Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد 93، شماره 2، اسفند ۱۴۰۴

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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

SOROUSH MAGHSOUDLOO NEJAD[1], KAMRAN RAHNAMA[1]* MOHAMMAD ALI AGHAJANI[2], HOSSEIN KAZEMI[3] AND YONGJU HUANG[4]

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

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, DI and DS 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, Oilseed rape, disease incidence, disease severity, disease progress, climatic conditions
✉ **Corresponding Author:** rahnama@gau.ac.ir
ORCHID: 0000-00033677-094X

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد 93، شماره 2، اسفند ۱٤۰٤

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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

سروش مقصودلونژاد[۱]، کامران رهنما[۱*]، محمد علی آقاجانی[۲]، حسین کاظمی[۳]و یانگجو هوانگ[٤]

-1دانشجوی 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 وترویج کشاورزی، گرگان، ایران؛ ۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران؛ ٤- استاد، گروه علوم زیستی، دانشکده علوم زیستی و پزشکی، دانشگاه هرتفورشایر، هاتفیلد، بریتانیا

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. نتایج نشان داد که 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 با 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: ساق سیاه کلزا، شدت و وقوع بیماری، پیشرفت بیماری، شرایط آب و هوایی

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از جمله گیاهان دانه روغنی است که در بسیاری از کشورهای جهان کشت می شود (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 ارایه شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱٤۰۳-۱٤۰۲، 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 (**Error! Reference source not found.** Azad *et al*., 2008; 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 بندرترکمن (۷/۲ درصد) و گرگان (۳/۵ درصد) مشاهده گردید (**Error! Reference source not found.** *et al*., 2019).

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 (پرآزار) 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 پرآزار) 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 آسکوسپورهای هوازاد 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 (۲۰۰٦) 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

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

بار ندگی و د ما ج هت توصـــیف آلودگی کلزا توســـط پیکنیدیوســـپور های قارچ *L. maculans* مورد ارز یابی قرار گرفت. محا سبه ضریب همبستگی پیر سون نشان داد، میزان بارندگی کل در هفته (R) به طور معنی داری با وقوع (Di) و شـدت (Ds) بیماری در گیاهان آلوده در مرحله کوتیلدونی، سه برگی و شش برگی ارتباط دارد و میانگین دمای بیشینه در هفته فقط ارتباط معنی‌داری با گیاهان آلوده در مرحله لپه‌ای و شش برگی نشان می‌دهد (Ghanbarnia *et al*., 2009). برر سی های وست و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد در اروپا و کانادا به دلیل وجود شـــرایط آب و هوایی مســـاعدتر، مانند دمای معتدل و رطوبت نسبی بالا، شدت بیماری بیشتر است، در حالی که در ا ستر الیا محدودیت رطوبتی شدت بیماری را کاهش داده اســـت. همچنین، رطوبت نســـبی بالا و بارندگی مداوم به عنوان عوامل کلیدی در گسترش بیماری شنا سایی شـــدند. نتایج مطالعه بارنس و همکاران (۲۰۱۰) نشـــان داد، ترکیبی از عوا مل آب و هوایی (ما ند د مای م یانگین و رطوبت ن سبی)، شرایط زراعی (مانند تراکم کا شت و تاریخ کاشـــت)، و ویژگی‌های قارچ تأثیر مهمی بر وقوع و شـــدت بیماری دارند. آن‌ها پیش‌بینی کردند که تا ســـال ۲۰۵۰، با افزایش انتشـــار CO2 و تغییرات دمایی، شـــدت اپیدمی این بیماری در مناطق جنوبی انگلســـتان و شـــمال اروپا به‌طور قابل‌توجهی افزایش خواهد یافت. همچنین، افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس، شرایط بهینه‌ای برای ر شد قارچ فراهم می‌کند و رطوبت ن سبی بالا و بارندگی‌های سنگین به‌عنوان عوامل کلیدی در افزایش شیوع این بیماری هستند. پژوهش انجام شـــده در انگلیس و فرانســـه توســـط نوئل و همکاران (۲۰۲۲) ن شان داد، حداکثر دمای ماه ژوئن با شدت شانکر ســـاقه مرتبط بود. در شـــرایط کنترل‌شـــده، رقم ES Astrid در دمای ۲۰ درجه سل سیوس ن سبت به ۲۵ درجه سل سیوس بافت نکروزه کمتری نشان داد.

