

## رابطه بین میزان وقوع و شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در استان خراسان شمالی

حمید نامور حمزانلو بی<sup>۱</sup>، محمد علی آقاجانی<sup>۲</sup>، صفر علی مهدیان<sup>۳\*</sup> و اسماعیل بخشنده<sup>۴</sup>

- ۱ - دانشجوی دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
 ۲ - دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران  
 ۳ - \*نویسنده مسوول: دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران (safaralim@gmail.com)  
 ۴ - استادیار فیزیولوژی مولکولی، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۰۶

### چکیده

انگور از میوه‌های مهم و با ارزش است که در نواحی مختلف ایران به ویژه در خراسان شمالی توسط بیماری سفیدک داخلی آلوده می‌شود. اندازه‌گیری وقوع بر خلاف شدت بیماری راحت‌تر و سریع‌تر است، ولی شدت بیماری به‌عنوان شاخص مهم‌تر به‌شمار می‌آید. در این پژوهش ارزیابی بیماری و رابطه‌ی بین وقوع و شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در استان خراسان شمالی (شهرستان‌های بجنورد، مانه و سملقان، شیروان و فاروج) طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفت. میزان وقوع و شدت بیماری در ۸۰ تاکستان انتخاب شده به‌طور تصادفی از اول فروردین تا توقف پیشرفت بیماری به صورت هفتگی یادداشت گردید. وقوع بیماری در سال اول ۱۰/۲۷ درصد و در سال دوم ۵۱/۶۴ درصد ثبت شد. شدت بیماری در سال اول بین ۱/۲ تا ۶/۶ درصد (میانگین ۳/۴ درصد) و در سال دوم بین ۶/۴ تا ۴۴/۶ درصد (میانگین ۲۵/۸۲ درصد) بود. بررسی رابطه‌ی بین میزان وقوع بیماری و شدت بیماری با استفاده از چهار مدل آماری (توانی، خطی، درجه دوم، مکمل لگاریتم لگاریتم) نشان داد که مدل توانی با دقت بالاتری توانست این رابطه را در ۳۱ تاکستان از تاکستان‌های مورد مطالعه به‌خوبی بیان نماید. در ۲۴ تاکستان نیز میزان وقوع و شدت بیماری توسط مدل خطی به‌خوبی با داده‌ها برازش یافت. مدل‌های نهایی براساس ضریب تبیین ( $R^2$ )، انحراف معیار محاسباتی (SEE) و ضریب تبیین تصحیح شده ( $R_a^2$ ) مربوط به تجزیه داده‌های خام ساخته شدند. براساس این آماره‌ها، مدل نهایی در بجنورد به صورت  $S=(0.534)\times I(1.263)$ ، در شیروان به صورت  $S=(0.3484)\times I-$ ، در مانه و سملقان به صورت  $S=(0.4691)\times I-0.01711$  و در فاروج به صورت  $S=(0.0078)$  رابطه‌ی بین میزان وقوع و شدت بیماری را نشان دادند.

کلیدواژه‌ها: سفیدک داخلی، رابطه وقوع-شدت، اندازه‌گیری بیماری، مدل توانی، تجزیه رگرسیون

## مقدمه

انگور (*Vitis vinifera*) از مهم‌ترین محصولات باغی در دنیا به شمار می‌رود (Keller et al., 2005). سطح زیرکشت این محصول در دنیا بیش از ۷/۱ میلیون هکتار با تولید حدود ۷۷ میلیون تن بوده و ایران با داشتن بیش از ۳۱۶ هزار هکتار در رتبه هفتم دنیا از نظر سطح زیرکشت این محصول قرار دارد (FAO, 2015). استان خراسان شمالی با داشتن بیش از ۱۶ هزار هکتار (عمدتاً باغات دیم)، از نظر سطح زیرکشت در رتبه هفتم و از لحاظ تولید در رتبه نهم کشوری و از لحاظ عملکرد باغات دیم، رتبه‌ی اول تولید کشور را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al., 2017).

سفیدک داخلی انگور (*Plasmopara viticola*) (Berlese & de Toni) (Berk. & Curt.) مهم‌ترین عامل کاهش تولید انگور در مناطق دارای آب و هوای معتدل محسوب می‌شود، به طوری که در بسیاری از کشورهای دنیا در سال‌های متمادی به صورت طغیانی درآمده و خسارت‌های جبران‌ناپذیری به بار آورده است (Zherdev et al., 2018). بیماری سفیدک داخلی انگور هم به طور مستقیم (از طریق پوسیدگی خوشه‌ها) و هم غیرمستقیم (کاهش فتوسنتز در اثر آلودگی برگ‌ها) به محصول خسارت وارد می‌کند و تولید آن را در دنیا محدود می‌سازد (Caffi and Rossi, 2006). این بیماری برای اولین بار در سال ۱۸۳۷ میلادی در آمریکای شمالی روی موهای وحشی مشاهده و ثبت گردید و در سال ۱۸۷۸ با انتقال پایه‌های مقاوم به شته فیلوکسرا (*Daktulosphaira vitifoliae*) از آمریکا به اروپا منتقل گردید (Matasci, 2008). این بیماری تاکنون در کشورهایی چون فرانسه، ایتالیا، آلمان، سوئد، پرتغال، برزیل، آمریکا، استرالیا، نیوزیلند و آفریقای جنوبی خسارت‌های جدی وارد کرده است (Gessler et al., 2011; Delmotte et al., 2010; Mestre and Merdinoglu, 2006; Agrios, 2005; Hug, 2005; Park et al., 1997; Gehmann,

1978). بیماری سفیدک داخلی به عنوان مهم‌ترین بیماری در اواخر قرن نوزدهم در اروپا شناخته شد (Rossi et al., 2013). در ایران سفیدک داخلی انگور برای اولین بار توسط اسفندیاری در سال ۱۳۲۵ گزارش شد (Behdad, 1990). این بیماری هر ساله در تاکستان‌های مناطق مرطوب ایران به خصوص در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، خراسان، گیلان، اردبیل، خوزستان و مازندران خسارت قابل توجهی را به بار می‌آورد (Elahinia, 2014). شدت بیماری در باغاتی که دارای خوشه‌های متراکم باشند و از تهویه مناسب برخوردار نباشند بیشتر به چشم می‌خورد (Khabbaz- jolfaee, 2015). به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۵ تمام تاکستان‌های خراسان شمالی را از بین برد (Karimi- shahri et al., 2017).

