

تحلیل زمانی پیشرفت همه‌گیری‌های بیماری سفیدک پودری انگور در منطقه سیستان، ایران

زهرا نصیرپور^{۱*}، محمد سالاری^۲، محمد علی آفاجانی^۳ و عبدالحسین طاهری^۴

۱. به ترتیب، دانشجوی دکتری و دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳. دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران

۴. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۴ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۰)

چکیده

بیماری سفیدک پودری انگور به‌وسیله قارچ *Erysiphe necator* ایجاد شده و از گسترده‌ترین بیماری‌های انگور در دنیا و ایران به شمار می‌رود. بررسی پیشرفت زمانی همه‌گیری این بیماری به‌وسیله ارزیابی داده‌های مربوط به ۳۰ تاکستان در سه شهرستان زابل، زهک و هامون از منطقه سیستان و طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. بازدیدهای میدانی از تاکستان‌ها جهت ثبت داده‌های مربوط به وقوع و شدت بیماری از زمان شروع رشد گیاه تا زمان برداشت محصول به‌صورت هفتگی انجام شد. متغیرات تغییرات زمانی این بیماری در تاکستان‌ها با استفاده از مدل‌های خطی، تک‌مولکولی، لوجستیک، لاگ‌لوجستیک و گومپرتز بررسی شدند و مدل‌ها بر اساس پارامترهای آماری نظیر ضریب تبیین (R^2)، ضریب تبیین تصحیح شده (aR^2) و انحراف معیار محاسبات (SEE) مقایسه شدند و بهترین مدل انتخاب گردید. نتایج نشان دادند که در مجموع دو سال زراعی، برای سه متغیر میزان وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ‌ها و شدت آلودگی خوشه‌ها، مدل تک‌مولکولی به ترتیب با ۱۰۰، ۱۰۰ و ۹۸/۳۳ درصد همه‌گیری مورد مطالعه، برازش داشته است. ضریب تبیین این مدل برای سه متغیر فوق به ترتیب ۹۱/۶۴، ۸۹/۶۰ و ۹۰/۲۷ محاسبه و بر این اساس، این مدل به‌عنوان مناسب‌ترین مدل جهت توصیف روند پیشرفت این بیماری در شرایط تاکستان‌های منطقه سیستان انتخاب شد. همچنین در مجموع دو سال زراعی، میانگین نرخ سرانه افزایش این بیماری (r_m) در سطح تاکستان‌ها نیز برای هر سه متغیر فوق به ترتیب ۰/۰۱۶، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۵ بوده است. این پژوهش برای نخستین بار در سطح منطقه سیستان و ایران انجام می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انگور (*Vitis vinifera* L.)، *Erysiphe necator*، مدل‌های اپیدمیولوژیکی رشد، مدل تک‌مولکولی.

Temporal analysis of grapevine powdery mildew epidemics progress in Sistan Region, Iran

Zahra Nasirpour^{1*}, Mohammad Salari², Mohammad Ali Aghajani³ and Abdolhossein Taheri⁴

1 and 2, respectively, PhD student and Associate Professor of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

3. Research Associate, Plant Research Department, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, Gorgan, Iran

4. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

(Received: December 25, 2019 - Accepted: February 9, 2020)