لیکن سوال این ا ست که، با توجه به متغیر بودن شرایط آب و هوایی طی سال‌های مختلف و با توجه به سطح زیر کشـــت بالای کلزا در اســـتان گلســـتان، حضـــور تیپ‌های بیمای‌زای پرآزار PGT، PG2، PG3 و PG4 قارچ *L. maculans* (Vakili *et al*., 2017) و شـــدت بـــالای بیمـــاری‌زایی این پاتوتیپ‌ها در ارقام رایج داخلی (Keypour *et al*., 2016) و آلودگی بیش از ۵۰ درصـــد مزارع به این بیماری (Aghajani et al., 2019)، آیا این امکان وجود دارد که و ضعیت بیماری طی ســـال‌های مختلف در اســـتان گلســـتان متفاوت و متغیر با شد، یا در شرایط م ساعد آب و هوایی همه‌گیری بیماری رخ دهد؟ همچنین با توجه به هتروتال بودن قارچ بیمارگر *L. maculans* و گزارش فرم جنســـی این قارچ در اســـتان گلستان توسط وکیلی، رهنما و یامچی (۲۰۱۷)، انتظار می‌رود که قارچ عامل بیماری ساق سیاه در مرحله تولید مثل جنسی و شـــرایط 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 ســـعی بر آن شـــد که به بررســـی وضـــعیت بیماری با اندازه‌گیری و تجزیه تحلیل‌های آماری شاخص‌های مختلف بیماری‌های گیاهی و ارزیابی همبستگی آن‌های با متغیرهای آب و هوایی پرداخته شود تا با آگاهی از وضعیت بیماری در مناطق مختلف استان گلستان، مقایسه و تجز یه تحلیل های دقیق آ ماری از نظر م قدار بی ماری بین مناطق مورد پایش و معرفی نشـــانگرهای آب و هوایی موثر بر بیماری طی دو سال اجرای پژوهش، انجام گیرد.

مواد و روش‌ها

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

مناطق مورد مطالعه

در این پژوهش داده‌های مورد استفاده در تعیین وضعیت بیماری شانکر ساقه کلزا، از مزارع کلزا در اطراف ایستگاه‌های هواشناسی و دیتالاگرهای نصب شده (در یک محدوده‌ی دایره‌ای شکل به قطر ۱۰ کیلومتر) در ٤ شهرستان مختلف استان گلستان (جدول ۱)، طی دو سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹ و ٤۰۱-۱٤۰۰، جمع‌آوری گردید.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مزارع کلزای بررسی شده در شهرستان‌های 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

جمع‌آوری داده‌ها

به‌منظور جمع‌آوری داده‌های 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 ۱٤۰۰-۱۳۹۹، ۱۳ و در سال زراعی ٤۰۱-۱٤۰۰، ۱٦ مزرعه (مجموعا ۲۹ مزرعه طی دو سال زراعی) انتخاب گردید و یادداشت‌برداری‌ها از ابتدای دوره کاشت مرسوم کلزا در استان (اواسط مهر ماه، از مرحله دو برگی کلزا) به طور هفتگی تا انتهای فصل زراعی (خرداد ماه) با بازدیدهای میدانی، جهت ثبت وقوع و شدت بیماری در هر مزرعه انجام شد.

اندازه‌گیری وقوع (I) و شدت (S) بیماری

استفاده از شاخص‌های مختلف تعیین کننده وضعیت بیماری‌های گیاهی، کمک شایانی به سنجش دقیق و علمی از وضعیت بیماری در یک منطقه می‌کنند. از این رو، در این پژوهش جهت اندازه‌گیری 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 بوته‌های سالم یا بیمار در نظر گرفته شدند. مقدار وقوع بیماری (I) (که معادل نسبت بوته‌های بیمار است) با استفاده از معادله I =∑x/N به دست آمد. این معادله شامل تعداد بوته‌های بیماری (x) تقسیم بر تعداد کل بوته‌های ارزیابی شده (N) می‌باشد (Cardoso *et al*., 2004). همچنین، درصد شدت بیماری (DS) که با نماد X از آن یاد شده است بر اساس معادله $X = \Sigma \frac{(x_i n_i)}{n.x} \times 100$ محاسبه گردید. که در آن x_i بیانگر درجه شدت بیماری، n_i بیانگر تعداد بوته‌های بیماری در درجه i ام بیماری است، n تعداد کل بوته‌های بیمار و x بالاترین عدد مقیاس نمره‌دهی می‌باشد (Cardoso *et al*., 2004). شدت بیماری در مرحله برگی در بوته‌های بیمار بر

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

اساس مقیاس ٤-۰ (۰= بدون علایم، ۱= ۱-۲ لکه‌برگی در هر بوته، ۲= ۳-۵ لکه‌برگی در هر بوته، ۳= ٦-۹ لکه‌برگی در هر بوته، ٤= بیش از ۱۰ لکه‌برگی در هر بوته) محاسبه گردید (Kaczmarek, 2016).

