آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۶، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۷

ارزیابی کمی و تعیین رابطه‌ی بین وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در استان مازندران

رضاپور مهدی علمدارلو[۱]✉، محمد سالاری[۲]، محمدعلی آقاجانی[۳]، ناصر پنجه‌که[۲] و سید کاظم صباغ[۴]

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران؛ ۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران؛ ۴- دانشیار گروه زیست شناسی، مجتمع علوم، دانشگاه یزد، یزد، ایران
(تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۷؛ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷)

چکیده

پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه از بیماری‌های مهم کلزا در دنیا و ایران می‌باشد. با هدف اندازه‌گیری وقوع و شدت بیماری و تعیین رابطه‌ی بین آن‌ها، ۲۴۰ مزرعه‌ی کلزا طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در استان مازندران بررسی شد و در بازدیدهای هفتگی میزان بیماری در آن‌ها یادداشت شد. از لحاظ وقوع و شدت نهایی بیماری، بین مناطق و سال‌های تحقیق اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) وجود داشت. بیشترین مقدار وقوع و شدت (۳۴/۰۲ و ۲۳/۷۰ درصد) در سال ۱۳۹۵ و کمترین آن‌ها (۱۲/۸۵ و ۶/۳۲ درصد) در سال ۱۳۹۴ بود. بین مناطق نیز گلوگاه و ساری به‌ترتیب بیشترین و کمترین آلودگی به بیماری را داشتند. جهت تعیین رابطه‌ی بین دو کمیّت فوق، داده‌های مربوطه، از طریق تجزیه رگرسیون خطی با مدل‌های مختلف ریاضی برازش شد. براساس آماره‌هایی مانند ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد برآوردها، مدل‌های خطی، آلومتری و ریشه مربع، برازش خوبی با داده‌ها نشان دادند. مدل خطی با توجه به ساده‌تر بودن و داشتن پیچیدگی محاسباتی کمتر، به عنوان مدل نهایی انتخاب شد. از لحاظ شیب معادله‌ی مدل خطی، بین چهار سال تحقیق اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) مشاهده شد. معادله‌ی این مدل برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ به‌صورت $S=0.72(I)-0.99$ و برای سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ به‌صورت $S=0.55(I)-0.61$ بود. شرایط آب و هوایی تأثیر معنی‌داری روی مقدار آلودگی به‌بیماری در سال‌های مختلف داشت.
واژه‌های کلیدی: اپیدمیولوژی، بیماری‌های کلزا، شدت، وقوع، *Sclerotinia sclerotiorum*

Quantitative assessment and determination the relationship between incidence and severity of rapeseed *Sclerotinia* stem rot disease in Mazandaran province

R. M. ALAMDARLOU[1]✉, M. SALARI[2], M. A. AGHAJANI[3], N. PANJEKEH[2] and S. K. SABBAGH[4]

1and 2- PhD student and associate professors rspectively, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran; 3- Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran; 4- Department of Biology, Campus of Science, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

Sclerotinia stem rot is a rapeseed important disease in the world and Iran. For measuring disease incidence and severity and determination relationship between them, 240 rapeseed fields were investigated in Mazandaran province during years 2010, 2011, 2015 and 2016, and their disease amounts recorded in weekly surveys. Based on final incidence and severity, there were significant differences ($P<0.01$) between regions and years. The highest incidence and severity (34.02 and 23.70 percent) was in year 2016 and the lowest of them (12.85 and 6.32 percent) in year 2015. Between regions, Galogah and Sari had the highest and lowest disease infection respectively. In order to determine relationship between two mentioned quantities, the related data, were fitted with different mathematical models by linear regression analysis method. Based on statistical analyses such as coefficient of determination (R^2) and standard error of estimates, linear allometric and square root models had good fitness with data. The linear model was selected as the final model because of the simplicity and having low computational complexity. Based on slope of linear model equation, there was significant difference ($P<0.01$) between four years of investigation. The equation of the model for years 2010 and 2016 was $S=0.72(I)-0.99$ and for years 2011 and 2015 was $S=0.55(I)–0.61$. Weather conditions had significant effects on disease infection in different years.
Key words: Epidemiology, incidence, rapeseed diseases, severity, *Sclerotinia sclerotiorum*

✉ **Corresponding author: rezapoorma@gmail.com**

مقدمه

برای بکارگیری موفق برنامه‌های مدیریت تلفیقی بیماری‌های گیاهی، داشتن اطلاعات درست و کامل از میزان بیماری و یا جمعیت بیمارگر ضروری می‌باشد. ارزیابی بیماری یکی از مهم‌ترین و مشکل‌ترین کارها در اپیدمیولوژی بیماری‌های گیاهی بوده و تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها، مدل‌سازی‌ها و تفسیر پدیده‌های یک پاتوسیستم بر اساس آن صورت می‌گیرد. ارزیابی بیماری نیاز به صرف زمان لازم و هزینه کافی دارد. مقدار بیماری اغلب با دو کمیت وقوع (I)[1] و شدت (S)[2] بیان می‌شود که وقوع، بیانگر تعداد گیاهان بیمار در جمعیت مورد مطالعه بوده و شدت، بیانگر مساحت یا حجم بافت گیاهی آلوده می‌باشد. در مباحث اپیدمیولوژیکی، شدت کاربرد بیشتری نسبت به وقوع دارد. اندازه‌گیری شدت سخت‌تر بوده و نیاز به زمان بیشتری داشته و اغلب با خطای آزمایشی همراه است، ولی اندازه‌گیری وقوع آسان‌تر و سریع‌تر بوده و مقادیر آن نیز صحیح‌تر، دقیق‌تر و تکرارپذیرتر می‌باشد. بنابراین دستیابی به یک رابطه‌ی کمی بین شدت و وقوع بیماری، جهت ارزیابی دقیق‌تر مقدار بیماری و تخمین خسارت ناشی از آن بسیار سودمند می‌باشد (Campbell and Madden, 1990; Nutter *et al.,* 2006; Seem, 1984).

رابطه بین شدت و وقوع در ارتباط با بیماری‌های گیاهی مختلف بررسی شده است. در مطالعات انجام شده در استان گلستان، رابطه شدت و وقوع بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا برای اولین‌بار در مناطق مختلف این استان با استفاده از مدل‌های ریاضی مختلف تعیین شده که مدل آلومتری بهترین برازش را با داده‌ها داشته و معادله‌ی آن در منطقه‌ی گنبد به‌صورت $S=(0/526)I^{(1.2)}$ و در سه منطقه‌ی گرگان، علی‌آباد و کلاله به‌صورت $S=(0/82)I^{(1.073)}$ بوده است (Aghajani *et al.,* 2008). براساس مطالعه انجام شده در استان گلستان، مدل آلومتری بهترین برازش را برای توصیف رابطه شدت و وقوع بیماری سوختگی آلترناریایی گونه‌های جنس براسیکا نشان داده است، ولی شیب مدل در ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت بوده است (Ghasemi *et al.,* 2013). رابطه بین شدت و وقوع بیماری پوسیدگی زغالی سویا ناشی از *Macrophomina phaseolina* در استان گلستان مطالعه شده که مدل ریشه مربع برازش خوبی با مجموع داده‌ها داشته و معادله آن به صورت sqrt(S)=-0/000484 + 0/723913*sqrt(I) بوده است (Taliei *et al.,* 2012).