یکی از ابزارهای مهم مدیریت بیماری‌های گیاهی، مطالعات همه‌گیری بیماری‌ها است. اپیدمیولوژی علم مطالعه بیماری در جمعیت گیاهی است (Agrios, 2005). در علم همه‌گیری بیماری‌های گیاهی، به مطالعه‌ی عواملی که در گسترش بیماری در زمان و مکان نقش دارند پرداخته می‌شود (Madden et al., 2007). اپیدمیولوژیست‌ها از ابزارهای ریاضی مانند مدل‌های رشد جمعیتی، معادلات دیفرانسیل، روش‌های آماری و بسیاری از روش‌های دیگر به منظور توصیف توسعه عامل بیماری و آلودگی گیاهان در قالب مدل‌های همه‌گیری استفاده می‌نمایند (Contreras- Medina et al., 2009).

به منظور بررسی طغیان یک بیماری نیاز به ارزیابی مقدار بیماری در زمان‌های مختلف است که خود از مشکل‌ترین کارها محسوب می‌شود. این ارزیابی‌ها پایه و اساس تجزیه و تحلیل‌های آماری و مدل‌سازی بیماری‌ها است. ارزیابی بیماری به صورت‌های مختلف قابل انجام است. ارزیابی معمولاً به صورت میزان وقوع و شدت بیماری قابل اندازه‌گیری است. اندازه‌گیری این کمیت‌ها مستلزم وقت، هزینه و افراد کارآمد است (Campbell

در بررسی دیگر، یک رابطه خطی بین شدت متوسط و متوسط میزان وقوع بیماری در گوجه‌فرنگی‌های آلوده به ویروس CMV ارائه شد (Montasser et al., 1991). همچنین، در برزیل میزان شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در مناطق مورد مطالعه بین ۲۱/۳-۱۷/۳ درصد گزارش شد که همبستگی بالایی بین سال‌هایی که در تابستان و پاییز دارای بارش فراوان و درجه‌حرارت بالاتر بودند و شدت بیماری وجود داشت (Pereira et al., 2018). در سفیدک پودری سیب نیز یک رابطه ساده بین میزان وقوع و مجذور شدت بیماری وجود داشت که با بررسی پنج تا ده برگ انتهایی هر درخت این رابطه محاسبه گردید (Seem and Gilpatrick, 1980). در تحقیق دیگر، در خصوص وضعیت آلودگی بیماری سوختگی غلاف برنج (*Rhizoctonia solani*) در شالیزارهای استان مازندران میزان وقوع بیماری طی دو سال (۸۸-۱۳۷۸) بین ۱۰/۹۲ تا ۴۲/۸۷ و میزان شدت بیماری بین ۶/۵۵ تا ۳۴/۹۹ برآورد شد (Tavakkoli et al., 2013). در استان گلستان به منظور بررسی ارتباط بین میزان وقوع با شدت بیماری پوسیدگی ذغالی سویا (*Macrophomina phaseolina*)، یک مدل درجه دوم با استفاده از رگرسیون خطی با ضریب تبیین تصحیح شده بالا ( $R_a^2 = 0/83$ ) توانست بهترین برازش را با داده‌ها نشان دهد (Taliei et al., 2015). در استان مازندران نیز برای توصیف بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی کلزا، مدل خطی از بین مدل‌های خطی، توانی و ریشه مربع به‌عنوان مدل نهایی جهت بیان رابطه بین میزان وقوع و شدت بیماری انتخاب شد (Alamdalou et al., 2018). در مطالعه دیگر جهت توصیف رابطه‌ی میزان وقوع و شدت بیماری پوسیدگی اسکروتینیایی ساقه کلزا در استان‌های گلستان و مازندران، مدل توانی توانست بهترین برازش را با داده‌ها ارائه نماید (Alamdalou and Aghajani, 2015).

(and Madden, 1990). میزان وقوع بیماری<sup>۱</sup> معمولاً به تعداد واحدهای گیاهی آلوده که علائم بیماری را نشان می‌دهند، اطلاق می‌شود. این کمیت به صورت نسبت (صفر یا یک) و یا درصد (صفر یا صد) نشان داده می‌شود. شدت بیماری<sup>۲</sup> مساحت یا حجمی از بافت گیاهی است که آلوده شده و نسبت به کل مساحت یا حجم بافت گیاه بیان می‌گردد (Seem, 1984).

محاسبه میزان وقوع بیماری نسبت به شدت بیماری بسیار ساده‌تر، دقیق‌تر و تکرارپذیرتر است، ولی نمی‌تواند به‌عنوان کمیت مناسبی برای محاسبه بیماری باشد (Campbell and Madden, 1990). از این رو شدت بیماری به‌عنوان کمیتی دقیق‌تر در ارزیابی‌های بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بالا بودن هزینه و زمان بر بودن اندازه‌گیری شدت بیماری از یک سو و داشتن مهارت و تحت تأثیر قرار گرفتن نتایج با سلیقه‌های افراد باعث افزایش میزان خطا در اندازه‌گیری‌های این متغیر می‌گردد. در نتیجه، اندازه‌گیری شدت بیماری قابل انعطاف بوده و براساس اندازه‌گیری مستقیم و یا غیرمستقیم با استفاده از کلیدها و مقیاس‌های مصور انجام می‌شود. از سوی دیگر، اندازه‌گیری شدت بیماری در سطوح گسترده بسیار مشکل است. از این رو با توجه به محدودیت زمانی و هزینه‌ای، یافتن رابطه‌ای بین میزان وقوع و شدت بیماری می‌تواند کمک شایانی را به علم همه‌گیری نماید (Seem and Gilpatrick, 1980). اولین بار ارتباط بین میزان وقوع و شدت بیماری در سال ۱۹۷۲ توسط جیمز و همکاران برای بیماری سفیدک سطحی گندم بیان شد (McRoberts et al., 2003).

برای بیان ارتباط بین میزان وقوع و تراکم بیماری در لکه برگی هویج ناشی از قارچ *Cercospora carotae* یک مدل پویسونی ارائه گردید (Boivin et al., 1990).