Grape powdery mildew (GPM), caused by plant pathogenic fungus *Erysiphe necator*, is the most widespread disease of the grapevine worldwide, including Iran. Temporal analysis of disease epidemics was carried out by evaluating GPM in 30 vineyards in three cities of the Sistan region, including Zabol, Zahak, and Hamoon during 2017 and 2018. Field survey of vineyards to record disease incidence (I) and severity (S) was started from plant growth onset to harvest time, in a weekly program. Disease progress curves (DPCs) were evaluated by mathematical growth models including linear, monomolecular, logistic, log-logistic, and Gompertz, and their goodness of fit determined based on statistics such as the coefficient of determination (R^2), adjusted R^2 (aR^2), and the standard error of estimates (SEE). Results showed that in total two years, for three variables of disease including disease incidence, leaf disease severity, and fruit disease severity, the monomolecular model was fitted with 100, 100, and 98.33% of the studied epidemics, respectively. Means R^2 of this model for three disease variables were calculated 91.64%, 89.60%, and 90.27%, respectively, and this model was selected as the most appropriate for describing GPM progress in the Sistan region for the two studied years. Also, in a total of two years rates of increase (r_m) per unit of disease in the vineyards for three disease variables were 0.016, 0.004, and 0.005, respectively. This research is conducted for the first time in the region of Sistan and Iran.

Keywords: Grapevine (*Vitis vinifera* L.), *Erysiphe necator*, epidemiological growth model monomolecular model.

* Corresponding author E-mail: z90.nasirpour@gmail.com

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از مهم‌ترین میوه‌های گرمسیری در دنیا است و اعتقاد بر این است که از صدها سال پیش در بیش‌تر نقاط دنیا کشت می‌شده است (Karbalaei khiavi et al., 2012). بیماری سفیدک پودری انگور به‌وسیله قارچ *Erysiphe necator* (Schwein), 1834 ایجاد می‌شود که انگل اجباری تمام ارقام انگور بوده و یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های انگور در دنیا به شمار می‌رود (Miclou et al., 2012). این بیماری برای نخستین بار از ایران در سال ۱۳۲۵ گزارش گردید؛ درحالی‌که بیشتر موستان‌های ایران آلوده به این بیماری بوده‌اند (Behdad, 1988). در اثر ابتلا به این بیماری، تمام قسمت‌های گیاه تحت تأثیر قرار گرفته و علائمی مانند پیچیدگی برگ‌ها، ضعیف شدن ساقه‌ها، ممانعت از جوانه‌زنی، کاهش کیفیت و بازارپسندی محصول، افزایش هزینه تولید و خسارت اقتصادی بالا ایجاد می‌شود (Singh et al., 2017; Calonnec et al., 2017; Behdad, 1988; 2004). انگور رقم یاقوتی یکی از مهم‌ترین ارقام انگور در سطح کشور بوده و در مناطق مختلف کشور از جمله مناطق سردسیر و معتدل کشور و همچنین مناطق گرم و نیمه گرم کشور کشت می‌شود (Shahrokhnia & Karami, 2017). این رقم زودرس‌ترین رقم انگور در سطح کشور است که خاستگاه اصلی آن منطقه سیستان بوده و کشت و کار آن در این منطقه از دیرباز انجام می‌گرفته است. این محصول، اقتصادی‌ترین محصول باغی این منطقه محسوب شده و سهم بسزایی در الگوی کشت در این منطقه دارد. منطقه سیستان، یکی از کانون‌های اصلی تولید انگور یاقوتی در کشور محسوب می‌شود (Kohkan et al., 2017). در سال زراعی ۱۳۹۵، استان سیستان و بلوچستان با دارا بودن ۳۸۵۷/۱ هکتار (۱/۲ درصد) سطح زیر کشت محصول انگور، در رتبه هجدهم کشوری و همچنین از لحاظ میزان تولید محصول انگور با دارا بودن میزان تولید ۲۸۹۸۸/۱ تن (۰/۸ درصد) در رتبه بیستم کشوری قرار داشته است (Agricultural Statistics, 2017). در پژوهش‌های