رابطه شدت و وقوع بیماری گموز درخت کاشو (بادام هندی) در برزیل بررسی شده که مدل بر اساس لگاریتم طبیعی بهترین برازش را با داده‌ها داشته و معادله آن به شکل $\ln(S) = 1{\cdot}163\ln(I) + 0{\cdot}439$ بوده است (Cardoso *et al.,* 2004). در بررسی دیگر که در مدت سه سال در برزیل انجام شده رابطه شدت و وقوع بیماری زنگ قهوه به شکل معادله $Y = 0.001 - 0.01076X + 0.008376X^2$ تعیین شده است که Y بیانگر میانگین سطح برگ آلوده به بیماری زنگ و X بیانگر درصد برگ‌های دارای علایم بوده است (Silva-Acuna *et al.,* 1999). در بررسی چهار ساله روی بیماری لکه نواری برگ جو ناشی از *Pyrenophora graminea*، با افزایش وقوع بیماری، شدت آن نیز به صورت خطی افزایش یافته و رابطه آن‌ها به شکل $S= 0.8786I + 2.9774$ بوده است (Arabi and Jawhar, 2010). در بررسی دیگری روی بیماری پوسیدگی معمولی ریشه گندم ناشی از *Cochliobolus sativus*، رابطه بین شدت و وقوع بیماری به صورت خطی بوده و از لحاظ شیب و عرض از مبدا معادله خط، اختلافی بین سه سال تحقیق وجود نداشته است (Arabi *et al.,* 2015). معادله مربوط به رابطه شدت و وقوع بیماری سفیدک پودری سیب نیز به صورت $S^{0.50}= 0.25 + 2.34I$ برآورد شده است (Seem and Gilpatrick, 1980). نتایج بررسی دو ساله روی بیماری ناشی از ویروس رگه‌ای ذرت در کشور غنا نشان داده است که هم‌بستگی مثبت بین میزان وقوع و شدت متوسط بیماری وجود داشته و از لحاظ میزان آلودگی به بیماری بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود داشته است (Asare-Bediako, *et al.,* 2017).

[1] Incidence
[2] Severity

پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه با عامل *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.1837) de Bary 1884 یکی از بیماری‌های قارچی مهم کلزا می‌باشد که پراکنش جهانی داشته و در نقاط مختلف دنیا مانند کانادا، برزیل، هند، چین، کشورهای اروپایی و استرالیا شیوع دارد. در ایران نیز این بیماری در مناطق مرطوب شمالی از جمله استان‌های مازندران و گلستان اهمیت زیادی داشته و در برخی سال‌ها خسارت آن قابل توجه است (Afshari Azad, 2001; Aghajani *et al.*, 2008; Mehdi Alamdarlou *et al.*, 2012; Rimer *et al.*, 2007; Sharma *et al.*, 2015).

میزان خسارت محصول بستگی به درصد آلودگی بوته‌ها و مرحله‌ی رشدی گیاه در زمان آلودگی دارد. گیاهانی که در اوایل گل‌دهی آلوده شوند، خسارت زیادی می‌بینند؛ ولی بوته‌هایی که در انتهای گل‌دهی آلوده می‌شوند، کاهش محصول کمتری دارند (Sharma *et al.*, 2015). استفاده از قارچ‌کش‌ها برای کنترل این بیماری متداول است، با توجه به این‌که قارچ‌کش‌ها اغلب خاصیت محافظت کنندگی دارند، سمپاشی باید قبل از وقوع آلودگی صورت گیرد. هم‌چنین میزان وقوع بیماری و خسارت آن بسته به منطقه جغرافیایی، شرایط محیطی و وضعیت مزرعه متفاوت است. از این جهات برای پیش‌بینی بیماری و تصمیم گیری برای سمپاشی نیاز به روش پیش‌آگاهی قابل اطمینانی می‌باشد (Makowski *et al.*, 2005). در کانادا همبستگی مثبت بین میزان آلودگی گلبرگ‌ها در اوایل دوره گل‌دهی و میزان وقوع بیماری در بعضی سال‌ها وجود داشته است. دقت پیش‌بینی بر اساس آلودگی گلبرگ‌ها در زمانی که خطر بیماری و وقوع آن پایین باشد، نسبتاً دقیق بوده ولی زمانی که خطر بیماری و وقوع آن متوسط یا بالا باشد، از دقت کمتری برخوردار بوده است (Turkington *et al.*, 1991). در مطالعات بعدی این روش توسعه بیشتری یافته و تراکم مزرعه و شرایط جوی در دوره گل‌دهی نیز جهت پیش‌بینی بیماری در نظر گرفته شده است (Turkington and Morrall, 1993). در کشور سوئد سیستم پیش‌آگاهی بیماری بر اساس داده‌های مزرعه‌ای و میزان نزولات جوی به صورت یک جدول نقطه خطر ابداع شده است. در این سیستم فاکتورهایی مانند تعداد سال‌های گذشته از کشت کلزای قبلی، میزان وقوع بیماری روی محصول میزبان کشت شده قبلی، تراکم مزرعه و میزان بارندگی در طول دو هفته قبل از گل‌دهی نقش مهمی در میزان آلودگی به بیماری داشته است (Twengstrom *et al.*, 1998). پیش‌بینی شدت بیماری بر اساس میزان آلودگی گلبرگ‌ها در ترکیب با رطوبت خاک دقت بیشتری نسبت به آلودگی گلبرگ‌ها به تنهایی داشته است (Bom and Boland, 2000). در آلمان نیز یک سیستم پیش‌آگاهی تحت عنوان SkleroPro ابداع شده است که در آن علاوه بر عوامل محیطی (دمای هوا، رطوبت نسبی، بارندگی و طول ساعات آفتابی)، عوامل اقتصادی (هزینه سمپاشی، عملکرد مورد انتظار و قیمت کلزا) هم در نظر گرفته شده است (Koch *et al.*, 2007). در ایران نیز ارتباط بین شدت نهایی بیماری با عوامل محیطی و زراعی مختلف در استان گلستان بررسی شده و فاکتورهایی مانند رطوبت نسبی، میزان بارندگی در دوره تشکیل آپوتسیوم تا شروع آلودگی، درجه حرارت، میزان کود اوره مصرفی و تناوب با برنج ارتباط بالایی با میزان آلودگی به بیماری در مزرعه داشته‌اند (Aghajani *et al.*, 2008). هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی وضعیت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در استان مازندران طی سال‌های مختلف به‌منظور ارائه راهبردهای مناسب جهت مدیریت بیماری و همچنین دستیابی به مدلی ساده و کاربردی جهت تعیین رابطه‌ی بین میزان وقوع و شدت این بیماری بود تا محققین بتوانند با تعیین میزان وقوع بیماری، نسبت به تخمین شدت آن اقدام نمایند.

مواد و روش‌ها

بررسی علایم بیماری در مناطق مختلف استان طی چهار سال

جهت اندازه‌گیری میزان وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا و تعیین رابطه‌ی ریاضی بین آن‌ها، تعداد ۲۴۰ مزرعه‌ی کلزا طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و

۱۳۹۵ در مناطق مختلف استان مازندران شامل ساری، بابلسر، میاندرود، بهشهر و گلوگاه، انتخاب شده (۱۲ مزرعه به ازای هر منطقه در هر سال) و مقدار بیماری روی کلزا در طول دوره‌ی آلودگی در مزارع تعیین گردید. با ظهور اولین علایم بیماری، بازدیدهای منظم هفتگی از مزارع صورت گرفته و با انتخاب تعداد ۵۰۰ بوته در هر مزرعه، میزان آلودگی به بیماری در مراحل مختلف بررسی و ثبت گردید.