1- Disease Incidence

2- Disease Severity

### تعیین میزان وقوع و شدت بیماری

میزان وقوع بیماری سفیدک داخلی انگور با استفاده از معادله  $I = \sum x/N \times 100$  محاسبه شد که در آن I بیانگر میزان وقوع، x بیانگر تعداد بوته‌های آلوده و N بیانگر تعداد کل بوته‌های مورد ارزیابی شده می‌باشند. جهت تعیین شدت بیماری در درختان بیمار از مقیاس شش‌گانه ارائه شده توسط سینگ و همکاران به شرح (۰) بدون بیماری، (۱) آلودگی یک تا ده درصد برگ‌ها، (۲) آلودگی ده تا ۲۵ درصد برگ‌ها، (۳) آلودگی ۲۵ تا ۵۰ درصد برگ‌ها، (۴) آلودگی ۵۰ تا ۷۵ درصد برگ‌ها و (۵) آلودگی بیش از ۷۵ درصد برگ‌ها استفاده شد (Singh et al., 1996). شدت متوسط بیماری سفیدک داخلی در هر باغ با استفاده از معادله  $S = \sum (x_i n_i) / N$  محاسبه شد که در آن S بیانگر میزان شدت بیماری،  $x_i$  بیانگر درجه شدت بیماری،  $n_i$  بیانگر تعداد بوته‌های بیمار در درجه I ام بیماری و N بیانگر تعداد کل بوته‌های ارزیابی شده می‌باشند (Cardoso et al., 2004). شدت متوسط بیماری برای هر یک از تاکستان‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. وضعیت آلودگی به بیماری در مدت دو سال پژوهش با تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به میزان وقوع و شدت بیماری مشخص گردید (جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها ارائه نشده است). به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، مقادیر میزان وقوع و شدت بیماری به نسبت (صفر تا یک) تبدیل شدند.

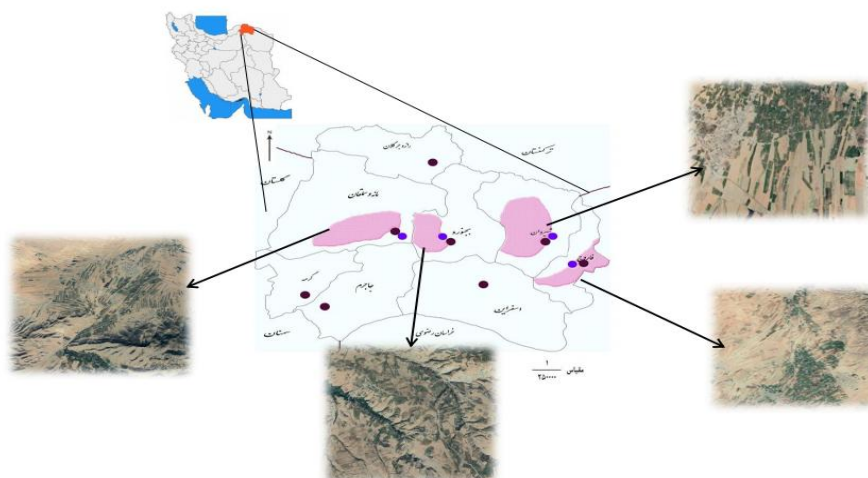
### رابطه بین میزان وقوع و شدت بیماری

به منظور تعیین رابطه بین میزان وقوع و شدت بیماری سفیدک داخلی انگور با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، از توابع ریاضی شامل مدل‌های توانی یا لگاریتم طبیعی که به صورت خطی شده  $I = aS^b$  یا  $I = \beta \ln(S) + \ln(\alpha)$ ، ریشه دوم یا ریشه مربع که به صورت خطی شده  $\text{Sqrt}(S)$ ،  $\alpha + \beta \text{Sqrt}(I)$ ، مکمل لگاریتم لگاریتم که به صورت

بنابراین، هدف از انجام این تحقیق ارزیابی وضعیت بیماری سفیدک داخلی انگور در استان خراسان شمالی طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به منظور ارائه راهبردهای مناسب جهت مدیریت بیماری سفیدک داخلی انگور در استان خراسان شمالی و نیز دستیابی به مدلی ساده و کارآمد جهت تعیین میزان شدت بیماری براساس ارزیابی میزان وقوع بیماری در تاکستان‌های استان اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

مطالعه‌ی حاضر طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در سطح تاکستان‌های چهار شهرستان استان خراسان شمالی شامل شهرستان‌های بجنورد، مانه و سملقان، شیروان و فاروج انجام شد. تعداد ده تاکستان از هر شهرستان به صورت تصادفی انتخاب گردید (شکل ۱). تاکستان‌های انتخاب شده در این پژوهش در محدوده‌ی جغرافیایی بین طول‌های ۵۰ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۲ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و عرض‌های ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه و ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی قرار داشته و ارتفاع تاکستان‌ها از سطح دریا بین ۸۳۱ تا ۱۲۱۹ متر متغیر بودند. از اواسط فروردین‌ماه هم‌زمان با تورم جوانه‌ها از تاکستان‌های از پیش تعیین شده به صورت هفتگی بر اساس برنامه‌ای منظم بازدید و آماربرداری انجام شد. به منظور تعیین میزان وقوع بیماری تعداد ۱۰۰ درخت در هر هکتار به صورت تصادفی انتخاب شدند و وجود و یا عدم وجود بیماری در هر درخت به صورت عددی (صفر یا یک) ثبت شد. برای تعیین شدت بیماری از درختان آلوده و دارای علائم استفاده گردید. به همین منظور از هر درخت چهار شاخه در چهار جهت اصلی شمال، جنوب، شرق و غرب انتخاب شد و از هر شاخه چهار برگ اولیه مورد بررسی قرار گرفت و اطلاعات مربوط به شدت بیماری در آن‌ها ثبت گردید.



شکل ۱. پراکنش کشت انگور در استان خراسان شمالی (منطقه قرمز رنگ) در چهار شهرستان مورد تحقیق و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک موجود در آن شهرستان‌ها (دایره آبی رنگ)

**Figure 1. Distribution of grape cultivation in North Khorasan province (red zone) in four cities under investigation and location of synoptic meteorological stations in those cities (blue circle)**

وجود اختلاف معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود. میزان وقوع بیماری در طی دو سال (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) به ترتیب بین ۲۶-۱/۲ و ۹۶-۴/۶ درصد متغیر بود. در حالی که میزان شدت بیماری در دو سال یاد شده به ترتیب بین ۶/۶-۱/۲ و ۴۴/۶-۶/۴ درصد متغیر بود. میزان شدت متوسط بیماری در طی دو سال پژوهش به طور متوسط ۱۴/۶۶ درصد بود.

