

اندازه‌گیری آسان و صحیح بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا

محمدعلی آقاجانی^۱، ناصر صفایی^۲ و عزیزاله علیزاده^۳

^۱دانشجوی دوره دکتری گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشجوی دوره دکتری گروه بیماری‌شناسی گیاهی،

دانشگاه تربیت مدرس، ^۲استاد گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۲۸

چکیده

پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه ناشی از *Sclerotinia sclerotiorum* یکی از خسارت‌زاترین بیماری‌های کلزا در بسیاری از نقاط دنیا، از جمله ایران است. رابطه بین وقوع (I) و شدت (S) بیماری، یکی از مفاهیم مهم اپیدمیولوژی بیماری‌های گیاهی است زیرا اندازه‌گیری وقوع، سریع‌تر و آسان‌تر از شدت انجام می‌شود، اما اغلب شدت، شاخص مهم‌تر و مفیدتری از مقدار بیماری برای اهداف خاص به‌شمار می‌رود. در این تحقیق، رابطه وقوع- شدت در بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه در استان گلستان مورد مطالعه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری در سه سطح مزرعه، ترکیب منطقه- سال و همه داده‌های جمع‌آوری شده جهت ارائه مدل نهایی انجام گردید. در سطح اول، مدل آلومتری (تبدیل لگاریتم طبیعی I و S) بهترین برازش را داشت اما در سطح دوم، شیب مدل‌های خطی و لگاریتم طبیعی در منطقه گنبد، تفاوت معنی‌داری با سه منطقه دیگر (گرگان، علی‌آباد و کلالة) داشت. مدل‌های نهایی براساس ضریب تبیین (R^2)، انحراف معیار برآوردها (SE_{Ey}) و نمودار باقی‌مانده‌های مربوط به آنالیز رگرسیون داده‌های خام و مجدداً تبدیل شده ساخته شدند. براساس این آماره‌ها، مدل‌های نهایی از خانواده آلومتری بودند که در منطقه گنبد به‌صورت $S=(0/526) I^{(1/2)}$ و در سه منطقه دیگر به‌صورت $S=(0/82) I^{(1/073)}$ بود.

واژه‌های کلیدی: *Sclerotinia sclerotiorum*، کلزا، اندازه‌گیری بیماری، رابطه وقوع- شدت، تجزیه رگرسیون

مقدمه

قارچ *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary یکی از مهم‌ترین بیمارگرهای گیاهی است که در گیاهان مختلفی، مانند دانه‌های روغنی، بیماری‌هایی مانند پوسیدگی ساقه و طبق (آفتاب‌گردان) را به‌وجود می‌آورد. پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه، یکی از خسارت‌زاترین

بیماری‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در بسیاری از نقاط دنیا می‌باشد. این بیماری تاکنون در تمام مناطقی از دنیا که کلزا کاشت می‌شود مانند: هندوستان، چین، کانادا، ایالات متحده آمریکا، برزیل، فرانسه، آلمان، انگلستان، ایتالیا، سوئد، فنلاند و دانمارک؛ گزارش شده است (افشاری‌آزاد و چگینی، ۲۰۰۵؛ بهومیک، ۲۰۰۳؛ نات، ۱۹۷۱).

کشور محسوب می‌شود. بررسی‌های انجام شده در این استان نشان می‌دهد که درصد بوته‌های بیماری در مناطق مختلف آن طی سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۱ تا ۸۲ درصد و ۳ تا ۷۸ درصد بوده است (آقاجانی و همکاران، ۲۰۰۸).

ارزیابی بیماری‌های گیاهی، یکی از مهم‌ترین و اغلب مشکل‌ترین کارها در اپیدمیولوژی بیماری‌های گیاهی است. ارزیابی مقدار بیماری موجود در یک زمان خاص، محور اصلی تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، مدل‌سازی، و تفسیر پدیده‌های یک پاتوسیستم می‌باشد. ارزیابی بیماری معمولاً با صرف هزینه و وقت همراه می‌باشد. تصمیم‌گیری دقیق درباره چگونگی، زمان، مکان و فرد ارزیابی‌کننده، از ضروریات این امر حساس می‌باشند. یک ارزیابی موفق، نتایج صحیح، دقیق و تکرارپذیر به‌دنبال خواهد داشت (کمبل و مدن، ۱۹۹۰).

ارزیابی بیماری به‌صورت کمی و یا کیفی انجام می‌گردد. کمیت بیماری در یک گیاه (یا مزرعه)، به‌عنوان مقدار بیماری^۱ نامیده می‌شود (سیم، ۱۹۸۴). این کمیت در گذشته با شدت بیماری به‌صورت مترادف مورد استفاده قرار می‌گرفت (سیم، ۱۹۸۴)، اما مک رابرتز و همکاران (۲۰۰۳) از آن به‌عنوان یک مفهوم کلی که بیان‌کننده مقدار بیماری است، یاد کردند. مقدار بیماری، به‌صورت‌های مختلفی قابل اندازه‌گیری است که مهم‌ترین کمیت‌های مرتبط با آن، میزان وقوع^۲ و شدت بیماری^۳ می‌باشند (سیم، ۱۹۸۴).

میزان وقوع (با نماد I)، به تعداد واحدهای گیاهی که علائم قابل مشاهده بیماری را نشان می‌دهند، اطلاق می‌گردد و به دو صورت نسبت (صفر تا یک) یا درصد (صفر تا ۱۰۰) واحدهای بیمار در یک جمعیت بیان می‌شود (سیم، ۱۹۸۴؛ کمبل و مدن، ۱۹۹۰). شدت بیماری (با نماد S)، مساحت یا حجم بافت گیاهی بیمار است که معمولاً نسبت به مساحت یا حجم کل بافت‌های گیاهی بیان می‌گردد (سیم، ۱۹۸۴؛ ناتر، ۲۰۰۱).