اپیدمیولوژیک، هدف اصلی درک بیشتری از چگونگی توسعه بیماری در یک جمعیت گیاهی و نحوه تحت تأثیر قرار گرفتن آن توسط سایر عوامل و برخی راهبردهای مدیریتی است (Cooke et al., 2006). معمول‌ترین ابزارهای ریاضی استفاده‌شده در اپیدمیولوژی بیماری‌های گیاهی شامل منحنی‌های پیشرفت زمانی، معادلات دیفرانسیلی، سطح منحنی‌های پیشرفت بیماری (AUDPC) و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری هستند (Contreras-Medina et al., 2009). همه‌گیری بیماری‌های گیاهی می‌توانند به‌وسیله تجزیه و تحلیل گسترش این بیماری‌ها در واحد زمان مطالعه شوند که به این نوع تجزیه و تحلیل بیماری در واحد زمان، تجزیه و تحلیل زمانی بیماری (temporal analysis) می‌گویند (Campbell & Madden, 1990). در کل هدف اصلی در این گونه پژوهش‌ها، تعیین شباهت‌ها و اختلافات بین همه‌گیری بر اساس طبیعت یا رفتار منحنی‌های پیشرفت بیماری و بررسی عناصری مانند سرعت یا نرخ افزایش بیماری به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در طول دوره همه‌گیری یک بیماری است. اگر مقدار بیماری موجود در یک جمعیت گیاهی در چندین زمان مختلف ارزیابی شده باشد نتایج به‌دست‌آمده می‌توانند به‌صورت مجموعه‌ای تحت عنوان منحنی پیشرفت بیماری ارائه شوند. این منحنی‌ها می‌توانند پویایی همه‌گیری را در واحد زمان نشان دهند (Agrios, 2005). این منحنی‌های پیشرفت بیماری که نمودارهایی از میزان تراکم بیماری در برابر برخی مقیاس‌های زمانی هستند «امضای همه‌گیری» نام دارند و تلفیقی از تأثیر متقابل سه عامل میزبان، بیمارگر و تأثیرات محیطی در طول یک همه‌گیری را ارائه می‌دهند و همچنین امکان تجزیه و تحلیل، مقایسه و فهم همه‌گیری بیماری‌های گیاهی را نیز فراهم می‌کنند (Bowers & Kinkel, 1997). برای پیش‌بینی نحوه توسعه یک بیماری در طول زمان، استفاده از مدل‌سازی‌های ریاضی ضروری است (Bowen, 1997). این مدل‌ها می‌توانند برای پیش‌بینی توسعه متوسط بیماری و ارزیابی راهبردهای مدیریتی سودمند واقع شوند (Calonnec et al., 2009). تاکنون

معادله، x تعداد درختچه آلوده و N تعداد کل درختچه‌های مورد بررسی است (Cardoso *et al.*, 2004). درصد شدت بیماری (Disease Severity) نیز بر اساس روش Voytovich (1987) ارزیابی و محاسبه می‌شود. بدین صورت در هر بازدید، تعداد ۱۵۰ برگ و ۳۰ خوشه از هر درختچه انگور آلوده موجود در هر تاکستان بررسی شده و سپس درصد شدت آلودگی روی برگ‌ها و خوشه‌های انگور بر اساس درصد پوشش زخم‌های موجود به کل نواحی برگ و خوشه ارزیابی شد. نمره‌دهی درجه بیماری از ۰ تا ۵ است که در آن ۰: فاقد علائم و دارای آلودگی ۰ درصد، ۱: آلودگی بین ۰/۱ تا ۵ درصد، ۲: آلودگی بین ۵/۱ تا ۱۰ درصد، ۳: آلودگی بین ۱۰/۱ تا ۲۵ درصد، ۴: آلودگی بین ۲۵/۱ تا ۵۰ درصد و ۵: آلودگی بین ۵۰/۱ تا ۱۰۰ درصد محسوب می‌شود. متغیر دیگری به نام شدت متوسط بیماری (MS) نیز برای هر تاکستان با استفاده از معادله $MS = \sum x_i \times n_i / N$ محاسبه گردید که در این معادله x_i به معنی درجه شدت بیماری، n_i به معنی تعداد درختچه بیمار با هر درجه بیماری و N نیز به معنی تعداد کل درختچه‌های مورد بررسی است (Cardoso *et al.*, 2004). همچنین سایر اطلاعات زراعی و مدیریتی مربوط به هر تاکستان مانند مساحت کل باغ، نوع رقم، سن تاکستان، میزان تولید محصول در سال گذشته، انجام یا عدم انجام هرس در اواخر فصل گذشته، تعداد دفعات آبیاری، نوع و میزان قارچ‌کش مصرفی و تعداد دفعات سم‌پاشی در فرم‌های خاصی تحت عنوان شناسنامه‌های زراعی تاکستان ثبت گردیدند.