تعیین وقوع و شدت بیماری

میزان وقوع یا درصد آلودگی به بیماری با استفاده از معادله‌ی $I=\sum x/N\times 100$ به‌دست آمد که در آن، I بیانگر میزان وقوع، x بیانگر تعداد بوته‌های بیمار و N بیانگر تعداد کل بوته‌های ارزیابی شده می‌باشد (Cardoso *et al.*, 2004). جهت تعیین شدت بیماری در بوته‌های آلوده، از مقیاس معتبر موجود (Aghajani *et al.*, 2013; Bradley *et al.*, 2006) استفاده شد که شرح این مقیاس شش طبقه‌ای عبارت است از: ۰= بدون بیماری. ۱= لکه‌های سطحی یا آلودگی شاخه‌های کوچک. ۲= آلودگی شاخه‌های بزرگ. ۳= حداقل ۵۰ درصد از ساقه اصلی به‌وسیله‌ی پوسیدگی احاطه شده است. ۴= احاطه شدن کامل ساقه اصلی توسط پوسیدگی اما گیاه محصول نسبتاً خوبی تولید می‌کند. ۵= احاطه شدن کامل ساقه اصلی توسط پوسیدگی به‌طوری‌که گیاه محصول قابل برداشت نخواهد داشت. شدت متوسط بیماری در هر مزرعه، از طریق معادله‌ی $S = \sum(x_i n_i) / N$ محاسبه گردید که در آن، S بیانگر شدت متوسط بیماری، x_i بیانگر درجه شدت بیماری، n_i بیانگر تعداد بوته‌های بیمار در درجه i ام بیماری و N تعداد کل بوته‌های ارزیابی‌شده می‌باشد (Cardoso *et al.*, 2004). وضعیت آلودگی به بیماری در مدت چهار سال آزمایش با تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به وقوع و شدت نهایی بیماری مشخص شد.

رابطه‌ی بین وقوع و شدت بیماری

جهت تعیین رابطه‌ی وقوع و شدت بیماری، داده‌های مربوط به این دو کمیت که طی بررسی مزارع کلزای مناطق مختلف در چهار سال به‌دست آمده بود، از طریق تجزیه‌ی رگرسیون خطی با چهار مدل ریاضی شامل خطی ساده، آلومتری، مکمل لگاریتم لگاریتم و ریشه مربع برازش شد. جهت استفاده از مدل‌ها، تبدیل داده‌های به‌دست آمده به‌شکل لگاریتم طبیعی ($\ln(S) = \beta\ln(I) + \ln(\alpha)$)، ریشه مربع ($\mathrm{Sqrt}(S) = \beta\mathrm{Sqrt}(I) + \alpha$) و مکمل لگاریتم لگاریتم ($\ln[-\ln(1-S)] = \beta\ln[-\ln(1-I)] + \alpha$) انجام شد (Cardoso *et al.*, 2004; Paul *et al.*, 2005).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

آماده‌سازی داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 و تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار StatGraphics Centurion XV, Version 15.2.05 انجام و میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) مقایسه شد.

نتیجه و بحث

بررسی علایم بیماری در مناطق مختلف استان طی چهار سال

علایم بیماری ابتدا به‌شکل لکه‌های خاکستری آب‌سوخته روی برگ‌ها و سپس به‌صورت لکه‌های خاکستری مایل به سفید روی ساقه‌ها نمایان شد. بروز علایم روی ساقه، مهم‌ترین مرحله‌ی خسارت‌زایی بیماری است. در بازدیدهای صورت گرفته در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اولین علایم بیماری روی ساقه، به ترتیب در تاریخ‌های ۱۳۸۹/۱/۴، ۱۳۹۰/۱/۲۳، ۱۳۹۴/۱/۱۶ و ۱۳۹۵/۱/۲ در مزارع مشاهده شد. علایم بیماری روی ساقه‌ها به‌تدریج توسعه یافته و تا انتهای فصل و نزدیک برداشت کلزا (از اواسط تا پایان اردیبهشت ماه) ادامه داشت.

تعیین وقوع و شدت بیماری

دامنه‌ی وقوع نهایی بیماری در مزارع بررسی شده در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۶۲/۴-۵/۴، ۷۵/۲-۲/۸، ۴۲/۶-۳ و ۹۲/۴-۸/۲ درصد و دامنه‌ی شدت نهایی بیماری نیز به‌ترتیب ۵۱/۴-۳/۲۴، ۴۴-۰/۸، ۲۴/۲-۰/۹۲ و ۶۳/۴-۵/۱۲ درصد بود. براساس نتایج تجزیه‌ی واریانس و

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وقوع نهایی و شدت متوسط نهایی بیماری، از لحاظ دو کمیت یادشده، بین سال‌های تحقیق و مناطق مورد بررسی اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) وجود داشته و در مجموع بیشترین میزان وقوع و شدت بیماری مربوط به سال ۱۳۹۵ و کمترین آن‌ها مربوط به سال ۱۳۹۴ بوده است. در بین مناطق نیز در مجموع بیشترین میزان آلودگی متعلق به گلوگاه و کمترین آن متعلق به ساری بوده است (جدول۱).

رابطه‌ی بین وقوع و شدت بیماری

نتایج حاصل از برازش داده‌های مربوط به وقوع و شدت بیماری با مدل‌های مختلف از طریق تجزیه رگرسیون خطی نشان داد که با توجه به آماره‌هایی نظیر ضریب تبیین و انحراف معیار و نیز نمودار باقیمانده‌ها، سه مدل خطی ساده، آلومتری و ریشه مربع برازش خوبی با داده‌های مزارع کلزا در مناطق مختلف و چهار سال آزمایش داشتند، ولی مدل مکمل لگاریتم لگاریتم برازش قابل قبولی با بیشتر داده‌ها نداشت. پراسنجه‌ها و آماره‌های سه مدل فوق برای چهار سال تحقیق در جدول۲ آمده است.

با توجه به این‌که هر سه مدل فوق برازش خوب با داده‌های وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در سطح مزارع مربوط به مناطق مختلف و چهار سال تحقیق داشتند، بنابراین از میان آن‌ها مدل خطی که ساده‌تر بوده و پیچیدگی محاسباتی کمتری دارد، به‌عنوان مدل نهایی انتخاب گردید. نمودار این مدل برای شهرستان‌های مختلف در چهار سال تحقیق رسم شده است (شکل۱).

به‌منظور دستیابی به معادله‌ی نهایی این مدل جهت مناطق و سال‌های تحقیق، پراسنجه شیب معادله‌ی مدل خطی، آنالیز و مقایسه گردید که از این لحاظ، بین مناطق مختلف اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی بین چهار سال تحقیق اختلاف معنی‌دار ($P<0.001$) وجود داشت. مقایسه میانگین داده‌های شیب معادله‌ی مدل خطی چهار سال تحقیق نشان داد که شیب مدل درسال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ با دو سال دیگر (۱۳۹۰ و ۱۳۹۴) اختلاف داشته (جدول ۳) و از این جهت، معادله‌ی نهایی مدل خطی برای داده‌های وقوع و شدت برای دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ به صورت $S=0.72(I)-0.99$ و برای دوسال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ به‌صورت $S=0.55(I)-0.61$ می‌باشد که S بیانگر شدت متوسط بیماری و I بیانگر وقوع بیماری است.