خسارت متوسط سالانه این بیماری در چین، در حدود ۲۰ درصد برآورد شده است (مک‌کارتنی و همکاران، ۱۹۹۹). در انگلستان، خسارت‌های ۵۰ درصدی در اثر این بیماری گزارش شده است. در آلمان، در مناطقی که تحت تناوب‌های کوتاه مدت زراعی قرار داشتند، میزان وقوع بیماری تا ۷۰ درصد ثبت شده است که منجر به کاهش‌های ۲۰ تا ۳۰ درصدی در عملکرد محصول کلزا شده است (کوچ و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین اسکروتینیا در تمام مناطق زیر کشت کلزا در کانادا وجود دارد. در این کشور، بیماری به‌صورت اتفاقی دیده می‌شود، اما اغلب از شدت بالایی برخوردار است. بیماری در مناطق مرتفع و پرباران ایالت‌های آلبرتا، ساسکاچوان و مانی توبا معمولاً به‌صورت شدید ظاهر می‌شود. در اوایل دهه ۱۹۸۰، عملکرد مزارعی با آلودگی متوسط تا شدید، به‌طور متوسط، ۲۲۴ تا ۳۳۶ کیلوگرم در هکتار کمتر از مزارع سالم (یا دارای مقدار اندک بیماری) بود (بی‌نام، ۲۰۰۵). در ایالات‌متحده آمریکا نیز این بیماری در ایالت‌های جورجیا، کارولینای شمالی و مینه سوتا وجود دارد. بررسی‌های انجام شده در داکوتای شمالی طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۷ نشان داد که مقدار بیماری از ۷/۱ درصد در سال ۱۹۹۱ تا ۱۸/۷ درصد در سال ۱۹۹۳ در تغییر بوده است و مقدار متوسط آن طی شش سال، ۱۳/۲ درصد بوده است (بی‌نام، ۲۰۰۵).

در ایران، این بیماری از استان گلستان (شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد، کلالة، گنبد، بندرترکمن، آق‌قلا، دلد، مینودشت و بندرگز)، مازندران (شهرستان‌های بهشهر، نکا، دشت ناز، جویبا، قائم‌شهر، ساری، بابل و کیاکلا)، گیلان (رودسر) و اردبیل (پارس‌آباد مغان) گزارش شده است (افشاری‌آزاد، ۲۰۰۱؛ افشاری‌آزاد، ۲۰۰۵؛ افشاری‌آزاد و چگینی، ۲۰۰۵؛ براری و همکاران، ۲۰۰۰؛ دلیلی، ۲۰۰۴؛ صلاتی و افشاری‌آزاد، ۲۰۰۲). براری و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اراضی کلزاکاری استان مازندران، آن را در تمام مناطق بررسی شده یافته و مقدار متوسط بیماری را ۱۲/۳ تا ۵۴/۴ درصد گزارش کرده‌اند. استان گلستان با سطح زیر کشت قریب به ۷۰ هزار هکتار، قطب تولید کلزا در

1- Disease Intensity
2- Disease Incidence
3- Disease Severity

مورد ارزیابی تحت تأثیر قرار گیرند (سیم، ۱۹۸۴). بنابراین، استفاده از این مدل‌ها جهت کمی کردن و درک روابط بین میزان وقوع و شدت بیماری‌های گیاهی قبل از کاربرد آنها در طیف گسترده‌ای از زمان و مکان ضروری به نظر می‌رسد.

روابط بین میزان وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه، تاکنون در مورد هیچ‌کدام از میزبان‌های قارچ عامل این بیماری مورد مطالعه قرار نگرفته است. این تحقیق با هدف تعیین رابطه کمی بین دو کمیت یادشده و ارائه مدلی جهت پیش‌بینی قابل اعتماد شدت بیماری براساس ارزیابی میزان وقوع بیماری در مزارع کلزای استان گلستان، به مرحله اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، از ۸۰ مزرعه کلزا (رقم هایولا ۴۰۱) در چهار شهرستان مختلف استان گلستان (گرگان، علی‌آباد، کلاله و گنبد) طی دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ (۱۰ مزرعه به‌ازای هر شهرستان) به‌دست آمد. این مزارع در محدوده جغرافیایی بین عرض‌های ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول ۵۴ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی واقع شده بودند. بعد از پایان مرحله گلدهی (نیمه اول فروردین ماه)، مزارع یاد شده براساس یک برنامه زمانی منظم (یک‌بار در هر هفته) مورد بازدید قرار گرفته، مقدار بیماری در هر مزرعه ثبت گردید. برای این منظور، تقریباً ۵۰۰ تا ۶۰۰ بوته در هر مزرعه به‌صورت تصادفی انتخاب شد و جهت اندازه‌گیری میزان وقوع، براساس علائم ظاهری بیماری، به‌عنوان بوته‌های سالم یا بیمار در نظر گرفته شدند. شدت بیماری در بوته‌های بیمار، براساس مقیاس برادلی و همکاران (۲۰۰۶)، به شرح جدول ۱، محاسبه گردید. شدت متوسط بیماری در مزرعه، با در نظر گرفتن وضعیت همه بوته‌های ارزیابی شده محاسبه شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، مقادیر وقوع و شدت بیماری به نسبت (صفر تا یک) تبدیل شدند.