شدت بیماری در مرحله ساقه (شانکر ساقه) زمانی که ٦۰ درصد غلاف‌ها تغییر رنگ دادند (BBCH85-BBCH87) بر اساس مقیاس ۵-۰ (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 ۵۰-۲٦ 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، ٤= 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 خشک و شکننده شده و گیاه مرده است) محاسبه شد (Wang *et al*., 2020). در این مطالعه، به‌منظور 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 $AUDPC = \sum_{i}^{n-1}\left[((x_i + x_{i-1})/2)(t_{i-1} + t_i)\right]$ 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.

شکل ۱- علایم 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 ۱٤۰۰ در شهرستان علی‌آباد کتول. (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 (۱٤۰۰-۱۳۹۹ و ۱٤۰۱-۱٤۰۰) جمع‌آوری

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

شـــده و به منظور انجام تحلیل‌های آماری و همبســـتگی با شـاخص‌های همه‌گیر شـناسـی بیماری مورد اسـتفاده قرار گرفتند.

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل‌های آماری و ترســـیم بعضـــی نمودار ها با اســـتفاده از نرم‌افزار StatGraphics Centurion XV, Version 15.2.05 (شـــرکت 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

به‌منظور بررسـی وضـعیت بیماری شـانکر سـاقه کلزا در شهر ستان‌های 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.

در صد وقوع بیماری (DI) در مرحله برگی (لکه‌برگی) در دو سال اجرای پژوهش

جهت بررســی میزان وقوع بیماری شــانکر ســاقه کلزا در مرحله برگی در مناطق مختلف ا ستان گلستان طی دو سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹ و ۱٤۰۱-۱٤۰۰، داده‌های مربوط به این شاخص از چهار شهر ستان گنبد، بندرگز، علی‌آباد و گرگان جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصـل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این شـاخص نشـان داد، بین سـال اول و دوم اجرای پژوهش، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ در صد (P<0/01) وجود دارد (جدول ۳).

در سال اول، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های این شـــاخص بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مناطق مختلف مورد مطالعه در ســـطح احتمال ۹۵ درصـــد (P<0/05) بود (جدول ۳). بنابراین بر اســـاس مقایســـه میانگین با LSD و نتایج (جدول٤)، بالاترین میزان وقوع بیماری ساق سیاه در مرحله برگی در شـهرسـتان بندرگز با میانگین ۲/۵ درصـد مشاهده گردید. درحالیکه شهرستان‌های علی‌آباد با میانگین ۲/۱۲ درصـد و گرگان با ۱/۷۷ درصـد به‌طور مشـترک در گروه ab قرار گرفتنـد. کم‌ترین میزان وقوع مربوط بـه شهر ستان گنبد با میانگین ۱/۰۳ در صد و در گروه آماری c طبقه‌بندی شد.

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026
DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

در ســـال دوم اجرای پژوهش نیز وضـــعیت مزارع شهرستان‌های منتخب از نظر شاخص درصد وقوع در مرحله برگی بیماری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصـــل از تجزیه واریانس داده‌هابیانگر وجود اختلاف معنی‌دار، بین منـاطق مختلف مورد مطـالعـه (P<0/05) بود (جـدول ۳). بنابراین، آزمون مقایسه میانگین (LSD) ونتایج (جدول ٤) مقایســه میانگین داده‌های مربوط به شـاخص درصـد وقوع بیماری در مرحله برگی در سال زراعی ۱٤۰۱-۱٤۰۰ نشان داد، در این ســـال بالاترین میزان وقوع بیماری در گرگان با میانگین ۱/٦ درصد مشاهده گردید. در حالیکه شهرستان‌های علی‌آباد و بندرگز به ترتیب با مقدار وقوع ۱/۰٦ و ۰/۹٦ درصد به طور مشترک و کمتر از سال گذشته در گروه آماری ab قرار گرفتند. علاوه بر این کم‌ترین میزان وقوع مربوط به گنبد با میانگین ۰/٦۳ درصد و حتی کمتراز سال قبل بود.