ارزیابی بیماری و اهمیت آن

پوسیدگی اسکلرتینیایی از بیماری‌های خسارت‌زای گیاهی است که محصولات اقتصادی مهم از جمله سویا، لوبیا، نخود، کلزا، آفتابگردان، گلرنگ، خیار، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، توتون، کاهو، هویج و کلم پیچ را آلوده می‌کند و از این جهت مطالعه بیماری روی میزبان‌های مختلف و دستیابی به سیستم‌های پیش‌آگاهی وراهبردهای مدیریت بیماری از اهمیت زیادی برخوردار است (Rothmann and Mclaren, 2018; Saharan and Mehta, 2008; Yousefdoost and Ghosta, 2013). جهت انتخاب راهبردهای مؤثر برای مدیریت بیماری‌های گیاهی، پایش و ارزیابی دقیق میزان بیماری یا جمعیت بیمارگر در هر منطقه ضروری است (Bock and Nutter, 2011; Martinelli *et al.* 2015; Nutter *et al.,* 2006) که در این مطالعه به ارزیابی چند ساله بیماری پوسیدگی اسکلرتینیایی کلزا در مناطق مختلف استان مازندران پرداخته شده است. پوسیدگی اسکلرتینیایی ساقه، از بیماری‌های مهم کلزا است که در استان‌های مازندران و گلستان از اوایل توسعه کشت کلزا بروز نموده و گزارشاتی مبنی بر خسارت آن وجود دارد (Afshari Azad and Chegini, 2005; Sanei *et al.,* 2010). مطالعه‌ی پراکنش بیماری در استان مازندران، در سال‌های اولیه توسعه‌ی کشت کلزا، نشان داد که بیماری در مناطق مختلف استان گسترش داشته و میانگین آلودگی از ۱۲/۲۸ تا ٥٤/٤ درصد متغیر بوده است (Barari *et al.,* 2000). در بررسی‌های سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ دامنه وقوع بیماری در مازندران ۸۰-۱۰درصد گزارش شده است (Mehdi Alamdarlou and Gharagozlou, 2003). در این تحقیق نیز دامنه‌ی وقوع بیماری در مجموع چهار سال حدود ۹۲-۳ درصد بوده که تقریباً با بررسی‌های فوق مطابقت دارد، البته باید به این نکته اشاره کرد

که در سال‌های اخیر تعدادی از مزارع کلزا در تناوب با برنج کشت می‌شود که به علت غرقاب شدن خاک و از بین رفتن سختینه‌ها، آلودگی به بیماری نیز کمتر رخ داده و وقوع بیماری در این نوع مزارع اغلب کمتر از ۱۰ درصد است. تأثیر غرقاب کردن خاک روی میزان زنده ماندن اسکلروت‌ها در خاک بررسی گردیده که نتایج نشان داده ۳-۲ هفته غرقاب نمودن خاک در فصل تابستان، باعث از بین رفتن کامل اسکلروت‌های *S. sclerotiorum* و *S. minor* گردیده است (Matheron and Porchas, 2018). هم‌چنین در مطالعه دیگری با افزایش طول دوره قرار دادن اسکلروت‌ها در آب، میزان جوانه‌زنی آن‌ها کاهش یافته، به‌طوری‌که با افزایش طول دوره از چهار روز به ۳۲ روز، میزان جوانه‌زنی اسکلروت‌ها از ۸۹درصد به نه درصد رسیده است (Gupta and Singh, 2017). در این تحقیق کمترین میزان آلودگی به‌بیماری در منطقه ساری و بیشترین میزان آن در مناطق گلوگاه و بهشهر رخ داده (جدول۱) که یکی از دلایل اصلی کاهش میزان وقوع بیماری در منطقه ساری، تناوب کشت کلزا با برنج (غرقاب شدن خاک در تابستان) در این منطقه می‌باشد و در مناطق گلوگاه و بهشهر که مزارع کلزا عموما در تناوب با محصولاتی مثل سویا، گندم، کلزا و سبزیجات کشت می‌شود، وقوع بیماری بیشتر می‌باشد. بنابراین تناوب کشت کلزا با برنج و غرقاب کردن خاک‌هایی که جمعیت اسکلروت‌های قارچ بیمارگر در آن زیاد می‌باشد، یکی از راهکارهای مناسب برای مدیریت این بیماری است. در مزارع کلزا که در تناوب با برنج کشت شده بود، نیز آلودگی نسبی به بیماری مشاهده گردید (معمولاً کمتر از ۱۰درصد) که علت آن همان‌طور که در مطالعات قبلی بیان شده، انتقال آسکوسپورهای قارچ بیمارگر از مزارع آلوده اطراف به این مزارع می‌باشد (Wegulo *et al.*, 2000). نتایج تحقیق انجام گرفته در استان گلستان بیانگر آن است که دامنه‌ی وقوع بیماری در این استان، ۸۲-۱ درصد بوده است. در مناطق غربی این استان از جمله شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد که از اقلیم تقریباً مشابه با مازندران برخوردارند، میزان آلودگی به بیماری با استان مازندران مطابقت داشته، ولی در مناطق شرقی استان (شهرستان گنبد) که از اقلیم نسبتاً گرم و خشک برخوردار است، میزان آلودگی به بیماری کمتر بوده است (Aghajani *et al.*, 2013).

در سطح جهانی نیز این بیماری اهمیت دارد. در بررسی انجام‌شده در داکوتای شمالی و مینه‌سوتا، وقوع بیماری روی ارقام کلزا در شرایط طبیعی ۵۹-۱ درصد بوده است (del Rio *et al.*, 2007). در کانادا کشت کلزا اغلب در ایالت‌های آلبرتا، ساسکاچوان و مانی‌توبا انجام می‌گیرد و مهم‌ترین بیماری آن پوسیدگی اسکلروتینیایی می‌باشد که دامنه‌ی وقوع آن در سال ۱۹۹۰ در آلبرتا ٤٦-۰/۲ درصد (Slopek and Anderson, 1991) و در سال ۱۹۹۹ در ساسکاچوان ۵۹-۰ درصد (Pearse *et al.*, 2000) بوده است. در آلمان نیز وقوع این بیماری تا ۷۰ درصد در برخی مناطق گزارش شده که سبب کاهش ۳۰ درصدی عملکرد کلزا شده‌است (Koch *et al.*, 2007). در مجموع میزان آلودگی به بیماری و خسارت آن بسته به منطقه جغرافیایی، شرایط محیطی، سابقه آلودگی به بیماری و ویژگی‌های مزرعه متفاوت می باشد و برآورد دقیق میزان بیماری جهت تصمیم‌گیری برای مدیریت بیماری ضروری می‌باشد (Makowski *et al.*, 2005).