اندازه‌گیری میزان وقوع بسیار آسان‌تر از شدت است و مقادیر آن، اغلب صحیح‌تر، دقیق‌تر و تکرارپذیرتر از اندازه‌گیری شدت بیماری می‌باشد (کمبل و مدن، ۱۹۹۰). اندازه‌گیری شدت بیماری تحت شرایط مزرعه، کاری پرزحمت، پرهزینه و وقت‌گیر است و ممکن است تحت تأثیر تمایلات شخصی و خطاهای آزمایش قرار گیرد. این کمیت با استفاده از روش‌هایی نظیر ارزیابی بصری، سنجش از دور، روش‌های الکترونیکی و روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود (جیمز، ۱۹۷۱). ارزیابی‌های بصری شدت با استفاده دیاگرام‌ها، مقیاس‌ها و کلیدهای مصور انجام می‌گردد (جیمز، ۱۹۷۱؛ کمبل و مدن، ۱۹۹۰). با وجود استفاده از این ابزارها، خطای اندازه‌گیری شدت بیماری، بیش از اندازه‌گیری میزان وقوع می‌باشد (کمبل و مدن، ۱۹۹۰؛ گوآن و ناتر، ۲۰۰۳؛ ناتر، ۲۰۰۱). به‌رغم ایرادهای وارد بر اندازه‌گیری شدت، این متغیر در بیان مقدار بیماری موجود در مزرعه جهت محاسبه خسارت بیماری و تأثیر تیمارهای مختلف مدیریت بیماری، در مقایسه با میزان وقوع، از اهمیت بسیار بالاتری برخوردار می‌باشد. از آنجایی که میزان وقوع بسیار آسان‌تر و قابل اعتمادتر از شدت ارزیابی می‌شود، و از طرفی دیگر، شدت، کمیت مفیدتری از وقوع در بررسی‌های خاص می‌باشد، یک رابطه کمی بین میزان وقوع و شدت بیماری می‌تواند ارزیابی مقدار بیماری در مواردی که داده‌های صحیح و قابل اعتماد مورد نیاز می‌باشد، را بسیار آسان نماید (پول و همکاران، ۲۰۰۵؛ سیم، ۱۹۸۴؛ ناتر، ۲۰۰۱).

مدل‌های کمی روابط بین میزان وقوع و شدت بیماری در مورد بسیاری از بیماری‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (پول و همکاران، ۲۰۰۵؛ جورک و فرناندو، ۲۰۰۸؛ سیم، ۱۹۸۴؛ کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۴؛ مک کارتنی و همکاران، ۱۹۹۹؛ ویلکت و همکاران، ۲۰۰۰؛ هیوز و همکاران، ۱۹۹۷). این روابط در پاتوسیستم‌های مختلف متفاوت بوده، ممکن است به‌وسیله رقم یا اندام گیاهی ارزیابی شده، زمان ارزیابی بیماری طی همه‌گیری، دوره زمانی فصل رشد، مکان و تیمار اعمال شده در کرت‌های

جدول ۱- شرح درجه‌های مختلف مقیاس برادلی و همکاران (۲۰۰۶) جهت تعیین شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا.

شرح	درجه شدت بیماری
بدون علائم بیماری	۰
آلودگی شاخه‌های کوچک	۱
آلودگی شاخه‌های اصلی	۲
آلودگی ساقه تا حدود ۵۰ درصد محیط آن	۳
مرگ بوته، اما مقداری از محصول قابل برداشت می‌باشد	۴
مرگ بوته، محصول غیرقابل برداشت	۵

و پیش‌بینی شده، با استفاده از نرم‌افزارهای یادشده صورت پذیرفت.

نتایج

رابطه آماری بین مقادیر وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا در استان گلستان، به صورت خام (مدل خطی) و تبدیل شده (با سه روش مختلف)، با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که مدل‌های آلومتری^۴ (تبدیل لگاریتم طبیعی) و خطی، ساده‌ترین و دارای بالاترین برازش با داده‌ها بوده‌اند که به ترتیب با داده‌های ۳۳ و ۲۵ مزرعه، برازش نشان داده‌اند (جدول ۲). براساس تعداد مزارع دارای برازش، ضریب تبیین بالا، انحراف معیار پایین خطا و نمودار باقی‌مانده‌ها، مدل آلومتری به‌عنوان بهترین مدل در سطح مزارع انتخاب گردید و مدل ریشه مربع، با فراهم کردن برازش قابل قبول در ۴ مزرعه، در رتبه آخر قرار گرفت.

جهت تعیین روند کلی داده‌های وقوع و شدت بیماری، نمودار مقادیر این دو کمیت در مقابل یکدیگر ترسیم گردید. برای تعیین تابع ریاضی رابطه بین دو متغیر یادشده، از رگرسیون خطی استفاده شد. تبدیل‌های معمول در منابع، شامل لگاریتم طبیعی^۱، ریشه مربع^۲ و تبدیل مکمل لگاریتم لگاریتم^۳ (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۴؛ پول و همکاران، ۲۰۰۵)، جهت دستیابی به بهترین رابطه خطی بین وقوع و شدت در هر مزرعه و شهرستان انجام گردید. آماده‌سازی و تبدیل داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2007 و تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار StatGraphics، نسخه ۱۵/۲/۰۵ صورت پذیرفت.

به‌منظور مقایسه مدل‌های با تبدیل‌های مختلف متغیرهای مستقل از نظر نکویی برازش، متغیر وابسته پیش‌بینی شده، تبدیل برگشتی شد و آماره‌های مختلف نظیر ضریب تبیین (R^2) محاسبه گردید. بعد از انتخاب بهترین مدل‌ها، رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده

جدول ۲- مناطق یادداشت‌برداری و تعداد مزارع دارای بهترین برازش با مدل‌های مختلف رابطه وقوع- شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا در استان گلستان.