با استفاده از مدل‌های راجع رگرسیون خطی روابط بین میزان وقوع با شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در تاکستان‌های چهار شهرستان استان خراسان شمالی در طی دو سال تحقیق به صورت جداگانه در هر تاکستان و هر سال مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به آماره‌هایی چون ضریب تبیین، انحراف معیار و نمودار باقیمانده‌ها، مدل توانی (لگاریتم طبیعی) در بیش از ۳۸ درصد تاکستان‌های مورد تحقیق (۳۱ تاکستان از ۸۰ تاکستان) دارای بهترین برازش با داده‌ها بود. پس از مدل توانی، مدل خطی ساده توانست در ۲۴ تاکستان از ۸۰ تاکستان برازش مناسبی را نشان دهد و مدل درجه دوم نیز توانست فقط در شش

خطی شده  $\ln[-\ln(1-S)] = \beta \ln[-\ln(1-I)] + \alpha$  و رابطه‌ی خطی ساده به صورت  $S = \alpha + \beta I$  استفاده گردید (Carisse et al., 2013; Copes and Stevenson, 2008). هر یک از مدل‌ها به صورت جداگانه با داده‌های هر شهرستان و در هر سال برازش داده شد. در نهایت با استفاده از آماره‌هایی چون ضریب تبیین و ضریب تصحیح شده بهترین مدل برای هر شهرستان در طی دو سال تحقیق انتخاب شد.

### تجزیه و تحلیل‌های آماری

آماده‌سازی و ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 (شرکت Microsoft) و تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار StatGrahics (شرکت Centuration XVII, Version 15.2.05) انجام شد. (StatPoint Technologies Inc.VA. USA)

### نتیجه و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان وقوع و شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در مناطق مورد تحقیق نشان‌دهنده

مورد برازش مناسبی داشته باشد (شکل ۲ و جدول ۱). مدل توانی در هر دو سال تحقیق توانست بهترین توصیف را به داده‌های حاصل از نمونه برداری نشان دهد. در بین چهار شهرستان نیز شهرستان مانه و سملقان با داشتن ۱۲ مورد، بیشترین برازش را با مدل توانی داشته است (جدول ۱).

در مرحله بعدی، تجزیه رگرسیون شهرستان-سال به منظور تعیین بهترین مدل برای هر شهرستان در هر یک از سال‌های تحقیق انجام گردید. در این مرحله نیز نتایج مشابهی مشاهده شد، به گونه‌ای که مدل توانی توانست در چهار مورد از هشت مورد برازش بالایی به داده‌ها از خود نشان دهد و مدل خطی ساده نیز در سه مورد از هشت مورد برازش بالایی نشان داد (جدول ۲).

جدول ۱. برازش رابطه‌ی وقوع- شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در تاکستان‌های چهار شهرستان استان خراسان شمالی با مدل‌های رگرسیونی مختلف طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

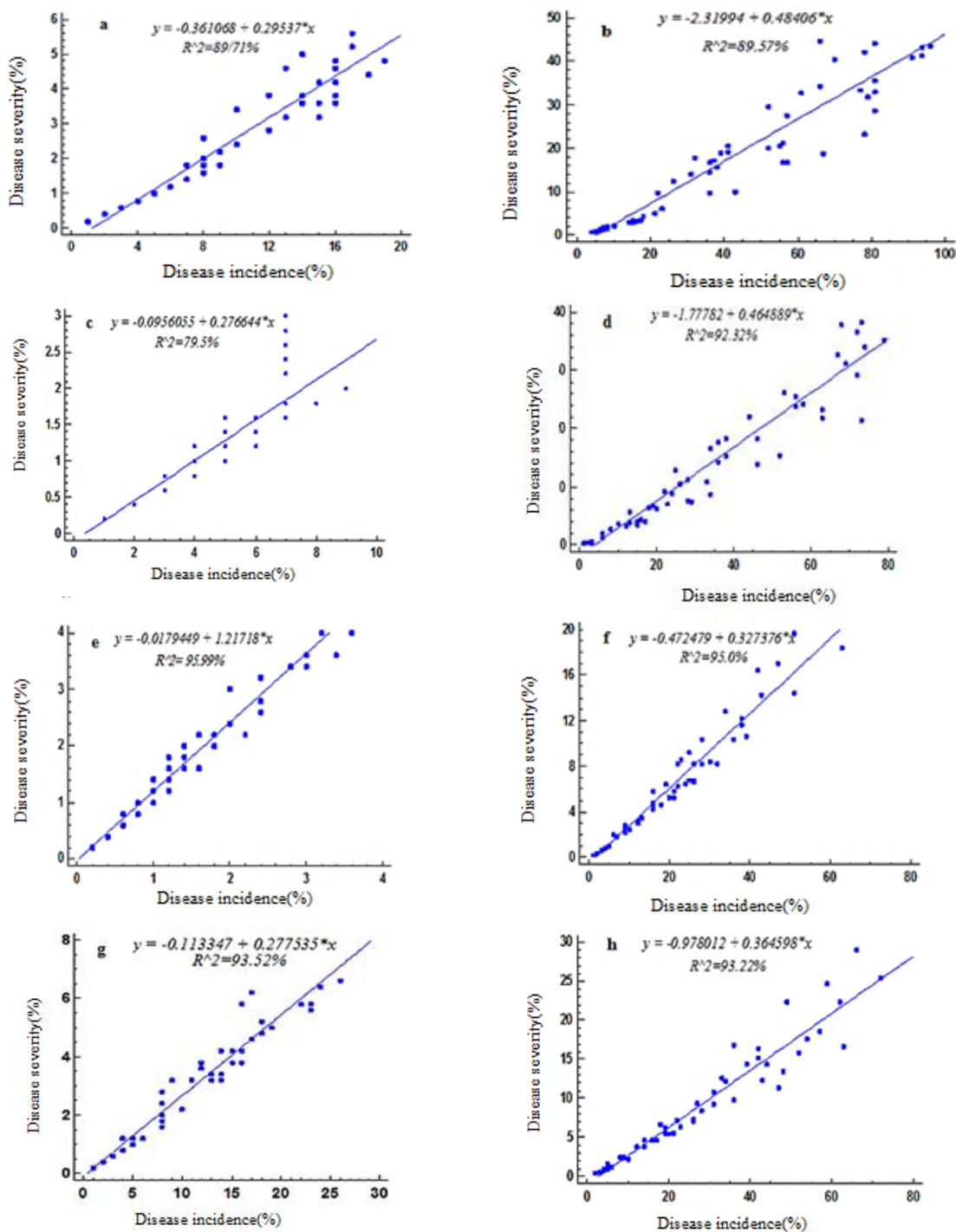
**Table 1. Relationship between occurrence and severity of grapefruit disease in four vineyards of North Khorasan province with different regression models during 2018 and 2019**