رابطه‌ی بین وقوع و شدت بیماری

رابطه‌ی وقوع و شدت در ارتباط با بیماری‌های مختلف مانند سوختگی آلترناریایی کلزا، زنگ سفید کلزا، پوسیدگی ذغالی سویا، ویروس رگه‌ای ذرت، پوسیدگی معمولی ریشه گندم، سفیدک پودری و زنگ قهوه‌ای گندم، سفیدک پودری سیب، سفیدک پودری توت فرنگی و سوختگی خوشه گندم بررسی شده است که بسته به شرایط محیطی دوره‌ی ارزیابی بیماری، نوع رقم یا اندام گیاهی ارزیابی‌شده، زمان ارزیابی بیماری طی همه‌گیری، دوره زمانی فصل رشد و نوع تیمار اعمال شده در کرت‌های مورد ارزیابی، اختلافاتی بین روابط به‌دست آمده وجود داشته است (Arabi *et al.*, 2015; Asare-

Bediako *et al.,* 2017; Carisse *et al.,* 2013; Ghasemi *et al.,* 2008; Paul *et al.,* 2013; James and Shih, 1973; Li *et al.,* 2005; Seem and Gilpatrick, 1980; Seem, 1984; Taliei *et al.,* 2012). در ارتباط با بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا، اولین‌بار رابطه‌ی شدت و وقوع آن به کمک مدل‌های مختلف ریاضی در استان گلستان بررسی شد که مدل‌های خطی و آلومتری برازش خوبی با داده‌ها داشتند و مدل آلومتری در منطقه‌ی گنبد به‌صورت $S=(0/526)I^{(1.2)}$ و در سه منطقه‌ی گرگان، علی‌آباد و کلاله به‌صورت $S=(0/82)I^{(1.073)}$ بوده که در منطقه‌ی گنبد با توجه به این‌که از اقلیم نسبتا گرم و خشک برخوردار بوده و شرایط برای آلودگی به بیماری نامساعد بوده، شیب خط رگرسیون کمتر از سه منطقه دیگر که شرایط مساعدتری برای وقوع بیماری داشتند، بوده است (Aghajani *et al.,* 2008; Aghajani *et al.,* 2013). در این تحقیق که برای اولین‌بار در استان مازندران انجام گردیده، داده‌های مربوط به روابط وقوع و شدت این بیماری با سه مدل خطی، آلومتری و ریشه مربع برازش خوبی داشتند که تقریباً مشابه با تحقیقات انجام شده در استان گلستان می‌باشد.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین وقوع و شدت متوسط نهایی بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه در مزارع کلزای مناطق مختلف استان مازندران طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ (به تفکیک) و مجموع چهار سال اجرای بررسی.

Table 1. Results of mean comparison of final incidence and mean severity of *Sclerotinia* stem rot disease in rapeseed field of different regions of Mazandaran province during years 2010, 2011, 2015 and 2016 (separately) and combined four years of research.

Final incidence%		**Final mean severity%**	
years	**Regions**	**years**	**Regions**
2010 21.30b	Miandorod 18.48b Sari 15.42b Babolsar 20.07b Behshahr 22.65ab Galogah 29.90a	2010 15.22b	Miandorod 12.68b Sari 10.51b Babolsar 14.16b Behshahr 16.38ab Galogah 22.38a
2011 21.26b	Miandorod 11.85b Sari 13.07b Babolsar 15.15b Behshahr 32.25a Galogah 33.98a	2011 11.6b	Miandorod 5.78b Sari 6.74b Babolsar 7.67b Behshahr 18.09a Galogah 19.71a
2015 12.85c	Miandorod 12.95ab Sari 12.62ab Babolsar 10.38b Behshahr 10.67b Galogah 17.63a	2015 6.32c	Miandorod 6.45ab Sari 6.06ab Babolsar 4.95b Behshahr 5.03b Galogah 9.12a
2016 34.02a	Miandorod 42.10a Sari 24.33b Babolsar 33.13ab Behshahr 35.90ab Galogah 34.62ab	2016 23.70a	Miandorod 29.13a Sari 16.27b Babolsar 22.71ab Behshahr 25.35ab Galogah 25.05ab
Mean of four years 22.36	Miandorod 21.35abc Sari 16.36c Babolsar 19.68bc Behshahr 25.37ab Galogah 29.03a	Mean of four years 14.21	Miandorod 13.51bc Sari 9.89c Babolsar 12.37bc Behshahr 16.21ab Galogah 19.06a

جدول۲- پراسنجه‌ها و آماره های مدل‌های مختلف دارای برازش خوب با داده‌های وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵.

Table 2. Parameters and statistics of different models having good fitness with incidence and severity data of rapeseed *Sclerotinia* stem rot disease in Mazandaran province during years 2010, 2011, 2015 and 2016.

year	model	intercept	slope	R^{2*}	SEE**
2010	Linear	-1.12	0.74	98.79	0.81
	allometric	-1.26	1.29	99.23	0.14
	square root	-0.45	0.92	99.11	0.13
2011	Linear	-0.67	0.56	99.45	0.51
	allometric	-1.39	1.23	99.78	0.08
	square root	-0.35	0.79	99.55	0.09
2015	Linear	-0.55	0.53	98.99	0.36
	allometric	-1.37	1.23	99.76	0.08
	square root	-0.30	0.77	99.21	0.08
2016	Linear	-0.85	0.71	99.41	0.80
	allometric	-1.25	1.27	99.51	0.12
	square root	-0.34	0.88	99.31	0.14

* و **- به‌ترتیب به مفهوم ضریب تبیین و خطای استاندارد برآوردها می‌باشد.

* and **- Mean coefficient of determination and standard error of estimates, respectively.

شیب خط رگرسیون برای روابط وقوع–شدت در مناطق مختلف، شاخص خوبی است و جنبه‌های اپیدمیولوژیکی مهمی را منعکس می‌کند. بنابراین، از این معیار می توان برای مقایسه اپیدمی‌های مختلف و یا تأثیر تیمارهای گوناگون روی کنترل بیماری استفاده نمود (Cardoso *et al.,* 2004). این کمیت، نرخ تغییرات شدت بیماری به ازای افزایش هر واحد در وقوع بیماری را نشان می دهد. افزایش مقدار وقوع از انتشار گیاه به گیاه بیمارگر نتیجه می‌شود، اما افزایش شدت، در نتیجه افزایش بیماری در یک گیاه به وجود می آید. قوی‌ترین رابطه وقوع–شدت هنگامی به دست می‌آید که بیماری به‌صورت سیستمیک ظاهر شده یا تمام گیاه تحت تأثیر قرارمی‌گیرد (Nutter *et al.,* 2006; Zadoks, 1985). در این تحقیق از لحاظ شیب خط رگرسیون مدل خطی، بین مناطق مختلف تحت بررسی اختلافی وجود نداشت ولی بین چهار سال تحقیق اختلاف وجود داشته و در مجموع برای دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵حدود ۰/۷۲ و برای دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹٤ حدود ۰/۵۵ بوده که مقایسه‌ی شرایط تأثیرگذار بر روی بیماری خصوصاً از لحاظ شرایط اقلیمی در چهار سال تحقیق، نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ نسبت به دو سال دیگر، شرایط محیطی برای آلودگی به بیماری مساعدتر بوده است.