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

به‌منظور بررسی دقیق‌تر روند پیشرفت بیماری در مرحله برگی، شـــاخص شـــدت نهایی بیماری (DS) در دو ســـال زراعی۱٤۰۰-۱۳۹۹ و ۱٤۰۱-۱٤۰۰ مورد تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصـــل از تجزیه واریانس نشـــان داد، بین دو ســـال زراعی اجرای پژوهش، از نظر این شـــاخص، اختلاف آمـاری معنی‌داری (P<0/01)وجود دارد. جـدول ۳ بر این اساس، جهت دستیابی به تحلیل دقیق‌تر، داده‌های مربوط به این شـاخص نیز، برای هر سـال زراعی به‌صـورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شدت نهایی بیماری در مرحله برگی در سـال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹ نشـــان داد، بین مناطق مورد مطالعه، اختلاف آماری معنی‌داری (P <0/05)وجود دارد. از این رو، آزمون مقایســه میانگین با LSDدر جدول ٤ نشـــان داد، بر اســـاس نتایج حاصـل مقایســه میانگین داده‌های مربوط به این شـاخص، شهرستان بندرگز با میانگین ۰/٦۷ درصد، بیش‌ترین شدت بیماری فوما در مرحله برگی را در این سال زراعی به خود اختصاص داد . اما شهرستان‌های علی‌آباد و گرگان به ترتیب با میانگین‌های ۰/۵۵ درصد و ۰/٤۷ درصد به‌صورت مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین کم‌ترین میزان شدت بیماری در مرحله برگی در گنبد با مقدار ۰/۲٦ درصد مشاهده شد. .

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شدت نهایی بیماری در مرحله برگی در سـال زراعی ۱٤۰۱-۱٤۰۰ نیز بیانگر وجود، اختلاف آماری معنی‌داری (P <0/05)بین مناطق مورد مطالعه بود (جدول ۳). بر این اســـاس، آزمون مقایسه میانگین با LSD جهت نتایج شاخص شدت بیماری در مرحله برگی در این ســـال زراعی نیز انجام شـــد (جدول ٤). نتایج بررســـی از مقایســـه آماری میانگین مربوط به این شاخص، شهرستان بندرگز با ۰/٤۳ درصد، بیش‌ترین میزان شدت بیماری فوما در مرحله برگی را در این سال زراعی به خود اختصـــاص داد. شـــهرســـتان‌های علی‌آباد و گرگان به ترتیب با میانگین‌های ۰/۳۲ درصد و ۰/۲٤ درصد به‌صورت مشـــترک در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین کم‌ترین شدت بیماری در مرحله برگی در گنبد با مقدار ۰/۱٦ درصد

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

م شاهده شد.. این نتایج ن شان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بین مناطق مختلف از نظر شـــدت بیماری فوما در مرحله برگی در سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹ است و همانند سال اول شدت بیش‌تر بیماری در مزارع بندرگز را تأیید می‌کند.

شـاخص سـطح زیر منحنی پیشـرفت بیماری (AUDPC) شانکر ساقه کلزا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های سطح زیر محنی پیشرف بیماری بر اساس شاخص وقوع (AUDPCI) و شدت (AUDPCS) در مرحله برگی بیماری نشـان داد که بین دو ســـال زراعی مورد مطـالعـه، اختلاف آمـاری معنی‌داری (P<0/01) وجود دارد (جدول ۳). لذا ، داده‌های مربوط به این شـاخص‌ها به‌صـورت جداگانه برای هر سـال زراعی محاسبه و تحلیل شدند.

شاخص سطح زیر منحنی پی شرفت بیماری بر ا ساس شاخص وقوع (AUDPCI) در مرحله برگی بیماری در دو سال اجرای پژوهش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر ا ساس درصد وقوع نشان داد که از نظر این شـاخص، بین شـهرسـتان‌های مورد بررسـی در سـال زراعی۱٤۰۰-۱۳۹۹، اختلاف آمـاری معنی‌داری (P<0/01) وجود دارد. همچنین بین مزارع اختلاف معنی‌داری (P<0/05) مشاهده گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به این شاخص در این سال زراعی، بیش‌ترین مقدار سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در مرحله برگی بر اســاس شــاخص وقوع، در مزارع بندرگز با مقدار ۱۱٦/٦٥ مشـــاهده گردید و از نظر آماری در گروه a قرار گرفت. همچنین مزارع علی آباد، گرگان و گنبد به ترتیب با م قدار ۸٥/۳۷، ۷۷/٦۳ و ۲٦/٦۹ در رتبه های بعدی و در گروه‌های آماری b، bc و c قرار گرفتند (جدول ٥).