ترسیم و تجزیه و تحلیل منحنی‌های پیشرفت بیماری با استفاده از مدل‌های رشد

در ابتدا نمودارهای مقادیر مربوط به درصد وقوع و شدت آلودگی‌های برگ و خوشه‌ای در مقابل زمان به تفکیک سال، شهرستان و تاکستان ترسیم گردید. سپس نمودارهای به دست آمده با استفاده از تجزیه رگرسیون خطی با مدل‌های اپیدمیولوژیکی مختلف شامل خطی، تک‌مولکولی $(\ln [1/(1-y)]) = \ln [1/(1-y_0)] + rMt$ (لوگستیک y_0) و $(\ln [y/(1-y)]) = \ln [y_0/(1-y_0)] + rMt$

پژوهش‌گران متعددی جنبه‌های مختلف اپیدمیولوژی بیماری سفیدک پودری انگور را بررسی کرده‌اند (Sall, 1980; Halleen & Holz, 2001; Gadoury *et al.*, 2001; Calonnet *et al.*, 2006; Calonnet *et al.*, 2009; Moyer *et al.*, 2010; Gadoury *et al.*, 2012; Karbalaei Khiavi *et al.*, 2012; Fathi & Karbalaei-Khiavi, 2012). هدف از انجام این بررسی، تحلیل پیشرفت زمانی بیماری و تعیین بهترین مدل اپیدمیولوژیکی که بیشترین برازش را با همه‌گیری مربوط به میزان وقوع و شدت آلودگی‌های برگ و خوشه‌ای ناشی از بیماری سفیدک پودری انگور در سطح تاکستان‌ها و شهرستان‌های منطقه سیستان دارد، است.

مواد و روش‌ها

یادداشت برداری داده‌های مربوط به پیشرفت میزان وقوع و شدت بیماری

این پژوهش در سه شهرستان منطقه سیستان شامل شهرستان‌های زابل، زهک و هامون و در طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. در هر سال در هر شهرستان ۱۰ تاکستان و مجموعاً برای دو سال تعداد ۳۰ تاکستان بازدید شدند. رقم انگور در تمام تاکستان‌های تحت بررسی، از نوع یاقوتی قرمز بوده است. در هر سال بازدیدهای منظم و هفتگی از تاکستان‌ها از ابتدای فروردین‌ماه شروع و ثبت داده‌های مربوط به بیماری از زمان شروع علائم تا زمان برداشت محصول در خردادماه انجام شد. در هر بازدید در هر تاکستان، سه متغیر مربوط به بیماری شامل وقوع بیماری (درصد درختچه‌های آلوده)، شدت آلودگی برگ (تعداد برگ‌های آلوده در هر درختچه) و شدت آلودگی خوشه (تعداد خوشه‌های آلوده در هر درختچه) بررسی شدند. در اولین بازدید، درختچه‌های کشت شده در ردیف‌های یک، سه، پنج، هفت و نه به صورت یک‌درمیان (در مجموع ۵ ردیف) و در هر ردیف ۱۰ درختچه به صورت یک‌درمیان (در مجموع در هر تاکستان ۵۰ درختچه) جهت انجام یادداشت برداری انتخاب شدند (تغییر یافته از Salman *et al.*, 2011). درصد وقوع بیماری (Disease Incidence) برای هر تاکستان از معادله $I = \sum x/N$ به دست می‌آید که در این