مقایسه آمار هواشناسی از نظر دما، بارندگی و تعداد روزهای بارانی طی دوره‌ی کشت کلزا در چهار سال نشان می‌دهد (شکل۲) که در ماه‌های فصل زمستان (دی، بهمن و اسفند) سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴، میانگین دمای هر سه ماه کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس بوده ولی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ حداقل در دو ماه دما بالای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده و در مجموع سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ مواجه با زمستان سردتری بوده که این شرایط سبب تاخیر در زمان ظهور آپوتسیوم‌های قارچ و در نتیجه، تاخیر در زمان بروز علایم بیماری شده است؛ به‌طوری‌که در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ شروع علایم پوسیدگی ساقه از اوایل فروردین ولی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ از نیمه‌ی دوم فروردین بوده است. از طرفی دیگر، میزان بارندگی و تعداد روزهای بارانی در فروردین و اردیبهشت (دوره توسعه علایم بیماری روی بوته‌های کلزا) سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ در مجموع کمتر از سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵بوده که مجموع این عوامل بیانگر نامساعد بودن شرایط برای توسعه علایم بیماری در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ بوده

است. بنابراین در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴ علایم بیماری دیرتر ظاهر شده و شرایط محیطی برای توسعه بیماری نامساعدتر بوده که سبب کاهش شدت بیماری و کمتر شدن شیب خط رگرسیون در معادله مدل خطی مربوط به رابطه شدت و وقوع بیماری شده است ولی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ شرایط برای توسعه بیماری مناسب‌تر بوده و شدت بیماری در انتهای فصل افزایش یافته و باعث افزایش شیب خط رگرسیون در معادله مربوطه گردیده است.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین پراسنجه شیب معادله مدل خطی مربوط به رابطه وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵.

Table 3. Results of mean Comparison of parameter slope of linear model equation related to incidence and severity relationship of rapeseed *Sclerotinia* stem rot disease in Mazandaran province during years 2010, 2011, 2015 and 2016.

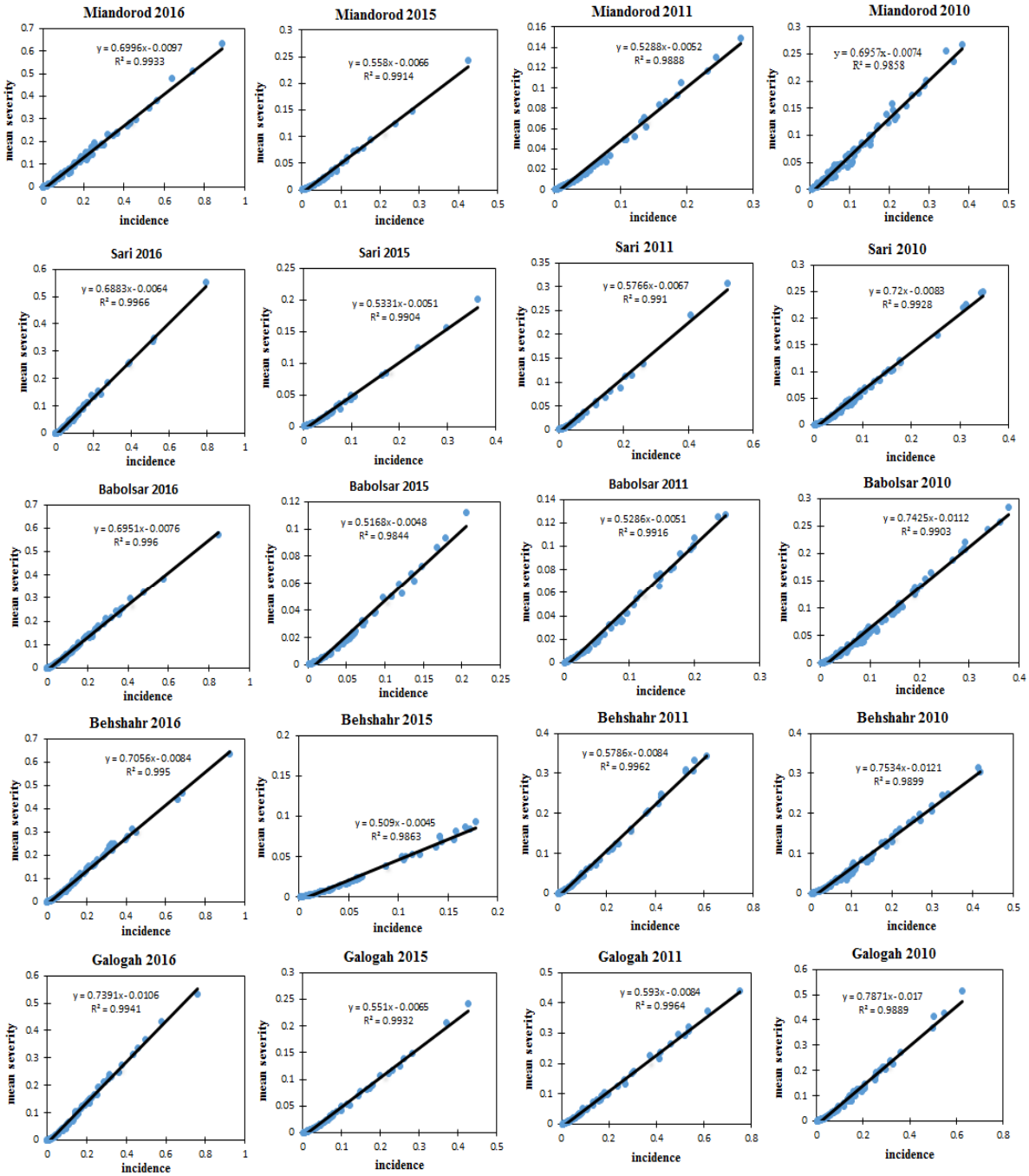
Year	slope
2010	0.740a
2011	0.561b
2015	0.534b
2016	0.705a

در مجموع نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از لحاظ شیب خط رگرسیون، بین سال‌های تحقیق اختلاف معنی‌دار وجود داشته ولی بین مناطق مختلف مورد بررسی در هر سال اختلاف معنی‌دار وجود نداشته است که این موضوع در نتایج حاصل از مطالعات برخی از محققین مورد تایید می‌باشد؛ از جمله در ارتباط با بیماری پوسیدگی ذغالی سویا در استان گلستان از لحاظ شیب خط رگرسیون مربوط به رابطه شدت و وقوع بیماری، اختلافی بین شهرستان‌های مختلف وجود نداشته است (Taliei *et al.*, 2012). در ارتباط با بیماری‌های سفیدک پودری توت‌فرنگی و سوختگی خوشه گندم نیز اختلافی بین مناطق مختلف مورد مطالعه و حتی سال‌های مختلف بررسی، از لحاظ شیب خط رگرسیون رابطه شدت و وقوع بیماری وجود نداشته است (Carisse *et al.*, 2013; Paul *et al.*, 2005). نتایج بررسی دو ساله روی بیماری ناشی از ویروس رگه‌ای ذرت هم نشان داده است که از لحاظ میزان وقوع و شدت بیماری بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود داشته است (Asare-Bediako, *et al.*, 2017).

در این تحقیق رابطه وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا به کمک مدل ساده ریاضی تعیین شده است که به محققین کمک می‌نماید تا با اندازه‌گیری میزان وقوع بیماری، بتوانند شدت بیماری را تخمین بزنند. هم‌چنین شدت آلودگی به بیماری در سال‌های مختلف و مناطق مورد بررسی متفاوت بوده (جدول۱) که بیانگر تاثیرپذیری بیماری از شرایط محیطی و موقعیت جغرافیایی می‌باشد، لذا باید تلاش مستمر برای دستیابی به سیستم پیش‌آگاهی مناسب جهت کنترل مطلوب بیماری انجام پذیرد که این مهم از طریق بررسی تأثیر عوامل مختلف محیطی بر روی میزان آلودگی به بیماری امکان‌پذیر خواهد بود.

