً توسعه شانکر ساقه را در مرحله ساقه‌روی و رسیدگی کلزا تحت تأثیر قرار می‌دهند. اما افزایش شدید مقدار بارش در زمستان احتمالاً منجر به اشباع کامل خاک و پوشش گیاهی از رطوبت شده و در واقع زمینه آلودگی و نفوذ اولیه قارچ را از ماه‌های پایانی زمستان برای توسعه بیماری در بهار فراهم ساخته است. از این رو بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان این‌گونه

دریافت که در سال‌هایی با زمستان‌های خشک‌تر (مانند سال اول)، بارش‌های بهاره نشانگر اصلی در پیشرفت بیماری در مرحله شانکر است (Deng et al., 2023) و در سال‌هایی با زمستان‌های پربارش (مانند سال دوم)، پایداری رطوبت نسبی (HA و HM) به‌عنوان عامل محرک و تسریع‌کننده رشد و نفوذ قارچ در بافت ساقه و گسترش شانکر عمل کرده است (West et al., 2001; Fitt et al., 2006; El Hadrami et al., 2010; Huang et al., 2014).

نتایج یک مطالعه در فرانسه نشان داد که پایداری رطوبت نسبی بخصوص در حد اشباع در نفوذ پیکنیدیوسپوره‌های خارج شده از پیکنیدهای قارچ عامل بیماری به بافت گیاه؛ که به عنوان زادمایه ثانویه در پیشرفت و افزایش مقدار بیماری نقش دارند، بسیار موثر است (Travadon et al., 2007). در برخی از تحقیقات معتبر در زمینه همه‌گیرشناسی بیماری‌های گیاهی این پدیده را که شرایط آب و هوایی پیش از فصل بحرانی بیماری (مثلاً زمستان)، به‌صورت غیرمستقیم، آستانه حساسیت گیاه، بستر گیاه، یا پتانسیل آلودگی قارچ را در فصل بعدی (مثل بهار) تغییر می‌دهد تحت عنوان اثر پیش‌شرط آب و هوایی (Pre-conditioning effect) اشاره شده است (West et al., 2001; Barbetti et al., 2006; Huang et al., 2014). این نتایج به‌روشنی اهمیت دینامیک آب و هوایی بین سال‌ها را در توسعه بیماری شانکر ساقه کلزا نشان داده و ضرورت پایش مداوم بیماری در هر سال به‌صورت مستقل را جهت تحلیل‌های پیش‌آگاهی تقویت می‌کند.

در این تحقیق، در مرحله برگ‌بیماری، مقادیر بالای ضریب تغییرات (CV) در شاخص‌های درصد وقوع (DI) و شدت (DS) مشاهده شد از نظر آماری، افزایش مقدار CV معمولاً زمانی رخ

برخی از شاخص‌های همه‌گیر شناسی اختلافات آماری معنی‌داری بین "مزارع" یک منطقه نیز مشاهده گردید. نویسندگان و محققین این پژوهش بر این باورند که احتمالاً علت این پدیده نیز مربوط به عواملی مانند ویژگی‌های محلی و تفاوت‌های میکروکلیمایی بین مزارع یک منطقه بوده است؛ به‌طوری‌که مزارع مختلف حتی در یک منطقه واحد می‌توانند از نظر نوع مدیریت مزرعه، تاریخ کاشت، نوع خاک، روش آبیاری، میزان تغذیه و کوددهی و... شرایط متفاوتی را در طول یک فصل زراعی تجربه کرده باشند.

سپاسگزاری

نگارندگان از حمایت‌ها، راهنمایی‌ها و همکاری صمیمانه اساتید محترم بیماری شناسی بخش گیاه پزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، کشاورزان و کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان که در اجرای این پژوهش یاری‌رسان بودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

References

- AFSHARI-AZAD H., DALILI S. A. R., SALATI M., and AMINI-KHALAF M. A. 2008. Distribution of rapeseed blackleg disease in Iran. p. 199. Proceedings of the 18th Iranian Plant Protection Congress, 24-27 Aug. 2008. In Faculty of Agriculture, University of BU-Ali Sina Hamedan. (In Persian with English abstract).
- AGHAJANI, M. A., SANAEI, M and AGHAJANI, M. 2019, Monitoring of important canola diseases in farms of Golestan province, First Iranian Congress of Plant Pathology. Karaj, Iran. <https://civilica.com/doc/945279>