$[yo/(1-\ln(\ln[y/(1-y)]))=r_{Lt}] + r_{LL}[\ln(-\ln[-\ln(y)])= -\ln[-\ln(y)]] + r_{LL}[\ln(\ln(yo))] + r_{GL}]$ به عنوان معادله‌های پیش‌بینی شده برای مقایسه آماری داده‌های واقعی تبدیل شده برآزش داده شدند (Soto-Estrada & Adaskaveg, 2004; Aghajani et al., 2010). در این معادلات، y : مقدار بیماری، t : زمان، yo : ثابت انتگرال (معادل مقدار بیماری در زمان صفر) و r_{LL} ، r_{L} ، r_{M} و r_{G} نرخ افزایش سرعت بیماری به ترتیب برای مدل تک‌مولکولی، لجستیک، لاگ‌لجستیک و گومپرتز هستند. انتخاب بهترین مدل برای توصیف پیشرفت زمانی بیماری در هر شهرستان، بر اساس آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ضریب تبیین تصحیح شده (aR^2) و انحراف معیار محاسبات (SEE) انجام شد (Campbell & Madden, 1990). تجزیه و تحلیل‌های آماری و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Stat Graphics, Centurion XVII, Version 17.2.00 (شرکت StatPoint) انجام شد.

نتایج

نتایج کلی به‌دست‌آمده از تجزیه رگرسیون خطی داده‌های مربوط به مقادیر وقوع و شدت آلودگی برگ‌ها و خوشه‌ها و برآزش آن‌ها با استفاده از مدل‌های اپیدمیولوژیکی رشد نشان داد که در مجموع دو سال زراعی اول و دوم، بر اساس ضریب تبیین (R^2) و ضریب تبیین تصحیح شده داده‌ها (aR^2)، همه مدل‌ها توانستند پیشرفت بیماری را تا حد بسیار بالایی توصیف نمایند؛ اما بر اساس آماره‌های رگرسیون خصوصاً انحراف معیار داده‌ها (SEE)، بهترین و قوی‌ترین توصیف از همه‌گیری‌های این بیماری در طول زمان توسط مدل تک‌مولکولی ارائه گردیده است (جدول ۱). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در مجموع دو سال زراعی، برای هر سه متغیر میزان وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه، مدل تک‌مولکولی به ترتیب با داده‌های ۱۰۰، ۱۰۰ و ۹۸/۳۳ درصد تاکستان‌ها جهت توصیف همه‌گیری این بیماری برآزش داشته است. همچنین میانگین ضریب تبیین (R^2) این مدل برای داده‌های برآزش یافته