در سـال دوم، نتایج حاصـل از تجزیه واریانس داده‌های سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر ا ساس شاخص وقوع در مرحله برگی بیماری نیز بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار (P<0/01) بین شهرستان‌ها و مزارع مورد ارزیابی بود (جدول ۳). طبق نتایج حا صل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به این شاخص در سال دوم اجرای پژوهش، مجددا بیش‌ترین مقدار به مزارع بندرگز با مقدار ۱٦۱/۱۸ تعلق گرفت و در گروه آماری a طبقه‌بندی شد. شهرستان‌های علی آباد، گرگان و گنبد نیز به ترتیب با مقدار ۱٤۳/۹٥، ۱۲٤/٥۹ و ٦۲/۹۲ در گروه‌های آماری b، bc و c قرار گرفتند.

شـاخص سـطح زیر منحنی پیشـرفت بیماری بر اسـاس شاخص شدت (AUDPCS) در مرحله برگی بیماری در دو سال اجرای پژوهش

نتایج حا صل از تجزیه واریانس داده‌های شاخص سطح زیر منحنی پی شرفت بیماری بر ا ساس شاخص شدت در مرحله برگی بیماری نشـــان داد، از نظر این شـــاخص بین شـــهرســـتان‌های مورد بررســـی، اختلاف آماری معنی‌داری (P<0/01) وجود دارد. همچنین بین مزارع نیز اختلاف معنی‌داری (P<0/05) م شاهده گردید (جدول ۳). بر ا ساس مقایسه میانگین داده‌های این شاخص، شهر ستان بندرگز با میانگین ۲۸/٥٥ بالاترین مقدار سـطح زیر منحنی پیشـرفت بیماری بر اساس شاخص شدت در مرحله برگی بیماری را

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

به خود اختصـــاص داد و در گروه آماری جدا قرار گرفت. در حالی که ســـه شـــهرســـتان دیگر بترتیب با میانگین کمتر شامل مزارع علی آباد، گرگان و گنبد بود (جدول ۵).(

در سال دوم نتایج نشان داد، که از نظر این شاخص بین شـــهرســـتان‌های مورد ارزیابی، اختلاف آماری معنی‌داری (P<0/01) وجود دارد. همچنین بین مزارع نیز اختلاف معنی‌داری (P<0/05) مشاهده گردید (جدول ۳). طبق نتایج حاصـل از مقایسـه میانگین مربوط به این شـاخص، در این سال زراعی نیز مجددا شهرستان بندرگز با میانگین ٤١/٣٩ درصد بالاترین مقدار سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس شاخص شدت در مرحله برگی را به خود اختصاص داد. همچنین شـــهرســـتان‌های علی‌آباد با میانگین ٣٨/٦٠ در گروه b و گرگان با میانگین ٣٠/٦١ در گروه bc قرار گرفتند. کم‌ترین مقدار مربوط به مزارع گنبد با میانگین ١٥/٨٢بود (جدول ۵).

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 **	0/275ns	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.

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

جدول ٤- مقایسه میانگین در صد وقوع (DI) و شدت (DS) بیماری در مرحله برگی در شهر ستان‌های 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 برگی 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 ٦٠ درصد بوته‌ها)

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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 ٦۰ 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 ٦). 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 ٦).

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 ٦). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مربوط به شاخص وقوع بیماری نشان داد، بیش‌ترین مقدار وقوع نهایی بیماری در شهرستان علی آباد با مقدار ۵۹/۵۷ در صد مشاهده گردید.. همچنین، شهرستان‌های بندرگز، گرگان و گنبد به ترتیب با مقدار ١٦/١٤، ١٣/١٩ 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 ١٤٠٠-١٣٩٩ 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 ٦)؛ اما بین مزارع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ، در سال زراعی ١٤٠١-١٤٠٠ نیز بیش‌ترین مقدار وقوع در شهرستان علی آباد با میانگین ٦٢/٥٨ درصد مشاهده گردید.. همچنین، شهرستان‌های بندرگز با میانگین ٢٢/٥٧ درصد، گرگان با میانگین ١٢/٩٢ درصد، c و گنبد با میانگین ٧/٢٢ درصد بترتیب در گروه آماریa ،c،b و d قرار گرفتند (جدول ۷). بر این اساس همانند سال زراعی ١٤٠٠-١٣٩٩، این نتایج بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر میزان وقوع بیماری در مزارع شهرستان علی‌آباد نسبت به سایر مناطق مورد مطالعه در سال زراعی ١٤٠١- ١٤٠٠بود.