مدل ^۱	گرگان		علی‌آباد		کلاله		گنبد		کل
	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	
خطی	۳	۴	۵	۳	۴	۳	۱	۲	۲۵
آلومتری	۴	۲	۴	۵	۶	۳	۶	۳	۳۳
مکمل لگاریتم لگاریتم	۲	۳	۱	۲	۰	۴	۳	۳	۱۸
ریشه مربع	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۴

۱- معادله مدل‌های مختلف: خطی ($S = \beta.I + \alpha$)، آلومتری ($\ln(S) = \beta \ln(I) + \ln(\alpha)$)، مکمل لگاریتم لگاریتم ($\ln[-\ln(1-S)] = \beta \ln[-\ln(1-I)] + \alpha$) و ریشه مربع ($\text{Sqrt}(S) = \beta \text{Sqrt}(I) + \alpha$).

- 1- Natural Logarithm
- 2- Square Root
- 3- Complementary Log-Log (CLL)

جدول ۳- پارامترها و آماره‌های مدل‌های مختلف رابطه وقوع- شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا در چهار شهرستان استان گلستان طی دو سال زراعی.

شهرستان	سال زراعی	مدل	عرض از مبدا	شیب	ضریب تبیین (درصد)	انحراف معیار
گرگان	۸۵-۸۴	آلومتری	-۰/۰۳۱	۱/۰۸۸	۹۴/۹۷	۰/۲۱۶
	۸۵-۸۶	خطی	-۰/۰۰۶	۰/۸۲۷	۹۸/۳۲	۰/۰۰۹
علی‌آباد	۸۵-۸۴	خطی	-۰/۰۰۴	۰/۷۷۳	۹۸/۱۴	۰/۰۱۸
	۸۵-۸۶	آلومتری	-۰/۱۵۷	۱/۱۳۹	۹۸/۰۴	۰/۲۱۰
کلاله	۸۴-۸۵	آلومتری	-۰/۰۳۹	۱/۰۷۷	۹۸/۱۶	۰/۱۷۹
	۸۵-۸۶	مکمل لگاریتم لگاریتم	-۰/۲۹۸	۱/۰۵۴	۹۶/۶۱	۰/۲۵۰
گنبد	۸۴-۸۵	آلومتری	-۰/۹۹۶	۱/۰۳۵	۸۵/۷۸	۰/۳۶۳
	۸۵-۸۶	آلومتری	-۰/۵۶۸	۱/۲۳۴	۹۸/۶۳	۰/۱۳۱

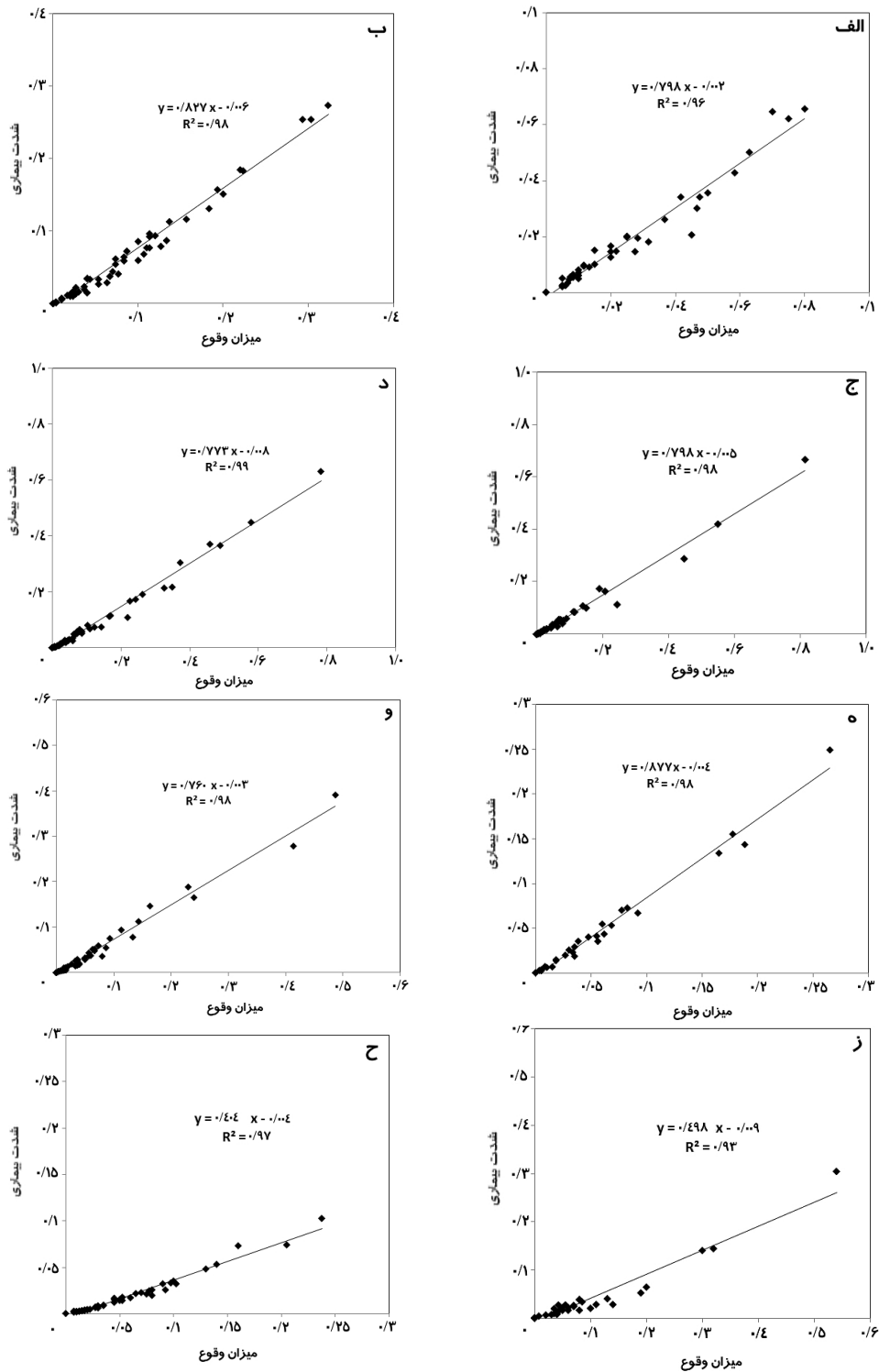
مدل‌های خطی و آلومتری) با سه شهرستان دیگر (گرگان، علی‌آباد و کلاله) دارد (شکل ۱). بنابراین، مرحله سوم آنالیزها جهت به‌دست آوردن مناسب‌ترین مدل برای الف) ۲۰ مزرعه شهرستان گنبد در دو سال زراعی، و ب) ۶۰ مزرعه سه شهرستان گرگان، علی‌آباد و کلاله در دو سال زراعی انجام گردید. هر دو مدل خطی و آلومتری، ضریب تبیین بالایی (۹۳/۶۸ تا ۹۸/۲۸ درصد) با داده‌های یادشده داشتند. نتایج رگرسیون خطی داده‌های تبدیل برگشتی شده با داده‌های مشاهده شده نشان داد که در مجموع برای داده‌های ثبت شده در ۸۰ مزرعه در این چهار شهرستان طی دو سال زراعی، ساده‌ترین و مناسب‌ترین مدل‌ها، مدل‌های آلومتری و خطی می‌باشند (جدول ۴). از هر دو مدل یادشده می‌توان جهت تبدیل داده‌های وقوع بیماری اسکروتینیا به‌شدت آن استفاده نمود، هرچند که برازش مدل آلومتری با داده‌ها اندکی بیش از مدل خطی بود. معادله مدل‌های نهایی و آماره‌های آنها در مرحله سوم تجزیه و تحلیل داده‌ها (با تفکیک گنبد از سه شهرستان دیگر) در جدول ۴ ارائه شده است.