مربوط به متغیرهای فوق در مجموع هر دو سال موردبررسی به ترتیب برابر با ۹۱/۶۴، ۸۹/۶۰ و ۹۰/۲۷ بوده است (جدول ۱). بر این اساس و در مجموع دو سال موردبررسی، مدل تک‌مولکولی به عنوان قوی‌ترین مدل برآزش یافته با همه‌گیری‌ها هر سه متغیر میزان وقوع، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه در سطح منطقه سیستان انتخاب شد. نتایج کلی به‌دست‌آمده از تجزیه رگرسیون خطی داده‌های مربوط به مقادیر وقوع و شدت آلودگی برگ‌ها و خوشه‌ها و برآزش آن‌ها با هر کدام از پنج مدل اپیدمیولوژیکی رشد در سطح شهرستان‌ها نیز نشان دادند که این مدل برای هر سه متغیر بیماری، دارای برآزش ۱۰۰ درصدی با داده‌های مربوط به همه‌گیری بیماری بوده است. در مجموع دو سال موردبررسی، میانگین ضریب تبیین (R^2) داده‌های برآزش یافته با این مدل برای هر سه متغیر فوق به ترتیب برای شهرستان زابل ۸۹/۷۲، ۸۹/۲۶ و ۹۳/۰۹، برای شهرستان زهک ۹۲/۸۳ و ۸۹/۶۶ و ۹۴/۷۰ و برای شهرستان هامون ۹۷/۱۲، ۹۳/۶۸ و ۹۳/۴۸ محاسبه گردید (جدول ۲). همچنین نتایج به‌دست‌آمده از رگرسیون خطی داده‌ها در سطح تاکستان‌های هر شهرستان نیز نشان دادند که در مجموع دو سال زراعی مورد مطالعه، مدل تک‌مولکولی برای هر سه متغیر میزان وقوع، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه به ترتیب با داده‌های ۱۰۰، ۱۰۰ و ۹۳/۳۳ درصد کل تاکستان‌های مورد مطالعه، برآزش داشته است. بر اساس شیب‌خط تأییدشده مدل تک‌مولکولی در بررسی منحنی‌های پیشرفت این بیماری در منطقه سیستان، در سال اول در خصوص متغیر میزان وقوع بیماری، شهرستان‌های زابل (متوسط ۰/۰۱۷) و زهک (متوسط ۰/۰۱۶)، در خصوص متغیر شدت آلودگی برگ، شهرستان‌های زهک (متوسط ۰/۰۰۴) و هامون (متوسط ۰/۰۰۳) و در خصوص متغیر شدت آلودگی خوشه نیز شهرستان‌های زابل (متوسط ۰/۰۰۶) و هامون (متوسط ۰/۰۰۵) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین نرخ پیشرفت آلودگی به ازای هر واحد بیماری بودند. در سال زراعی دوم نیز از لحاظ شیب‌خط این مدل در

آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه به تفکیک دو سال زراعی در شکل ۱ قابل مشاهده است. معادلات خطی مربوط به بهترین مدل انتخاب شده جهت توصیف همه گیری های وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه ناشی از بیماری سفیدک پودری انگور به تفکیک دو سال اجرای پژوهش در جدول ۳ و به تفکیک شهرستان ها در هر سال در جدول ۴ ارایه گردیده اند.

خصوص متغیر میزان وقوع بیماری، شهرستان های زابل (متوسط ۰/۰۱۶۵) و زهک (متوسط ۰/۰۱۶۲)، در خصوص متغیر شدت آلودگی برگ، شهرستان های زابل (متوسط ۰/۰۰۴۷) و زهک (متوسط ۰/۰۰۴۹) و در خصوص متغیر شدت آلودگی خوشه نیز شهرستان های زابل (متوسط ۰/۰۰۶) و هامون (متوسط ۰/۰۰۴) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین نرخ توسعه بیماری در سطح منطقه سیستان بوده اند. نمودار منحنی های پیشرفت زمانی وقوع بیماری، شدت

جدول ۱. خلاصه آماره های تجزیه رگرسیون خطی برای برازش مدل های مختلف رشد با داده های مربوط به میزان وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه ناشی از بیماری سفیدک پودری انگور به تفکیک سال در منطقه سیستان

Table 1. Summary of linear regression analysis statistics to fit different growth models with data of disease incidence, leaf disease severity, and fruit disease severity caused by grape powdery mildew separated by year in the Sistan region