شاخص در صد شدت بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه (BLS) (مرحله رسیدگی فنولوژیکی ٦۰ 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 ٦۰ 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

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

اجرای پژوهش، اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٦). بر این اساس، مقایسه میانگین داده‌های این شاخص در مرحله ایجاد شانکر، بین شهر ستان‌های مورد بررسی، با کاربردروش 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 ۲٦/۸۵ درصد مشاهده گردید. در حالیکه مزارع شهر ستان‌های بندرگز با میانگین ۷/۹۲ در صد، ، گرگان با میانگین ۵/۳۲ در صد و گنبد با میانگین ۳ در صد بترتیب در گروه آماری a، b، c و d قرار گرفتند (جدول ۷).

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص‌های وقوع و شدت نهایی بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه، در شهرستان‌های 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.

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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.

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.

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

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

در سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹، 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 (جدول ۸). بر این اساس همبستگی دو شاخص وقوع و شدت با دمای کمینه (TM) به ترتیب ۰/۷۸+ و ۰/۷٦+، با میانگین رطوبت نسبی (HA) به ترتیب ۰/۷۸+ و ۰/۷۵، تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) به ترتیب ۰/۷۳+ و ۰/۷۰+ و رطوبت نسبی کمینه (HM) به ترتیب ۰/٦۷+ و ۰/٦٤+ بود.

در سال زراعی ۱٤۰۰-۱٤۰۱ بیش‌ترین میزان همبستگی مثبت بین وقوع و شدت بیماری با متغیر مجموع بارش (SP) (همبستگی ۰/۷۷+ با وقوع و ۰/۸۰+ با شدت)، میانگین رطوبت نسبی بیشینه (HA) (همبستگی ۰/۷۷+ با وقوع و ۰/۸۱+ با شدت) و تعداد روزها با بیش از ۵ میلی‌متر بارش

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

(SRD۵) (همبستگی ۰/٦۹+ با وقوع و ۰/۷٤+ با شدت) وجود داشت. همچنین در این سال بیش‌ترین همبستگی منفی بین وقوع و شدت بیماری با متغیر تعداد روزهای بارانی (SRD) به ترتیب با ۰/۵۹- و ۰/۵٦- و دمای بیشینه (TX) به ترتیب با ۰/۵۵- و ۰/۵٦- مشاهده گردید. این دو متغیر آب و هوایی در سال زراعی اول نیز بیش‌ترین همبستگی منفی را با وقوع و شدت بیماری نشان داده بودند (جدول ۸).

جدول ۸- همبستگی شاخص وقوع (DI) و شدت (DS) بیماری در مرحله برگی 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.

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 تغییر رنگ ٦۰ 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 ۰/۷۹+، تعداد روزهای بارانی (SRD) با ۰/٦۳+، میانگین رطوبت نسبی (HA) با ۰/٦۹+، رطوبت نسبی کمینه (HM) با ۰/٦۲+ و روزهای با بارش بیش از ۵

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026
DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

میلی‌متر (SRD5) با ۰/٤۸+، بیش‌ترین میزان همبستگی مثبت را با مقدار وقوع شانکر (BLI) داشتند. در مقابل، میانگین دما (TA) با ضریب ۰/۷۳- و دمای بیشینه (TX) با ۰/۳٤- بالاترین همبستگی منفی با این شاخص را داشتند. در سال دوم اجرای پژوهش (۱٤۰۱-۱٤۰۰) متغیرهای میانگین رطوبت نسبی (HA) با ۰/۸۷+، رطوبت نسبی کمینه (HM) با ۰/۷۹+، تعداد روزهای بارانی (SRD) با ۰/٦٥+، مجموع بارش (SP) با۰/٦۳+ و تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) با ۰/٤٦+ بیش‌ترین همبستگی مثبت را با شاخص BLS داشتند. درحالی که میانگین دمای بهار (TA) و دمای بیشینه به ترتیب با ۰/۷٤- و ۰/٥٦- 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 ۱٤۰۱ 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 موثر 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 ۰/۸۳+، میانگین رطوبت نسبی (HA) با ۰/٦۷+، رطوبت نسبی کمینه (HM) با ۰/٦۰+، تعداد روزهای بارانی (SDR) با ۰/٦۲+ و روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SDR5) با ۰/٤۹+ بودند. همچنین بالاترین همبستگی منفی مربوط به متغیرهای میانگین دما (TA) با ضریب ۰/۷٦- دمای بیشینه (TX) با ضریب همبستگی ۰/٤۱- و بود (جدول ۱۱). اما در سال دوم اجرای پژوهش الگوی همبستگی به سمت افزایش اثر رطوبت نسبی و کاهش نقش بارش تمرکز داشت. به‌طوری که، بیش‌ترین همبستگی مثبت با میزان شدت بیماری مربوط به متغیرهای میانگین رطوبت نسبی (HA) با ضریب همبستگی ۰/۸۳+، رطوبت نسبی کمینه (HM) با ۰/۷٥+، تعداد روزهای بارانی (SRD) با ۰/٦۹+، مجموع بارش فصلی (SP) با ۰/٦۸+ و روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارش (SRD5) با ۰/٥۲+ بود. اما بالاترین همبستگی منفی با شدت بیماری در این سال مربوط به متغیرهای دمای بیشینه (TX) با ضریب همبستگی ۰/٥۰- و دمای میانگین (TA) با ضریب ۰/۷٦- 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).