Model	Bojnourd		Mane va Samalghan		Farooj		Shirvan		Province		Percentage
	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	
Linear	3	3	1	1	4	4	5	3	13	11	24
Power	3	4	6	6	3	3	2	4	14	17	31
Sqrt	0	1	0	0	0	2	2	1	2	4	6
Complementary Log-Log	4	2	3	3	3	1	1	2	11	8	19

جدول ۲. برازش رابطه‌ی وقوع- شدت بیماری سفیدک داخلی انگور به صورت شهرستان-سال طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

**Table 2. Relationship between Incidence-Severity of downy mildew of grapevine as a City-Year during the years 2018 and 2019**

Rejion	Year	Fitness model	R <sup>2</sup>	SEE	Slope	Intercept
Bojnourd	2018	Complementary Log-Log	98.77	0.038	1.214	-0.898
	2019	Power	98.26	0.136	1.442	-0.457
Mane va Samalghan	2018	Power	99.25	0.064	1.263	-0.563
	2019	Power	97.79	0.081	1.325	-0.533
Farooj	2018	Linear	98.87	0.001	0.305	-0.004
	2019	Linear	98.98	0.009	1.768	-0.066
Shirvan	2018	Linear	98.7	0.005	1.379	-0.002
	2019	Power	98.92	0.038	1.184	-0.884

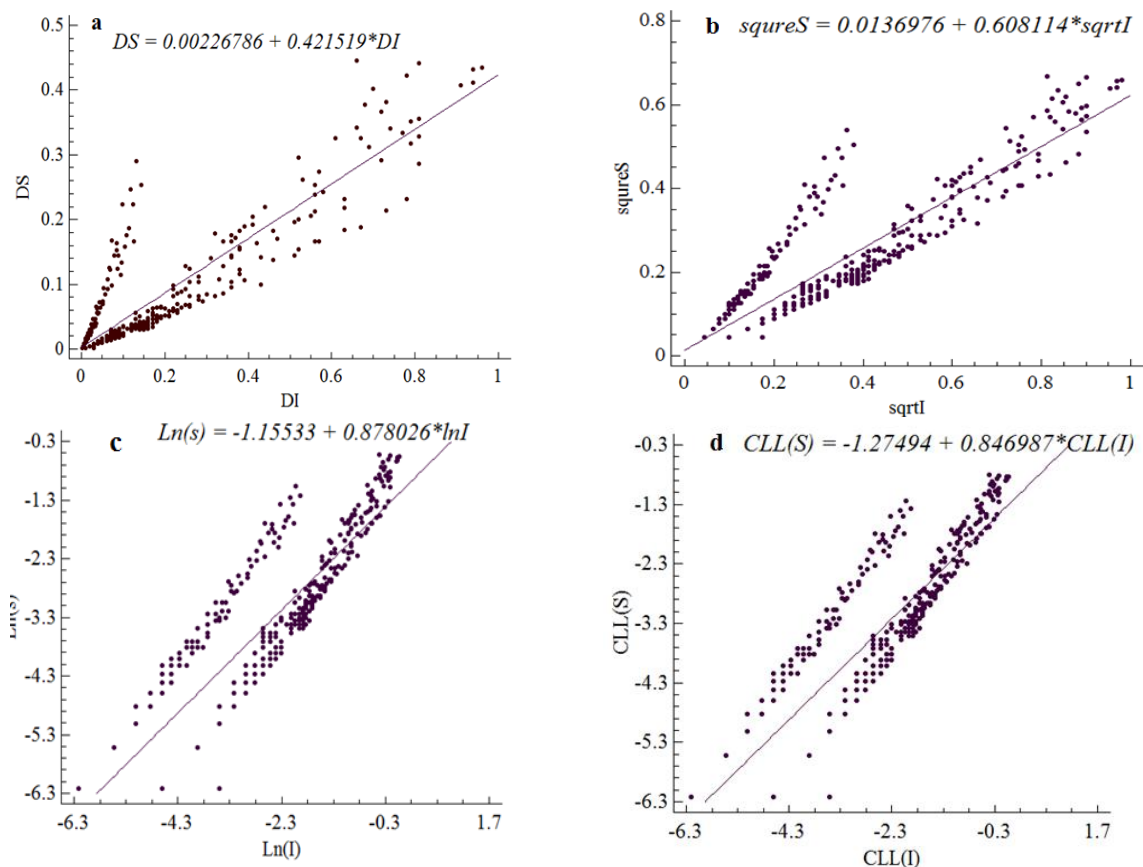


شکل ۲. نمودار خطی شده مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده جهت توصیف میزان وقوع بیماری سفیدک داخلی انگور در برابر شدت در شهرستان‌های مورد بررسی طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸: (a) بجنورد ۱۳۹۸، (b) بجنورد ۱۳۹۷، (c) مانه و سملقان ۱۳۹۷، (d) مانه و سملقان ۱۳۹۸، (e) شیروان ۱۳۹۸، (f) شیروان ۱۳۹۷، (g) فاروج ۱۳۹۸ و (h) فاروج ۱۳۹۷

Figure 2. Linear diagram of regression models used to describe the incidence of downy mildew of grapevine against severity in the cities under study during 2018 and 2019: (a) Bojnourd 2018; b) Bojnourd 2019; c) Mane and Samlaghan 2018, d) Mane and Samlaghan 2019 e) Shirvan 2018, f) Shirvan 2019, g) Farooj 2018 and h) Farooj 2019

موجود از ضریب تبیین بالایی برخوردار بودند. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون خطی داده‌های تبدیل برگشتی با داده‌های مشاهده شده در هر چهار شهرستان و در تمام تاکستان‌ها نشان داد که مدل خطی و توانی مناسب‌ترین مدل‌ها می‌باشند (جدول ۳). با استفاده از هر دو مدل می‌توان برای توصیف داده‌های میزان وقوع به شدت بیماری برای بیماری سفیدک داخلی انگور استفاده کرد. مدل‌های نهایی و آماره‌های آن‌ها در مرحله سوم تجزیه برای هر شهرستان به صورت جداگانه در جدول ۳ ارائه شده است.