Fruit disease severity			Leaf disease severity			Disease incidence			Model	Year
SEE	aR ² (%)	R ² (%)	SEE	aR ² (%)	R ² (%)	SEE	aR ² (%)	R ² (%)		
3.0488	88.01	88.07	2.6718	83.07	83.15	5.6863	89.42	89.47	Linear	2017
0.0342	88.59	88.64	0.0304	83.47	83.55	0.0822	91.28	91.32	Monomolecular	
0.6550	68.19	68.36	0.3191	77.79	77.89	4.4297	84.17	84.26	Logistic	
2.5680	91.50	91.54	2.1780	88.75	88.80	0.1764	93.58	93.62	Log-logistic	
0.1850	77.89	78	0.1186	80.44	80.53	2.6718	88.50	88.56	Gompertz	
2.1864	92.23	92.27	1.4134	95.54	95.56	5.1952	90.43	90.48	Linear	2018
0.0257	91.86	91.90	0.0161	95.63	95.65	0.0762	91.93	91.97	Monomolecular	
0.6186	74.67	74.79	0.2360	89.18	89.23	0.3060	86.78	86.84	Logistic	
2.1843	92.27	92.30	1.5185	94.86	94.88	4.2646	93.55	93.58	Log-logistic	
0.1559	84.77	84.84	0.0751	92.81	92.84	0.1556	89.97	90.02	Gompertz	

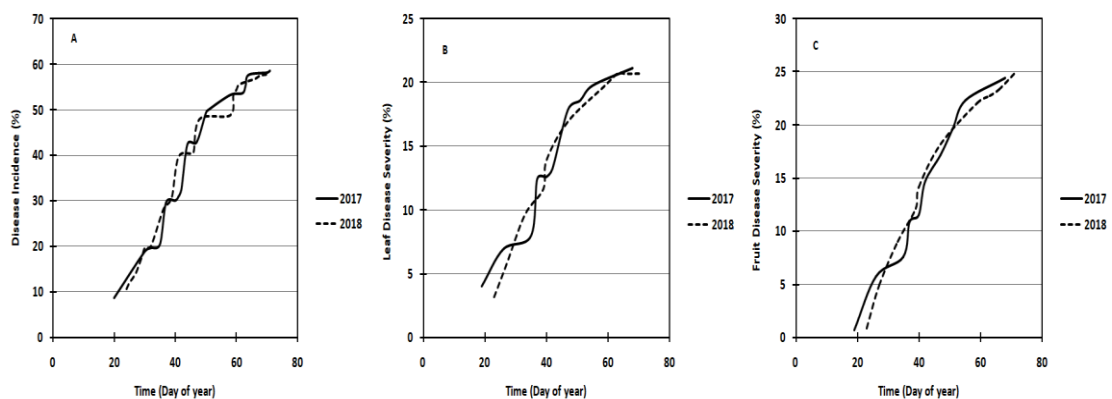
جدول ۲. خلاصه آماره های تجزیه رگرسیون خطی برای برازش مدل های مختلف رشد با داده های مربوط به میزان وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه ناشی از بیماری سفیدک پودری انگور به تفکیک سه شهرستان در منطقه سیستان

Table 2. Summary of linear regression analysis statistics to fit different growth models with data of disease incidence, leaf disease severity, and fruit disease severity caused by grape powdery mildew separated by three cities in the Sistan region

Hamoon			Zahak			Zabol			Model	Variable	Year
SE E	aR ² (%)	R ² (%)	SE E	aR ² (%)	R ² (%)	SE E	aR ² (%)	R ² (%)			
4.17	94.12	94.20	5.55	90.23	90.37	6.06	88.31	88.48	Linear	Disease incidence	2017
0.05	96.38	96.44	0.08	91.79	91.91	0.08	90.72	90.85	Monomolecular	Disease incidence	
0.32	87.63	87.81	0.35	85.31	85.53	0.37	83.38	83.62	Logistic	Disease incidence	
2.82	97.31	97.35	4.27	94.20	94.28	4.48	93.60	93.70	Log-logistic	Disease incidence	
0.13	92.84	92.94	0.17	89.40	89.55	0.18	87.65	87.83	Gompertz	Disease incidence	
3.24	96.24	96.29	4.55	92.86	92.97	6.18	86.51	86.71	Linear	Disease incidence	2018
0.03	97.77	97.81	0.06	94.18	94.27	0.09	88.42	88.59	Monomolecular	Disease incidence	
0.22	92.52	92.63	0.27	89.61	89.76	0.35	82.22	82.47	Logistic	Disease incidence	
2.54	97.68	97.71	3.68	95.32	95.39	4.80	91.84	91.96	Log-logistic	Disease incidence	

ادامه جدول ۲.