در مرحله بعدی، آنالیز رگرسیون برای هر شهرستان- سال انجام گردید. نتایج این مرحله مشابه مرحله اول (در سطح مزارع) بود، به‌طوری‌که مدل آلومتری توانست در ۵ مورد از ۸ مورد شهرستان-سال، بهترین برازش را با داده‌ها فراهم نماید (جدول ۳). مدل خطی نیز برازش خوبی با داده‌ها در این مرحله نشان داد، اما تنها در دو مورد، نتایج آن بهتر از مدل آلومتری بود. مدل خطی، پیچیدگی‌های محاسباتی کمتری از مدل آلومتری دارد و توانست ضریب تبیین بالایی را در مورد داده‌های هر ۸ شهرستان- سال فراهم نماید (شکل ۱). برخلاف مطالب ذکرشده، نمودار باقی‌مانده‌های مدل خطی دارای یک الگوی غیرتصادفی بود و این امر نشان می‌دهد که مدل یادشده، همه تنوع مشاهده شده را بیان نمی‌کند (کمبل و مدن، ۱۹۹۰)، بنابراین، مدل خطی، با وجود داشتن ضریب تبیین بالا، مدل مناسبی برای این داده‌ها نمی‌باشد.

بعد از انجام رگرسیون خطی، مشخص شد که یکی از شهرستان‌ها (گنبد طی هر دو سال)، از نظر پارامتر شیب خط رگرسیون، تفاوت معنی‌داری ($P < 0/01$) برای

جدول ۴- مدل‌های نهایی وقوع- شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا در استان گلستان براساس رگرسیون خطی داده‌های تبدیل شده و تبدیل برگشتی شده.

شهرستان	مدل	معادله	ضریب تبیین (درصد)	انحراف معیار	ضریب تبیین (درصد)	انحراف معیار	تبدیل برگشتی
گرگان	خطی	$S = (0/00357) I - (0/0775)$	۹۸/۲۸	۰/۰۱۲	۹۸/۲۸	۰/۰۱۲	تبدیل برگشتی
علی‌آباد کلاله	آلومتری	$S = (0/082) I^{(1/033)}$	۹۷/۱۸	۰/۲۲۹	۹۸/۳۷	۰/۰۱۲	تبدیل برگشتی
گنبد	خطی	$S = (0/00726) I - (0/476)$	۹۳/۶۸	۰/۰۲۰	۹۳/۶۸	۰/۰۰۹	تبدیل برگشتی
آلومتری	آلومتری	$S = (0/026) I^{(1/7)}$	۹۵/۱۷	۰/۲۵۸	۹۶/۹۰	۰/۰۰۶	تبدیل برگشتی



شکل ۱- نمودارهای وقوع در برابر شدت (مدل خطی) بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا در شهرستان‌های مختلف استان گلستان: الف) گرگان (۸۴-۸۵)، ب) گرگان (۸۵-۸۶)، ج) علی‌آباد (۸۴-۸۵)، د) علی‌آباد (۸۵-۸۶)، ه) کلاله (۸۴-۸۵)، و) کلاله (۸۵-۸۶)، ز) گنبد (۸۴-۸۵)، ح) گنبد (۸۵-۸۶).