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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
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)

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

24/3	29	SRD (Rainy Days)
4/3	8	SRD5 (Days with more than 5 mm of
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**
71/6	4	17	68/1	87/3	10/2	2020	**Gorgan**
79/2	5	19	69/7	85/7	11/1	2021	**Bandar**
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

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

ا ستان گلستان بزرگترین تولید کننده کلزا در ایران ا ست که به دلیل شرایط آب و هوایی منا سب و خاک حا صلخیز، تولید این محصول در آن رونق دارد. انتخاب این منطقه برای مطالعه به دلیل تنوع شـرایط محیطی و شـیوع بالای بیماری شانکر ساقه کلزا می‌با شد. در این پژوهش، نتایج حا صل از دو سال بررسی همه‌گیر شناسی بیماری شانکر ساقه کلزا در مزارع چهار شهر ستان ا ستان گلستان نشان داد که و ضعیت بیماری ساق سیاه کلزا در ا ستان، تحت تأثیر شرایط آب و هوایی ســالانه و منطقه‌ای قرار دارد و در هر ســال زراعی، بسته به تغییرات شرایط آب و هوایی، میزان و الگوی توسعه بیماری تغییر قابل توجهی دا شته ا ست. بر ا ساس نتایج این تحقیق، با بررســی طی دو ســال ، وقوع بیماری در کلیه مناطق مشـاهده شـد؛ اما شـدت آن در مناطق مختلف و در مراحل مختلف بیماری، اختلاف معنی‌داری را نشـان داد. در سال ۲۰۱۷ وکیلی 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 پر آزار در تمامی ۱۹ جدایه تهیه شـده از مزارع کلزای مناطق مختلف اسـتان گلستان و تنوع در پراکنش آن‌ها بود. حضور تیپ‌های پرآزار قارچ عامل بیماری در تمام مناطق اســتان می‌تواند یکی از دلیل قابل قبول برای آلودگی تمامی مزارع کلزای پایش شده در این پژوهش به بیماری سـاق سـیاه باشـد. در این تحقیق نتایج آماری نشـان داد در مرحله برگی بیماری، در ســال زراعی اول (۱٤۰۰-۱۳۹۹)، بالاترین درصـد وقوع و شـدت بیماری در شهرستان بندرگز به ثبت رسید. تحلیل همبستگی بین متغیرهای آب و هوایی پاییز این سال و شاخص وقوع و شـدت نشـان 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 ســال، شــرایط مرطوب‌تر بندرگز در پاییز شــامل (HA=74 درصــد، TM=11/1 درجه ســانتی‌گراد و SRD= 8 روز) عامل اصــلی بالاتر بودن وقوع و شــدت بیماری در مرحله برگی در این منطقه بود؛ اما در ســال دوم (۱٤۰۱-۱٤۰۰)، الگوی منطقه‌ای مقدار بیماری در مرحله برگی تغییر یافت و بیش‌ترین مقدار وقوع و شــدت بیماری در مزارع گرگان مشاهده شد. تحلیل‌های همبستگی در این سال نشان داد که متغیرهای آب و هوایی نظیر رطوبت نســبی بیشــینه (HX)، روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارندگی (SRD5) و مجموع بارش (SP) مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر وقوع و شـدت بیماری بودند. با بررسـی و مقایسـه داده‌های آب و هوایی مربوط به پاییز هر دو ســال اجرای تحقیق در اســتان گلســتان، علت تغییر گروه بندی آماری در ســال دوم بین بندرگز و گرگان را می‌توان اینگونه بیان نمود که، تغییرات الگوی آب و هوایی پاییز به ســمت رطوبت بالاتر (HA= 78/4%)، روز های با بارش های 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 ٦۰ درصــدی مجموع بارش و تعداد روزهای بارانی) در سال دوم نسبت به سال اول، عامل اصلی این جابجایی بوده است (جدول ۱۱).