به منظور بررسی وضعیت شهرستان‌ها نسبت به یکدیگر، از تجزیه رگرسیون ساده خطی استفاده گردید و مشخص شد که دو شهرستان بجنورد و مانه و سملقان از نظر پارامتر شیب خط رگرسیون با دو شهرستان شیروان و فاروج دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (شکل ۳). بنابراین در مرحله بعدی، هدف به دست آوردن مناسب‌ترین مدل برای دو حالت الف) بجنورد و مانه و سملقان در ۴۰ تاکستان و ب) شیروان و فاروج در ۴۰ تاکستان در طی دو سال زراعی بود. نتایج نشان داد که هر دو مدل خطی و توانی با داده‌های



شکل ۳. مقایسه چهار مدل برای توصیف رابطه بین میزان وقوع و شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در ۴۰ تاکستان در استان خراسان شمالی در طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸: (a) مدل خطی، (b) مدل درجه دوم، (c) مدل توانی و (d) مدل مکمل لگاریتم لگاریتم

Figure 3. Comparison of four models to describe the relationship between Incidence-Severity of downy mildew of grapevine in 40 vineyards in North Khorasan province during 2018 and 2019: a) linear model, b) secondary model, c) power model and d) Logarithm logarithm model



جدول ۳- معادله و مدل نهایی رابطه وقوع - شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در استان خراسان شمالی طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

**Table 3 - Equation and final model of the relationship between Incidence-Severity of downy mildew of grapevine in North Khorasan province during 2018 and 2019**

Rejion	Model	Equation	R <sup>2</sup>	SEE	R <sub>a</sub> <sup>*2</sup>
Bojnourd	Power	$S=(0.534) \times I^{(1.263)}$	92.82	0.136	92.63
Mane va Samalghan	Linear	$S=(0.4691) \times I - 0.01711$	94.16	0.031	94.14
Shirvan	Power	$S=(0.684) \times I^{(1.472)}$	93.17	0.084	92.87
Farooj	Linear	$S=(0.3484) \times I - 0.0078$	95.02	0.013	95.00

The statistics used to determine the goodness of fit of the models are: R<sup>2</sup> (coefficient of determination), SEE (standard error of estimate) and R<sub>a</sub><sup>\*2</sup> (adjusted coefficient of determination).

نمود. بر این اساس، دو مدل خطی و درجه دوم فاقد الگوی تصادفی از باقیمانده‌ها بودند و دو مدل توانی و مکمل لگاریتم لگاریتم دارای توزیع یکسانی بودند و با توجه به ضریب تبیین بالا مدل توانی به‌عنوان مدل برتر برای بیان روابط بین میزان وقوع و شدت بیماری سفیدک داخلی انگور در استان خراسان شمالی در طی سال‌های مورد تحقیق می‌باشد (جدول‌های ۱ و ۲).

استفاده از یک متغیر وابسته به همه‌گیری در مدل‌سازی بدون در نظر گرفتن سایر موارد مربوط به عوامل زیستی بیمارگر باعث ایجاد خطا در برازش مدل خواهد شد (McRoberts et al., 2003). به عنوان مثال استفاده از شدت بیماری در برازش مدل‌ها هیچ‌گاه نخواهد توانست مقدار واقعی بیماری را در شرایط مزرعه‌ای بیان نماید و در نتیجه به نتایج اشتباه منتهی می‌گردد. انجام چنین طرح‌هایی نیاز به دقت بالا و اطلاعات کافی از چرخه بیماری و زیست‌شناسی بیمارگر دارد. استفاده از میزان وقوع بیماری می‌تواند جایگزین مناسبی برای شدت بیماری باشد. با این وجود شدت متوسط بیماری به عنوان بهترین متغیر برای ارزیابی بیماری معرفی شده است (Cardoso et al., 2004). بنابراین استفاده از شدت متوسط بیماری می‌تواند تصویری درست از یک اپیدمی را مانند منحنی پیشرفت بیماری ارائه دهد. در این تحقیق، تجزیه و تحلیل‌های جداگانه‌ای از میزان وقوع و شدت بیماری انجام گردید و

استفاده از روابط ریاضی جهت توصیف داده‌های بیماری‌های گیاهی، به‌عنوان روشی متداول در تجزیه و تحلیل‌های آماری به منظور بررسی جنبه‌های مختلف همه‌گیری بیماری‌ها می‌باشد. Chuang and Jeger (1987) و Cardoso et al. (2004) به منظور رسیدن به بهترین رابطه‌ی خطی بین میزان وقوع و شدت بیماری سیگاتوکای موز و گموز بادام هندی، پس از آزمایش مدل‌های مختلف، مدل توانی را به‌عنوان مدل بهتر با بالاترین ضریب تبیین معرفی نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نیز با تحقیق فوق مطابقت داشته و مدل توانی توانست بهتر از سایر معادلات مورد مطالعه روابط بین متغیرها را توصیف نماید.

ارزیابی مدل‌های مختلف که در این مطالعه از شکل خطی شده آن‌ها استفاده شده است، معمولاً براساس ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل شده صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال، برای آزمایش‌های مزرعه‌ای، ضریب تبیین بالاتر از ۶۰ درصد مناسب بوده و برای آزمایش‌هایی که در شرایط آزمایشگاهی و یا تحت شرایط کاملاً کنترل شده انجام می‌گردند، ضریب تبیین ۹۵ درصد به بالا مناسب هستند (Campbell and Madden, 1990). در این تحقیق ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل شده مدل‌های نهایی بسیار بالا (بیشتر از ۹۲ درصد) بوده است. ضمناً با استفاده از نمودار باقیمانده‌ها می‌توان به آسانی مدل مناسب را مشخص