بحث

تجزیه و تحلیل‌های آماری به منظور اطمینان از خطی بودن روابط و در نتیجه توزیع یکنواخت خطاهای آزمایش و کاهش واریانس داده‌ها می‌باشد. چوانگ و جگر (۱۹۸۷)

استفاده از تبدیل‌های ریاضی و مدل‌های رشد جمعیت درباره داده‌های بیماری‌های گیاهی، روشی معمول در

و کاردوسو و همکاران (۲۰۰۴) در تلاش برای رسیدن به بهترین رابطه خطی بین میزان وقوع و شدت بیماری سیگاتوکای موز و گموز بادام هندی، پس از آزمودن چندین تبدیل مختلف دریافتند که تبدیل لگاریتمی متغیرها (خانواده مدل‌های آلومتری)، بالاترین ضریب تبیین را فراهم می‌کند. نتایج بررسی حاضر نیز با مطالعات یادشده، هم‌خوانی دارد زیرا تبدیل لگاریتم طبیعی، بهترین رابطه خطی بین متغیرها را ایجاد نمود.

تصمیم‌گیری درباره نکویی برازش مدل‌ها براساس ضریب تبیین، به نوع مطالعه و هدف محقق بستگی دارد. در مورد آزمایش‌هایی که در شرایط کاملاً کنترل شده آزمایشگاهی انجام می‌شوند، ضرایب تبیین "خوب" (۹۵ تا ۹۹ درصد) مورد انتظار می‌باشد، اما در مورد بررسی‌های مزرعه‌ای، ضرایب بالاتر از ۶۰ درصد (۰/۶) ممکن است عالی در نظر گرفته شوند (کمیل و مدن، ۱۹۹۰). در این بررسی، ضریب تبیین مدل‌های نهایی بسیار بالا (بیش از ۹۳ درصد) بوده است. محاسبه R^2 تنها بخشی از فرآیند ارزیابی مدل است زیرا یک مدل با R^2 بالا نیز ممکن است نامناسب باشد. با استفاده از باقی‌مانده‌ها، به آسانی می‌توان مناسب بودن یک مدل را تعیین نمود. اگر یک مدل صحیح و مناسب انتخاب شود، توزیع تصادفی نقاط در اطراف خط پیش‌بینی وجود خواهد داشت (کمیل و مدن، ۱۹۹۰). براساس این معیار، مدل‌های خطی و ریشه مربع، در هر سه سطح تجزیه و تحلیل، فاقد الگوی تصادفی از باقی‌مانده‌ها بودند، اما در دو مدل آلومتری و CLL، باقی‌مانده‌ها تقریباً دارای توزیع تصادفی بودند. بنابراین مدل آلومتری، بهترین مدل برای توصیف روابط بین وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی کلزا می‌باشد (جدول ۴).

شیب خط رگرسیون برای روابط وقوع- شدت در مناطق مختلف، شاخص خوبی است که جنبه‌های اپیدمیولوژی و سبب‌شناسی مهمی را منعکس می‌کند. بنابراین، می‌توان از این معیار برای مقایسه همه‌گیری‌های مختلف و تأثیر تیمارهای مختلف کنترل بیماری استفاده

نمود (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۴). این کمیت، نرخ تغییرات شدت بیماری به‌ازای افزایش هر واحد در وقوع بیماری را نشان می‌دهد. افزایش مقدار وقوع از انتشار گیاه به گیاه بیمارگر نتیجه می‌شود، اما افزایش شدت، در نتیجه افزایش بیماری در یک گیاه به‌وجود می‌آید (زیداکس، ۱۹۸۵؛ تواینگستران و همکاران، ۱۹۹۸). قوی‌ترین رابطه وقوع- شدت هنگامی به‌دست می‌آید که بیماری به‌صورت سیستمیک ظاهر شده یا تمام گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

بعد از مرحله دوم تجزیه و تحلیل‌ها، مناطق یادداشت‌برداری شده براساس شیب خط رگرسیون خطی (و لگاریتم طبیعی) بین وقوع و شدت، به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل ۲۰ مزرعه شهرستان گنبد بود که از مقدار شیب کمتری (۰/۴ تا ۰/۵) برخوردار بودند، و گروه دوم شامل ۶۰ مزرعه شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کلاله بود که از شیب بالاتری (۰/۷۶ تا ۰/۸۸) برخوردار بودند (شکل ۱).

براساس بررسی آباوی و گروگان (۱۹۷۹)، پوسیدگی اسکروتینیایی کلزا جزو بیماری‌های اسکروتینیایی نوع بزرگ سختینه در نظر گرفته می‌شود که در آنها آلودگی اولیه به‌وسیله آسکوسپوره‌های تولیدشده در آپوتسیوم‌ها ایجاد می‌شود و تندش میسلیمی سختینه‌ها، نقش بسیار اندکی در همه‌گیری بیماری ایفا می‌کند. در بررسی مزارع مشاهده شد که گسترش ثانویه بیماری در مزرعه، اساساً از طریق تماس بین بوته‌های سالم و آلوده رخ می‌دهد. با این روش، آلودگی ثانویه از طریق میسلیم (و افزایش میزان وقوع بیماری) تا مدت کوتاهی قبل از برداشت ادامه پیدا می‌کند. این دوره زمانی (بعد از آغاز بیماری در مزرعه) در بعضی از مزارع که شرایط مساعدی برای گسترش بیماری (نظیر کنوپی متراکم، دریافتی بالای کودهای ازته و ارقام دارای شاخ و برگ فراوان) دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این شرایط ممکن است باعث ایجاد ورس در مزرعه گردد که به‌نوبه خود موجب افزایش فوق‌العاده وقوع بیماری می‌گردد. گزارش شده است که میزان وقوع این بیماری، ارتباط مستقیمی با شدت ورس