می‌دهد که میانگین داده‌ها پایین است؛ زیرا در این حالت پراکندگی نسبی داده‌ها نسبت به میانگین بیشتر به نظر می‌رسد، در حالی‌که این امر الزاماً نشانگر خطای زیاد یا ناهمگنی غیرواقعی نیست (Steel & Torrie, 1980). در این پژوهش نیز میانگین پایین وقوع و شدت بیماری در فاز برگی، همراه با تنوع طبیعی بین مزارع، موجب افزایش مقدار CV در این مرحله شد. در مقابل، در مرحله شانکر ساقه، مقادیر پایین‌تر CV (دامنه ۱۷ تا ۲۸ درصد) بیانگر یکنواختی نسبی و پایداری بیشتر داده‌ها بود؛ به‌طوری‌که پس از استقرار بیماری، تأثیر تفاوت‌های مدیریتی و آب و هوایی بین مزارع کاهش یافته و توسعه بیماری در سطح استان یکنواخت‌تر گردید. بنابراین افزایش ضریب تغییرات در فاز برگی و کاهش آن در فاز شانکر ساقه بازتابی از پویایی طبیعی اپیدمی بیماری در شرایط مزرعه‌ای و نه ناشی از خطای آزمایشی است. اگرچه در این پژوهش ارزیابی منطقه‌ای وضعیت بیماری ساق سیاه کلزا در استان گلستان مورد تأکید بود؛ اما در

- CAMPBELL, C. L., & MADDEN, L. V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1177/003072709001900219>.
- DENG, Y., LI, J. C., LYV, X., XU, J. W., WU, M. D., ZHANG, J., YANG, L., & LI, G. Q. 2023. Large-scale surveys of blackleg of oilseed rape (*Leptosphaeria biglobosa*) revealed new insights into epidemics of this disease in China. Plant Disease, 107(5), 1408-1417. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-22-1304-RE>
- EL HADRAMI, A., FERNANDO, W. G. D., & DAAYF, F. 2010. Variations in relative humidity modulate *Leptosphaeria* spp. pathogenicity and interfere with canola mechanisms of defence. European Journal of

- Plant Pathology, 26 (2): 87-202.
<https://doi.org/10.1098/rsif.2007.1136>
- EVANS, N., BAIERL, A., SEMENOV, M. A., GLADDERS, P., FITT, B. D. 2008. Range and severity of a plant disease increased by global warming. J. R. Soc. Interface 5: 525-531. <https://doi.org/10.1098/rsif.2007.1136>
- FAOSTAT. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: www.fao.org/faostat/ [accessed June 11, 2018].
- FITT, B.D.L., BRUN AND H, BARBETTI, M. J. and RIMMER, S. R. 2006. World-Wide importance of Phoma Stem Canker (*Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*) on Oilseed Rape (*Brassica napus*). European Journal of Plant Pathology. 114: 3-15.
<https://doi.org/10.1007/s10658-005-2236-4>
- GHANBARNIA, K., FERNANDO, W. G. D., & CROW, G. 2009. Developing rainfall- and temperature-based models to describe infection of canola under field conditions caused by pycnidiospores of *Leptosphaeria maculans*. Phytopathology, 99(7), 879-886.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-7-0879>
- HUA, L., SIVASITHAMPARAM, K., BARBETTI, M. J. 2007. Soil-borne ascospores and pycnidiospores of *Leptosphaeria maculans* can contribute significantly to blackleg disease epidemiology in oilseed rape (*Brassica napus*) in Western Australia. Australasian Plant Pathology. 36: 439-444.
<https://doi.org/10.1071/AP07047>
- HUANG, Y. J., & FITT, B. D. L. 2018. Effects of altitude on development of fungal diseases in oilseed rape (*Brassica napus*). Plant Pathology, 67(5), 1081-1090.
<https://doi.org/10.1111/ppa.12801>
- HUANG, Y. J., EVANS, N., LI, Z. Q., ECKERT, M., CHÈVRE, A. M., RENARD, M., & FITT, B. D. L. (2006). Temperature and leaf wetness duration affect phenotypic expression of Rlm6 mediated resistance to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. Phytopathology, 96(3), 243-252.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0243>
- KACZMAREK, J., KEDZIORA, A., BRACHACZEK, A., LATUNDE-DADA, A. O., DAKOWSKA, S., KARG, G., & JEDRYCZKA, M. 2016. Effect of climate change on sporulation of the teleomorphs of *Leptosphaeria* species causing stem canker of brassicas. Aerobiologia, 32(1), 39-51.
- KEYPOUR, A., NAJAFI ZARRINI, H and ZAMAN MIRABADI, A. 2016. Evaluation of Resistance to *Leptosphaeria maculans* in Some Varieties and Species. Journal of Crop Breeding, 7 (16): 27-33.
- KOULBACK, A., & AUBERTO, B. 2016. Impact of heavy rainfall on the spread and severity of fungal diseases in canola fields. Journal of Agricultural Research, 58 (4), 123-135.
- MARCROFT, S. J., SOSNOWSKI, M. R., SCOTT, E. S., RAMSEY, M. D., SALISBURY, P. A., & HOWLETT, B. J. 2004. Crop Isolation, not extended rotation length, reduces blackleg (*Leptosphaeria maculans*) severity of canola (*Brassica napus*) in south-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44:601-606. <https://doi.org/10.1071/EA02105>
- MIRABADI A., RAHNAMA K., SADRAVI M., SALATI M. 2009. Identification, distribution, and symptomology of the causal agents of rapeseed blackleg (*Leptosphaeria maculans* and *Leptosphaeria biglobosa*) in Mazandaran and Golestan provinces and determination of three common rapeseed cultivars susceptibility reaction. Iranian Journal of Plant Pathology, 45:285- 267. (In Persian with English abstract).
- NASERI, B., DAVIDSON, J. A., & SCOTT, E. S. 2008. Effect of temperature, cultivar and plant tissue on germination of, and hyphal growth from, ascospores of *Leptosphaeria maculans*. Australasian Plant Pathology, 37, 365-372.
- NASERI, B., DAVIDSON, J. A., & SCOTT, E. S. 2009. Maturation of pseudothecia and discharge of ascospores