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026
DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

بررسی آماری بین متغیرهای اقلیمی و توسعه بیماری شانکر ساقه کلزا در پژوهش حاضر، با مطالعات آزمایشگاهی و اپیدمیولوژیک پیشین درباره زیست‌شناسی و همه‌گیر شناسی 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 قابل‌توجهی 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 آسکوسپورهای قارچ عامل بیماری در نتیجه افزایش میزان آلودگی، باعث افزایش میزان وقوع و شدت بیماری در یک منطقه می‌گردد (Huang *et al*., 2006; Razzaq *et al*., 2025). همچنین براساس نتایج این پژوهش، در مرحله برگی بیماری، تغییرات آب و هوایی پاییزِ 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*., 2006; 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 بیشترشاخص‌های همه‌گیر شناسی اندازه‌گیری شده، در شهرستان بندرگز مشاهده گردید؛ اما در مرحله ایجاد شانکر ساقه (در فصل بهار)، بالاترین مقدار وقوع و شدت بیماری با اختلاف نسبتا زیادی از سایر مناطق درمزارع علی‌آباد مشاهده شد. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱٤، 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 تاثیرگذار است (Ghanbarnia *et al*., 2009; Huang *et al*., 2014) که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. در سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹، شاخص‌های وقوع (BLI) و شدت

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026
DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

(BLS) بیماری در مرحله ایجاد شانکر ساقه به صورت قابل توجهی تحت تأثیر بارش‌های بهاره قرار داشتند. در بهار ۱٤۰۰ (سال زراعی اول)، بیش‌ترین ضرایب همبستگی بین شاخص BLI و متغیرهای آب و هوایی مربوط به مجموع بارش (SP) با ضریب ۰/۹۵+، تعداد روزهای بارانی (SRD) ۰/۹۳+ و تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر (SRD5) با ۰/۸۸+ 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 ۱٤۰۰ بین شهرستان‌های مورد مطالعه، می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که، در سال اول این پژوهش شهر ستان علی‌آباد به‌دلیل مجموع بارش بهاره بالاتر (= SP 111/7 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 تاثیر پررنگ متغیرهای آب و هوایی نظیر میزان بارش و بالا بودن رطوبت نسبی تاکید دارد با نتایج پژوهش‌های متعددی هم‌سو است (Fitt *et al*., 2006; Huang *et al*., 2006; West *eat 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 تاثیرگذار به طور محسوسی تغییر یافت؛ به طوری که در بهار ۱٤۰۱ 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 ۱٤۰۰ نسبت به زمستان ۱۳۹۹ (از ۱۲۳ به ۲۲۵ میلی‌متر) در مزارع علی‌آباد مرتبط دانست. به نحوی که احتمالا 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 تاثیرگذار 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 احتمالا 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

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026
DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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 پیکنیدیوسپورهای 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 همه‌گیر شناسی 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 برگی بیماری، مقادیر بالای ضریب تغییرات (CV) در شاخص‌های درصد وقوع (DI) و شدت (DS) مشاهده شداز نظر آماری، افزایش مقدار CV معمولاً زمانی رخ 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 مقدارCV 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 و ضعیت بیماری ساق سیاه کلزا در استان گلستان مورد تاکید بود؛ اما در برخی از شاخص‌های همه‌گیر شناسی اختلافات آماری معنی‌داری بین "مزارع" یک منطقه نیز مشاهده گردید. نویسندگان و محققین این پژوهش بر این باورند که احتمالا علت این پدیده نیز مربوط به عواملی مانند ویژگی های محلی و تفاوت های میکروکلیمایی بین مزارع یک منطقه بوده است؛ به‌طوری که 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.

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 93, No. 2, March 2026

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

سپاس‌گزاری

نگارندگان از حمایت‌ها، راهنمایی‌ها و همکاری صمیمانه استاتید 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.

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., &

DOI10.22092/jaep.2026.371064.1556

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.

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 *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.

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.