در مزرعه دارد (جورک و فرناندو، ۲۰۰۸). آلودگی بوته‌های جدید از طریق تماس با بوته‌های بیمار، باعث افزایش میزان وقوع بیماری می‌گردد، اما شدت بیماری با سرعت کمتری افزایش می‌یابد. حتی در صورت آلودگی یک برگ، شاخه یا غلاف دانه، بوته مورد نظر به‌عنوان بیمار در نظر گرفته شده، میزان وقوع افزایش می‌یابد. براساس این توضیح، روشن است که اندازه‌گیری میزان وقوع بیماری به تنهایی نمی‌تواند تصویری واقعی از مقدار بیماری در مزرعه به‌دنبال داشته باشد. این یافته با نتایج سایر محققان که شاخص (شدت متوسط) بیماری را یک متغیر قابل اعتماد برای نمایش تأثیر شرایط مختلف بر مقدار بیماری معرفی کرده‌اند، مطابقت دارد (پول و همکاران، ۲۰۰۵؛ کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۴).

متأسفانه نحوه گزارش مقدار بیماری در مزارع در کشور ما بر پایه‌های استوار علمی بنا نهاده نشده است، زیرا روش معمول در این گونه موارد، تعیین مقدار بیماری از خارج از مزرعه و تنها براساس مشاهده و تخمین بصری است، که فاقد اعتبار علمی می‌باشد. روش صحیح‌تر، تعیین درصد بوته‌های آلوده (میزان وقوع بیماری) می‌باشد که جایگزین مناسبی برای روش بصری است. در عین حال، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که این روش نیز به تنهایی فاقد اعتبار مورد نیاز برای مقاصد علمی (نظیر اپیدمیولوژی، مقایسه تیمارهای مختلف کنترل بیماری، تعیین مقاومت ژنوتیپ‌های گیاهی و مدل‌سازی جهت پیش‌آگاهی بیماری) می‌باشد. مطالعات زیادی در مورد این بیماری در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شده

است که همگی دارای این نقص می‌باشند (جورک و فرناندو، ۲۰۰۸؛ مک کارتنی و همکاران، ۱۹۹۹؛ تواینگسترام و همکاران، ۱۹۹۸)، اما تعداد اندکی از محققان، علاوه بر وقوع، شدت بیماری را نیز مورد ارزیابی قرار داده‌اند (برادلی و همکاران، ۲۰۰۶a؛ برادلی و همکاران، ۲۰۰۶b).

نتایج بررسی حاضر نشان می‌دهد که ارزش‌های میزان وقوع بیماری همیشه با ارزش‌های شدت بیماری یکسان نمی‌باشند. این نکته در مناطق نامساعد برای گسترش بیماری اسکروتینیا، از اهمیت بیشتری برخوردار است. در سه منطقه گرگان، علی‌آباد و کلاله، هر یک درصد افزایش در میزان وقوع، معادل ۰/۸ تا ۰/۹ درصد شدت بیماری بوده است. در گنبد، که از اقلیم گرم و خشک‌تری برخوردار است و شرایط برای توسعه بیماری نامساعدتر می‌باشد، هر یک درصد افزایش در میزان وقوع، به‌منزله ۰/۵ درصد افزایش در شدت بیماری بوده است (جدول ۴). پیشنهاد می‌گردد قبل از انجام هر گونه تحقیقی درباره اپیدمیولوژی بیماری، بررسی مقاومت ژنوتیپ‌ها و تأثیر روش‌های مختلف کنترل بیماری در یک منطقه، رابطه بین وقوع و شدت در آن منطقه تعیین گردد. در غیر این صورت، استفاده از داده‌های وقوع بیماری به تنهایی، از صحت و اعتبار کافی برخوردار نخواهد بود. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با استفاده از روابط وقوع-شدت، به‌سادگی می‌توان با نمونه‌برداری و شمارش بوته‌های بیمار در یک مزرعه کلزا، شدت بیماری را با دقت و اطمینان بالایی محاسبه نمود.

منابع

1. Abawi, G.S., and Grogan, R.G. 1979. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 69: 899-904.
2. Afshari Azad, H. 2001. Important diseases of canola. Agricultural Education Press, 17p. (In Persian)
3. Afshari Azad, H. 2005. Study of the situation of canola fields in Mazandaran and Golestan for infection of sclerotinia stem rot. Plant Protection Institute of Iran, 45p. (Unpublished report)
4. Afshari Azad, H., and Chegini, M.R. 2005. Management of sclerotinia stem rot of canola. Plant Protection Institute of Iran. 34p. (In Persian)
5. Aghajani, M.A., Safaei, N., and Alizadeh, A. 2008. Sclerotinia infection situation of canola in Golestan province. P52, In: Proceeding of the Iranian 18th Plant Protection Congress, Hamedan, Iran.