می‌گیرد. لذا در این مرحله میزان وقوع بیماری به شدت افزایش یافته و این درحالی است که شدت بیماری تغییر معنی‌داری پیدا نمی‌کند. با گذشت زمان و کند شدن میزان وقوع بیماری، شدت بیماری افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. بر اساس این توضیح، عدم آرایه یک تصویر واضح از مقدار بیماری در مزرعه‌ی بر پایه میزان وقوع یا شدت بیماری نمی‌تواند در طی زمان واقعی به نظر برسد. از سوی دیگر استفاده از شدت بیماری به دلیل نیاز به مهارت، زمان و درک کافی از چرخه‌ی بیمارگر نمی‌تواند علی‌رغم دقیق‌تر بودن نسبت به وقوع بیماری مورد استفاده قرار گیرد. لذا محققین توصیه بر آن دارند که رابطه‌ی میزان وقوع و شدت بیماری با هم مورد ارزیابی قرار گیرند (Cardoso et al., 2004). در این بررسی مشخص گردید که ارزش کمی میزان وقوع با شدت بیماری یکسان نیست. نتایج این بررسی نشان داد که با استفاده از میزان وقوع بیماری از طریق شمارش تعداد درختان، می‌توان میزان شدت بیماری را با دقت بالایی محاسبه نمود.

### سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حمایت بخش گیاهپزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به خاطر فراهم نمودن شرایط انجام این تحقیق تشکر و قدرانی می‌گردد.

هیچ‌یک از این دو متغیر نتایج قابل مقایسه با آنالیز شدت متوسط بیماری را ایجاد نمایند.

شیب خط رگرسیون به‌عنوان شاخص مهمی در بررسی رابطه‌ی میزان وقوع و شدت بیماری در مباحث اپیدمیولوژیکی محسوب می‌گردد و از آن می‌توان برای مقایسه اپیدمی‌های مختلف استفاده نمود. در واقع شیب خط رگرسیون نرخ تغییرات شدت بیماری را به ازای هر واحد افزایش میزان وقوع بیماری نشان می‌دهد. این افزایش در مورد میزان وقوع به‌صورت افزایش تعداد گیاهان آلوده قابل مشاهده است و برای میزان شدت بیماری به‌صورت افزایش میزان بیماری در یک گیاه به‌وجود می‌آید (Cardoso et al., 2004). قوی‌ترین رابطه بین میزان وقوع و شدت بیماری زمانی دیده می‌شود که بیماری در گیاه به‌صورت سیستمیک در آمده و کل گیاه را فرا بگیرد.

بر اساس مطالعات صورت گرفته در سایر کشورها و نیز بازدیدهای صورت گرفته در طی دو سال تحقیق، مشخص گردید که قسمت عمده‌ای از آلودگی اولیه انگور به سفیدک داخلی به‌وسیله اسپورانژیوم‌های حاصل از تندش اُسیپور در بقایای گیاهی بوده و قسمت کمی به میسلیم موجود در سرشاخه‌ها مربوط می‌شود. آلودگی ثانویه اساساً از طریق هوا و از درختان آلوده به سایر درختان صورت

## REFERENCES

- Agrios, G.N. 2005. Plant disease caused by fungi. In G. N. Agrios (Ed.), Plant pathology, 5th ed. Oxford, Oxfordshire, UK:Academic Press. pp. 383–614.
- Ahmadi, K., Gholizadeh, H.A., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hoseinpoor, R., Abdeshah, H., Rezaee, M.M. and Fazli-Estabragh, M. 2017. Amarnameh. Ministry of Agriculture Jihad Publications. P. 231. (in Farsi).

Alamdarlou, R.M., Salari, M. Aghajani, M.A., Panjekeh, N. and Sabbah, K. 2018. Quantitative assessment and determination the relationship between incidence and severity of rapeseed *Sclerotinia* stem rot disease in Mazandaran Province. Entomology and Pathology Journal, 86 (2): 171- 184. (in Farsi with English summer).

Alamdalou, R.M. and Aghajani, M.A. 2015. Incidence-Severity Relationships for *Sclerotinia* Stem Rot of Canola. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 5(12S): 689-699. (in Farsi with English summer).

Behdad, E. 1990. Diseases of Iranian Fruit Trees. Esfahan Neshat Publishing Center. P. 293. (in Farsi).

Boivin, G., Kushalappa, A.C and Brodeur, L. 1990. Spatial dispersion and binomial sequential sampling plan for *Cercospora carotae* on carrots. Canadian Journal of Plant Pathology, 12:209-212.

Caffi, T. and Rossi, V. 2006. Water availability in the leaf litter and germination of *Plasmopara viticola* oospores. in Proceedings 5th International workshop on grapevine downy and powdery mildew, (San Michele all'Adige TN, 18-23 June 2006), Istituto Agrario San Michele all'Adige, San Michele all'Adige TN. 33-34.

Campbell, C.L. and Madden, L.V. 1990. Introduction of plant disease epidemiology. John Wiley, New York. P. 532.

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.

Carisse, O., Lefebvre, A., Vander-Heyden, H., Roberge, L. and Brodeur, L. 2013. Analysis of incidence–severity relationships for strawberry powdery mildew as influenced by cultivar, cultivar type, and production systems. Plant Disease, 97:354-362.

Chuang, T.Y. and Jeger, M.J. 1987. Relationship between incidence and severity of banana leaf spot in Taiwan. Phytopathology, 77:1537-1541.

Contreras- Medina, L.M., Torres-Pacheco, I., Guevara- Gonzalez, R.G., Romero- Troncoso, R.J., Terol- Villalobos, I.R. and Osornio- Rios, R.A. 2009. Mathematical modelling tendencies in plant pathology. African Journal of Biotechnology, 8:7399-7408.

Copes, W.E. and Stevenson, K.L. 2008. A pictorial disease severity key and the relationship between severity and incidence for black root rot of pansy caused by *Thielaviopsis basicola*. Plant Disease, 92:1394-1399.

Delmotte, F., Louveta, G., Richard-Cervera, S., Mestreb, P., Schilderc, A., Austerlitzd, F. and Fontained, M.C. 2010. Invasion history of grapevine downy mildew (*Plasmopara*

*viticola*): a population genetic perspective. 6Th International Workshop of grapevine downy and powdery mildew: Villenave d'Ornon, France, Bordeaux. P. 66.

Elahinia, S.A. 2014. Mycology and Plant Pathology (Volume I). Gilan University Publication, pp. 146-148. (in Farsi).

FAO, 2015. Production of grape. Available at: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Accessed 2015 November 20.