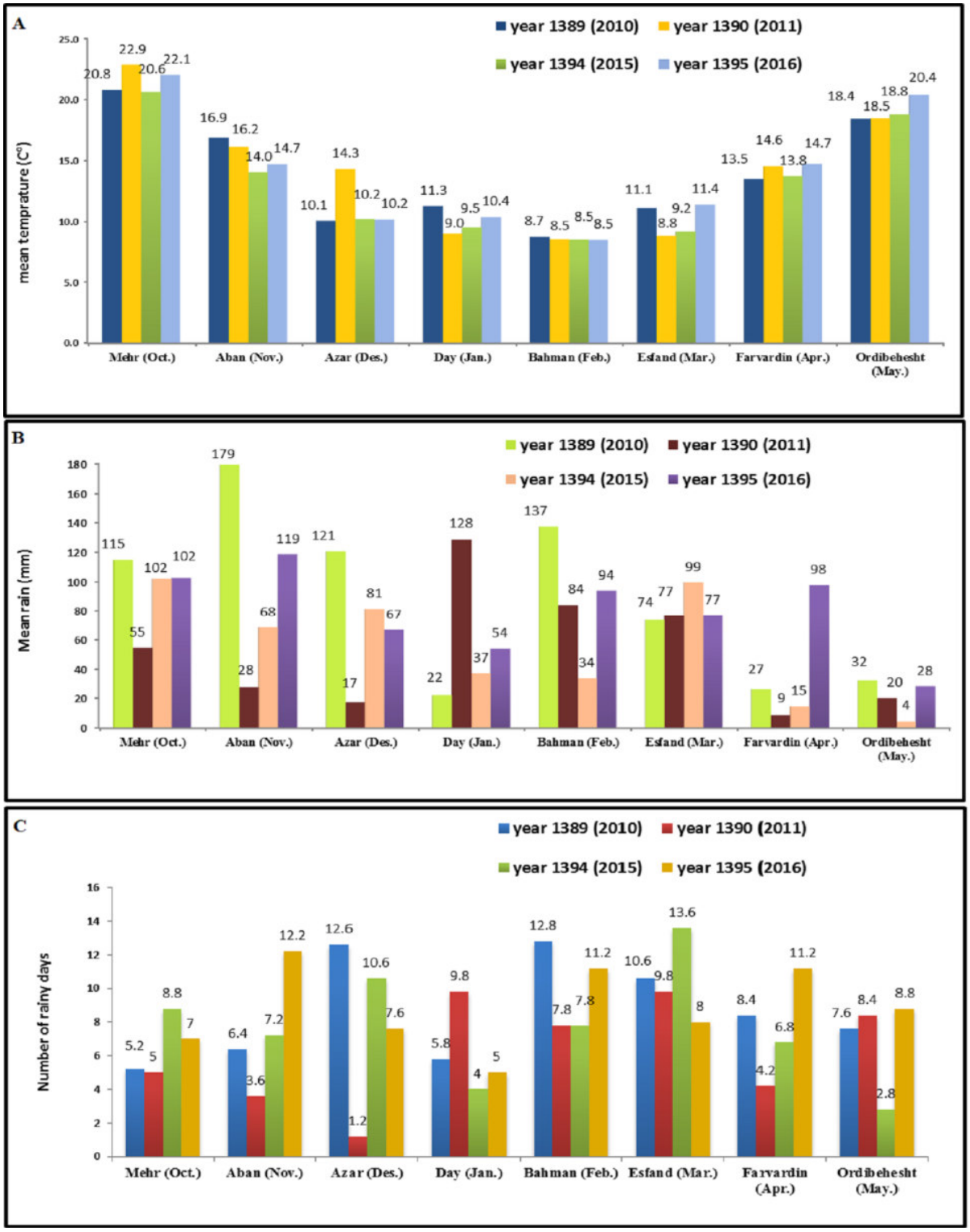
سپاسگزاری

نگارندگان از شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی به‌خاطر فراهم نمودن شرایط و امکانات مناسب جهت بازدید از مزارع و یادداشت‌برداری‌های لازم، تشکر می‌نمایند.



شکل ۱- نمودارهای مدل خطی برای روابط وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه کلزا در مناطق مختلف استان مازندران طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۴و ۱۳۹۵.

Fig. 1. Diagrams of linear model for incidence and severity relationships of rapeseed *Sclerotinia* stem rot disease in different regions of Mazandaran province during years 2010, 2011, 2015 and 2016



شکل ۲- میانگین ماهیانه دما (A)، بارندگی (B) و تعداد روز های بارانی (C) پنج منطقه در ماه‌های مختلف طی چهار سال تحقیق.

Fig. 2. Mean of monthly temperature (A), rain (B) and number of rainy days of five regions in different months during four years of research.

References

AFSHARI AZAD, H. 2001. Important diseases of canola. Agricultural Education Press. (In Persian)

AFSHARI AZAD, H. and M. R. CHEGINI, 2005. Management of *sclerotinia* stem rot of canola. Plant Protection Institute of Iran. (In Persian)

AGHAJANI, M. A., N. SAFAEI and A. ALIZADEH, 2008. Study on the epidemiology of *sclerotinia* stem rot disease of canola in Golestan province. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Iran. (In Persian)

AGHAJANI, M. A., N. SAFAEI and A. ALIZADEH, 2013. *Sclerotinia* stem rot disease of canola in Golestan province. Research in Plant Pathology, 1(3): 31-40. (In Persian with English abstract)

ARABI, M. I. E. and M. JAWHAR, 2010. Inter relationship between incidence and severity of leaf stripe on barley. Journal of Plant Pathology, 92(2): 503-505

ARABI, M. I. E., E. AL-SHEHADAH and M. JAWHAR, 2015. A Simple approach to assess common root rot severity incidence data in wheat. Advances in Horticultural Science, 29(1): 37-40.

ASARE-BEDIAKO, E., A. KVARNHEDEN, G. C. VAN DER PUIJE, K. J. TAAH, K. AGYEI FRIMPONG, G. AMENORPE, A. APPIAH-KUBI, J. N. L. LAMPTEY, A. OPPONG, M. B. MOCHIAH, I. ADAMA and F. M. TETTEH, 2017. Spatio-Temporal Variations in the Incidence and Severity of Maize Streak Disease in the Volta Region of Ghana. Journal of Plant Pathology & Microbiology, 8(3): 401.

BARARI, H., H. ZAMANI ZADEH, D. ERSHAD and A. R. FOROUTAN, 2000. Distribution of *sclerotinia* stem rot of canola in Mazandaran province. In: Proceeding of the Iranian 14th Plant Protection Congress, 5-8 Sep., Isfahan University, Iran, P 295.

BOCK, C. H. and F. W. NUTTER, 2011. Detection and measurement of plant disease symptoms using visible-wavelength photography and image analysis. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 6: 1-15.

BOM, M. and G. L. BOLAND, 2000. Evaluation of disease forecasting variables for *sclerotinia* stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of canola. Canadian Journal of Plant Science, 80: 889-898.

BRADLEY, C. A., R. A. HENSON, P. M. PORTER, D. G. LEGARE, L. E. DEL RÍO and S. D. KHOT, 2006. Response of canola cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum* in controlled and field environments. Plant Disease, 90: 215-219.

CAMPBELL, C. L. and L. V. MADDEN, 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley, New York.