6. Anonymous. 2005. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabicompendium.org/cpc.
7. Barari, H., Zamani Zadeh, H., Ershad, D., and Foroutan, A.R. 2000. Distribution of sclerotinia stem rot of canola in Mazandaran province. P295, In: Proceeding of the Iranian 14th Plant Protection Congress, Isfahan, Iran.
8. Bhowmik, T.P. 2003. Oilseed brassicas, constraints and their management. CBS publishers and distributors, India, Delhi.
9. Bradley, C.A., Lamey, H.A., Endres, G.J., Henson, R.A., Hanson, B.K., McKay, K.R., Halvorson, M., LeGare, D. G., and Port, P. M. 2006a. Efficacy of fungicides for control of *Sclerotinia* stem rot of canola. *Plant Disease*, 90: 1129-1134.
10. Bradley, C.A., Henson, R.A., Porter, P.M., LeGare, D.G., del Río, L.E., and Khot, S.D. 2006b. Response of canola cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum* in controlled and field environments. *Plant Disease*, 90:215-219.
11. Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York, 532p.
12. Cardoso, J.E., Santos, A.A., Rossetti, A.G., and Vidal, J.C. 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology* 53: 363–367.
13. Chuang, T.Y., and Jeger, M.J. 1987. Relationship between incidence and severity of banana leaf spot in Taiwan. *Phytopathology*, 77:1537-1541.
14. Dalili, S.A. 2004. Determination of distribution and crop loss of sclerotinia stem rot of canola in Mazandaran. Plant Protection Institute of Iran. (Unpublished report)
15. Guan, J., and Nutter, F.W.J. 2003. Quantifying the inter-rater repeatability and interrater reliability of visual and remote-sensing disease-assessment methods in the alfalfa foliar pathosystem. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25:143-149.
16. Hughes, G., McRoberts, N., Madden, L.V., and Gottwald, T.R. 1997. Relationships between disease incidence at two levels in a spatial hierarchy. *Phytopathology* 87:542-550.
17. James, W.C. 1971. A manual of disease assessment keys for plant diseases. Canadian Department of Agricultural Publication 1450, 50p.
18. Jurke, C.J., and Fernando, W.G.D. 2008. Effects of seeding rate and plant density on sclerotinia stem rot incidence in canola. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 41:142-155.
19. Koch, S., Dunke, S., Kleinhenz, B., Röhrig, M., and Tiedemann, A.V. 2007. A crop loss-related forecasting model for *Sclerotinia* stem rot in winter oilseed rape. *Phytopathology*, 97: 1186-1194.
20. McCartney, H.A., Lacey, M.E., Li, Q., and Heran, A. 1999. Airborne ascospore concentration and the infection of oilseed rape and sunflowers by *Sclerotinia sclerotiorum*. P430, In: 10th international rapeseed congress, Canberra, Australia.
21. McRoberts, N., Hughes, G., and Madden, L.V. 2003. The theoretical basis and practical application of relationships between different disease intensity measurements in plants. *Annals of Applied Biology* 142:191-211.
22. Natti, J.J. 1971. Epidemiology and control of bean white mold. *Phytopathology* 61: 669-674.
23. Nutter, F.W.J. 2001. Disease assessment. PP312-323, In: Encyclopedia of plant pathology, O. C. Maloy and T.D. Murray, eds. John Wiley & Sons, Inc.
24. Paul, P.A., Lipps, P.E., and Madden, L.V. 2005. Relationship between visual estimates of Fusarium head blight intensity and deoxynivalenol accumulation in harvested wheat grain: A meta-analysis. *Phytopathology*, 95:1225-1236.
25. Salati, M., and Afshari Azad, H. 2002. Identification of plant pathogenic fungi of canola in Golestan province. P51, In: Proceeding of 15th Iranian Plant Protection Congress. Karaj.
26. Seem, R.C. 1984. Disease incidence and severity relationships. *Annual Review of Phytopathology*, 22:133-150.
27. Twengstrom, E., Sigvald, R., Svensson, C., and Yuen, J. 1998. Forecasting sclerotinia stem rot in spring sown oilseed rape. *Crop Protection* 17: 405-411.
28. Willocquet, L., Fernandez, L., and Savary, S. 2000. Effect of various crop establishment methods practiced by Asian farmers on epidemics of rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *Plant Pathology*, 49:346-354.
29. Zadoks, J.C. 1985. The conceptual basis of crop loss assessment: The threshold theory. *Annual Review of Phytopathology*, 23:455-473.

Easy and Accurate assessment of sclerotinia stems rot of canola

M.A. Aghajani¹, *N. Safaie² and A. Alizadeh³

¹Ph.D. Student, Dept. of Plant Pathology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, ²Assistant Prof., Dept. of Plant Pathology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, ³Professor, Dept. of Plant Pathology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Sclerotinia stem rot (SSR), caused by *Sclerotinia sclerotiorum*, is one of the most damaging diseases of canola in many areas of the world, including Iran. The relationship between disease incidence (I) and severity (S) is an epidemiologically significant concept, because incidence is quicker and easier to measure than severity. It is generally perceived that measures of incidence are often more accurate, precise, and reproducible than measures of severity, but severity is often considered a more important and useful measure of disease intensity than incidence for certain objectives. The I-S relationship of SSR of canola was studied in Golestan province, northern Iran. Statistical analyses were performed on three factors: fields, location/year combinations, and all data collected for the final model. For the first factor, allometric (ln transformation of I and S) model had the best fit, but in the second factor, the slope of linear and ln models at the Gonbad location was significantly different from three other locations (Gorgan, Ali Abad, and Kalaleh). Final models were evaluated based on R^2 , SEEy and residual plots of regression analysis of raw and back-transformed data. Based on these criteria, final models were of allometric family, both in Gonbad ($S = (0.526) I^{(1.2)}$) and three other locations ($S = (0.82) I^{(1.073)}$).

Keywords: *Sclerotinia sclerotiorum*; Canola; Disease measurement; I-S relationship; Regression analysis