Gehmann, K. 1987. Untersuchungen zur Epidemiologie und Bekämpfung des Falschen Mehltaus der Weinreben, verursacht durch *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni. PhD Thesis, Unversitat Stuttgart Hohenheim, Germany.

Gessler, C., Pertot, I. and Perazzolli, M. 2011. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea*, 50:3-44.

Hug, F. 2005. Genetic structure and epidemiology of *Plasmopara viticola* populations from Australian grape growing regions. Diploma Thesis. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. P. 56.

Karimi- shari, M.R., Shekari, A. and Noorbakhsh, S. 2017. Common mildew of North Khorasan vineyards. Keshavarzi Amozesh Nashr Publications. P. 31. (in Farsi).

Keller, M., Mills, L.J., Tarara, J.M. and Ferguson, J.C. 2005. Effects of budbreak temperature on seasonal shoot and fruit growth in grapevines. *Acta Horticulturae*, 689: 183-188.

Khabbaz- jolfaee, H., 2015. Identification and Management of Powdery Mildew and downy mildew of Grapevine. Iranian Institute of Plant Protection Publications. P. 21. (in Farsi).

Madden, L.V., Hughes, G. and Bosch, F.V.D. 2007. The study of plant disease epidemics. American Phytopathological Society Press, USA. P. 421.

Matasci, C.L. 2008. An examination of the effects of grapevine cultivar mixtures and organic fungicide treatments on the epidemiology and population structure of the grapevine downy mildew *Plasmopara viticola*. PhD Thesis. ETH Zurich. P. 153.

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*, 124(2): 191-211.

Mestre, P. and Merdinoglu, D. 2006. Analysis of the expression of defense-associated genes in grapevine leaves upon infection by *Plasmopara viticola*. 5th International Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew : proceedings : San Michele all'Adige, Italy. P. 47.

Montasser, M.S., Tousignant, E. and Kaper, J.M. 1991. Satellitemediated protection of tomato against cucumber mosaic virus. Greenhouse experiments and simulated epidemic conditions in the field. *Plant Disease*, 75:86-92.

Park, E.W., Seem, R.C., Gadoury, D.M. and Pearson, R.C. 1997. DMCAST: a prediction model for grape downy mildew development. *Viticultural and Enological Science*, 52:182–189.

Pereira, C.B., Tessmann, D.J., Santana, R.G., Contreras-Soto, R.I., De Souza, R.T. and Naves, R.D. 2018. Temporal dynamics and management of downy mildew on the table grape 'BRS Vitoria' in northern Parana. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(1):19-28.

Rossi, V., Caffi, T. and Gobbin, D. 2013. Contribution of molecular studies to botanical epidemiology and disease modelling: grapevine downy mildew as a case-study. *European Journal Plant Pathology*, 135(4):641-654.

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

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

Singh, P.P., Thind, T.S. and Lal, T. 1996. Reaction of some muskmelon genotypes against *Pseudoperonospora cubensis* under field and artificial epiphytic conditions. *Indian Phytopathology*, 49: 188-190.

Taliei, F., Safaie, N. and Aghajani, M.A. 2015. Relationship between disease incidence and severity of soybean charcoal rot in Golestan Province. *Journal of Plant Production*, 19(3): 125-142. (in Farsi with English summer).

Tavakkoli, F., Aghajani, M.A., Etebarian, H. and Rostami, M. 2013. State of sheath blight in the rice fields of Mazandaran province. *Plant Pathology Research Journal*, 1 (4): 13-26. (in Farsi with English summer).

Zherdev, A.V., Vinogradova, S.V., Byzova, N.A., Porotikova, E.V., Kamionskaya, A.K. and Dzantiev, B.B. 2018. Methods for the Diagnosis of Grapevine Viral Infections: A Review. *Agriculture*, 8(12):1-19.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## Incidence-Severity Relationship for downy mildew of grapevine in North Khorasan Province

H. Namvar-hamzanlue<sup>1</sup>, M. A. Aghajani<sup>2</sup>, S. A. Mahdian<sup>3\*</sup> and E. Bakhshandeh<sup>4</sup>

1. Ph.D. student, Department of Plant Protection, Agricultural Faculty, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Research Associated Professor, Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Gorgan, Iran
3. **\*Corresponding Author:** Associated Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Agricultural Faculty, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran (safaralim@gmail.com)
4. Assistant Professor of Molecular Physiology, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran

(DOI): 10.22055/PPR.2020.15632

Received: 26 January 2020

Accepted: 18 June 2020

---

### Abstract

#### Background and Objectives

Grapevine are important and valuable fruits that is contaminated in different parts of Iran, especially in North Khorasan Province, by the downy mildew of grapevine (*Plasmopara viticola*) and its yield decreases. Investigating the relationship between the incidence and the severity of the disease is one of the important concepts in the epidemiology of plant diseases. It is easier and faster to measure the incidence of the disease, but the severity of the disease is an important indicator.

#### Materials and Methodes

In this study, the relationship between the incidence disease and severity disease of downy mildew of grapevine in North Khorasan Province (Bojnourd, Mane and Samalghan, Shirvan and Farooj) during 2018 and 2019. Incidence and severity of disease were recorded weekly in 80 selected vineyards from early April to stop the disease progression.

#### Results

The incidence of the disease was 10.27% in the first year and 51.64% in the second year. The severity of the disease in the first year was between 1.2 to 6.6% (mean 3.4%) and in the second year it was between 6.4 to 44.6% (mean 25.82%). Investigation of the relationship between incidence and severity of disease using four statistical models (power, linear, quadratic, complementary logarithmic logarithm) power model was able to express this relationship in 31 vineyards more accurately. In 24 vineyards the incidence and severity of the disease were well fitted to the data by linear model.

#### Discussion

Final models were evaluated based on  $R^2$ , SEE and  $R_a^2$  of regression analysis of raw data. Based on these criteria, final model in Bojnourd as  $S = (0.534) \times I (1.263)$ , in Shirvan as  $S = (0.684) \times I (1.472)$ , in Mane and Samalghan as  $S = (0.4691) \times I - 0.01711$  and in Farooj as  $S = (0.3484) \times I - 0.0078$  showed relationship between incidence and

severity of disease. This is the first report to evaluate the relationship between the incidence and severity of downy mildew of grapevine in Iran.

***Keywords: Downy mildew, I-S relationship, Disease measurement, Power model, Regression***