CARDOSO, J. E., A. A. SANTOS, A. G. ROSSETTI and J. C. VIDAL, 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. Plant Pathology, 53: 363-367.

CARISSE, O., A. LEFEBVRE, H. VAN DER HEYDEN, L. ROBERGE and L. BRODEUR, 2013. Analysis of incidence–severity relationships for strawberry powdery mildew as influenced by cultivar, cultivar type, and production systems. Plant Disease, 97:354-362.

DEL RIO, L. E., C. A. BRADLEY, R. A. HENSON, G. J. ENDRES, B. K. HANSON, K. MCKAY, M. HALVORSON, P. M. PORTER, D. G. LEGARE and H. A. LAMEY, 2007. Impact of *Sclerotinia* stem rot on yield of canola. Plant Disease, 91: 191-194.

GHASEMI, M., M. A. AGHAJANI, A. FARAJI and M. R. SAIDINEJAD, 2013. Relationship between incidence and severity of *Alternaria* blight disease on different species of Brassica in Gonbad region. Iranian Journal of Plant Pathology, 49(1): 51-60. (In Persian with English abstract)

GUPTA, M. and K. SINGH, 2017. Carpogenic germination and viability studies of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* causing lettuce drop. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(8): 2971-2979.

JAMES, W. C. and C. S. SHIH, 1973. Relationship between incidence and severity of powdery mildew and leaf rust of winter wheat. Phytopathology, 63: 183-187.

KOCH, S., S. DUNKE, B. KLEINHENZ, M. ROHRIG and A. V. TIEDEMANN, 2007. A crop loss-related forecasting model for *Sclerotinia* stem rot in winter oilseed rape. Phytopathology, 97: 1186-1194.

LI, C. X., K. SIVASITHAMPARAM, G. WALTON, P. FELS and M. J. BARBETTI, 2008. Both incidence and severity of white rust disease reflect host resistance in *Brassica juncea* germplasm from Australia, China and India. Field Crops Research, 106: 1–8.

MAKOWSKI, D., M. TAVERNE, J. BOLOMIER and M. DUCARNE, 2005. Comparison of risk indicators for *sclerotinia* control in oilseed rape. Crop Protection, 24: 527–531.

MARTINELLI, F., R. SCALENGHE, S. DAVINO, S. PANNO, G. SCUDERI, P. RUISI, P. VILLA, D. STROPPIANA, M. BOSCHETTI, L. R. GOULART, C. E. DAVIS and A. M. DANDEKAR, 2015. Advanced methods of plant disease detection. A review. Agronomy for Sustainable Development, 35(1):.1-25.

MATHERON, M. E. and M. PORCHAS, 2018. Impact of summer flooding on viability of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* sclerotia in soil. Plant Health Progress, 19(1): 15-18.

MEHDI ALAMDARLOU, R. and K. GHARAGOZLOU 2003. Rapeseed stem white rot disease. In: Proceeding of the first rapeseed research and development Congress, 5 Jul., Gorgan, Iran, P 43.

MEHDI ALAMDARLOU, R., M. A. AGHAJANI, S. A. MAHDIAN and H. BARARI, 2012. Study on the infection status of *Sclerotinia* stem rot of rapeseed in different regions of Mazandaran province. Iranian Journal of Plant Pathology, 48(2): 237-247. (In Persian with English abstract)

NUTTER, F. W., P. D. ESKER and R. A. COELHO NETTO, 2006. Disease assessment concepts and the advancements made in improving the accuracy and precision of plant disease data. European Journal of Plant Pathology, 115:95–103.

PAUL, P. A., P. E. LIPPS and L. V. MADDEN 2005. Relationship between visual estimates of *Fusarium* head blight intensity and deoxynivalenol accumulation in harvested wheat grain: A meta-analysis. Phytopathology, 95: 1225-1236.

PEARSE, P. G., R. A. A. MORRALL, D. A. KUTCHER, D. A. KAMINSKI, L. J. DUCZEK, R. K. GUGEL, R. S. RIMER and R. BERARD, 2000. Survey of canola diseases in Saskatchewan, 1999. Canadian Plant Disease Survey, 80: 81-82.

RIMER, R. S., V. I. SHATTUCK and L. BUCHWALDT, 2007. Compendium of Brassica Diseases. APS press.

ROTHMANN, L. A. and N. W. MCLAREN, 2018. *Sclerotinia sclerotiorum* disease prediction: A review and potential applications in South Africa. South African Journal of Science, 114(3/4): 31-40.

SAHARAN, G. S. and N. MEHTA, 2008. *Sclerotinia* disease of crop plants: Biology, ecology and disease management. Springer Science+Business Media B.V.

SANEI, S. J., S. GHADIRI RAD, A. NOORINIA, N. BAGHERANI, and S. E. RAZAVI, 2010. Rapeseed pathology. Paik Raihan press. (In Persian)

SEEM, R. C. 1984. Disease incidence and severity relationships. Annual Review of Phytopathology, 22:133-150.

SEEM, R. C. and J. D. GILPATRICK, 1980. Incidence and severity relationships of secondary infections of powdery mildew on apple. Phytopathology, 70: 851-854.

SHARMA, P., P. D. MEENA, P. R. VERMA, G. S. SAHARAN, N. MEHTA, D. SINGH and A. KUMAR, 2015. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causing *Sclerotinia* rot in oilseed Brassicas: A review. Journal of Oilseed Brassica, 6 (Special): 1-44.

SILVA-ACUNA, R., L. A. MAFFIA, L. ZAMBOLIM and R. D. BERGER, 1999. Incidence-severity relationshipsin the pathosystem *Coffea arabica–Hemileia vastatrix.* Plant Disease, 83: 186-188.

SLOPEK, S. W. and M. ANDERSON, 1991. Survey of *Sclerotinia* stem rot in south-central Alberta, 1990. Canadian Plant Disease Survey, 71: 101.

TALIEI, F., N. SAFAIE and M. A. AGHAJANI, 2012. Relationship between Disease Incidence and Severity of Soybean Charcoal Rot in Golestan Province. Journal of Plant Production researches, 19(3): 125-142. (In Persian with English abstract)

TURKINGTON, T. K., R. A. A. MORRALL and R. K. GUGEL, 1991. Use of petal infestation to forecast *Sclerotinia* stem rot of canola: evaluation of early bloom sampling 1985–90. Canadian Journal of Plant Pathology, 13: 50–59.

TURKINGTON, T. K. and R. A. A. MORRALL, 1993. Use of petal infestation to forecast *Sclerotinia* stem rot of canola: the influence of inoculum variation over the flowering period and canopy density. Phytopafhology, 83(6): 682-689.

TWENGSTROM, E., R. SIGVALD, C. SVENSSON and J. YUEN, 1998. Forecasting *Sclerotinia* stem rot in spring sown oilseed rape. Crop Protection, 17: 405-411.

WEGULO, S. N., P. SUN, C. A. MARTINSON and X. B. YANG, 2000. Spread of *Sclerotinia* stem rot of soybean from area and point sources of apothecial inoculum. Canadian Journal of Plant Science, 80: 389–402.

YOUSEFDOOST, V. and Y. GHOSTA, 2013. First report of *sclerotinia* head rot of cabbage in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology, 49(3): 361-362. (In Persian with English abstract)

ZADOKS, J.C. 1985. On the conceptual basis of crop loss assessment: The threshold theory. Annual Review of Phytopathology, 23:455-473.