- of *Leptosphaeria maculans* on oilseed rape stubble. European Journal of Plant Pathology, 125, 523–531.
- RAZZAQ, K., DEL RÍO MENDOZA, L. E., BABAKHANI, B., AZIZI, A., RAZZAQ, H., & RAHMAN, M. 2025. Integrated Management Strategies for Blackleg Disease of Canola Amidst Climate Change Challenges. Journal of Fungi, 11(7), 514. <https://doi.org/0.3390/jof11070514>.
- SPRAGUE, S. J., GRAHAM, J. M., BRILL, R., MCMASTER, C., 2018. Infection of *Brassica napus* after stem elongation by *Leptosphaeria maculans* (blackleg): disease progression and yield loss. ۲۰th Australian Research Assembly on Brassicas.
- STEEL, R. G. D., & TORRIE, J. H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.). McGraw-Hill. *Leptosphaeria maculans* and determination of aggressive new pathotypes canola Phoma stem canker in north Iran. Journal of Plant Protection 3:296–311. <https://doi.org/10.22067/jpp.v0i0.58948>
- TRAVADON, R., BOUSSET, L., SAINT-JEAN, S., BRUN, H., & SACHE, I. 2007. Splash dispersal of *Leptosphaeria maculans* pycnidiospores and the spread of blackleg on oilseed rape. Plant Pathology, 56 (4), 595–603. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01583.x>
- VAKILI, Z., RAHNAMA, K., RAHNEMA, M. 2013. The Comparative growth and determination of the isolates reaction of *Sclerotinia sclerotiorum* on oil seed rape cultivars. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4 (5), 928-935.
- VAKILI-ZARJ Z, RAHNAMA K, NAROLLAH-NEJAD S, YAMCHI A. 2017. Molecular identification of
- WANG, Y., STRELKOV, S.E., & HWANG, S.F. 2020. Yield losses in canola in response to blackleg disease. Canadian Journal of Plant Science. <https://doi.org/10.1139/CJPS-2019-0259>. <https://doi.org/10.1139/cjps-2019-0259>.
- WEST, J. S., BALESDENT, M. H., ROUXEL, T., NARCY, J. P., HUANG, Y. J., & FITT, B. D. L. 2001. Epidemiology of *Leptosphaeria maculans* (phoma stem canker) on oilseed rape in France, the UK, and Australia. Plant Pathology, 50, 10–27. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00558.x>.
- YILAN, Z. 2004. Biocontrol of *Sclerotinia* stem rot of Canola by bacterial antagonists and study of biocontrol mechanisms involved. Master of Science thesis. Winnipeg, Manitoba, Canada. University of Manitoba. Department of Plant Science. 137 pp