0.10	95.82	95.88	0.13	92.52	92.62	0.18	85.89	86.10	Gompertz	Disease incidence	2017
2.34	88.53	88.70	2.60	81.55	81.82	2.63	82.93	83.18	Linear	Leaf disease severity	
0.02	89.13	89.29	0.02	81.81	82.07	0.02	83.73	83.97	Monomolecular	Leaf disease severity	
0.28	82.49	82.75	0.32	77.59	77.91	0.32	75.94	76.29	Logistic	Leaf disease severity	
1.83	92.96	93.06	2.10	87.97	88.14	1.97	90.40	90.54	Log-logistic	Leaf disease severity	
0.10	85.53	85.74	0.11	79.58	79.87	0.12	79.15	79.45	Gompertz	Leaf disease severity	2018
0.90	98.29	98.31	1.04	97.56	97.60	1.63	93.67	93.76	Linear	Leaf disease severity	
0.01	98.04	98.07	0.01	97.21	97.25	1.01	94.47	94.55	Monomolecular	Leaf disease severity	
0.17	93.90	93.99	0.19	92.73	92.84	0.28	83.81	84.05	Logistic	Leaf disease severity	
1.43	95.74	95.80	1.46	95.24	95.31	1.18	96.67	96.72	Log-logistic	Leaf disease severity	
0.05	96.87	96.91	0.05	95.98	96.04	0.09	88.47	88.63	Gompertz	Leaf disease severity	2017
2.98	89.16	89.31	2.41	91.72	91.84	2.62	91.34	91.47	Linear	Fruit disease severity	
0.03	89.97	90.02	0.02	92.35	92.46	0.02	92.36	92.47	Monomolecular	Fruit disease severity	
0.33	74.46	74.89	0.68	76.21	76.56	0.63	68.67	69.15	Logistic	Fruit disease severity	
2.38	93.07	93.17	2.04	94.08	94.17	1.87	95.57	95.64	Log-logistic	Fruit disease severity	
0.12	78.54	78.90	0.17	84.06	84.29	0.17	80.26	80.56	Gompertz	Fruit disease severity	2018
1.40	96.92	96.97	1.18	97.26	97.30	2.21	92.94	93.04	Linear	Fruit disease severity	
0.01	96.90	96.95	0.01	96.89	96.93	0.02	93.09	93.19	Monomolecular	Fruit disease severity	
0.58	77.34	77.67	0.47	82.56	82.81	0.73	69.16	69.61	Logistic	Fruit disease severity	
1.45	96.69	96.73	1.54	95.33	95.40	1.98	94.30	94.38	Log-logistic	Fruit disease severity	
0.13	88.10	88.28	0.11	91.20	91.33	0.18	81.72	81.99	Gompertz	Fruit disease severity	



شکل ۱. نمودارهای منحنی پیشرفت زمانی وقوع بیماری (A)، شدت آلودگی برگ (B) و شدت آلودگی خوشه (C) ناشی از بیماری سفیدک پودری انگور به تفکیک دو سال ۹۵-۹۶ و ۹۶-۹۷

Figure 1. Diagrams of disease incidence (A), leaf disease severity (B), and fruit disease severity (C) progress curves of grape powdery mildew separated by two years 2017 and 2018

جدول ۳. معادلات مربوط به مدل تک‌مولکولی برای توصیف همه‌گیری‌های وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه در اثر بیماری سفیدک پودری انگور به تفکیک سال در منطقه سیستان

Table 3. Equations of monomolecular model to describe epidemics of disease incidence, leaf disease severity, and fruit disease severity caused by grape powdery mildew separated by year in the Sistan region

R ² (%)	Equation	Variable	Year
91.32	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0166328)t+(-0.28455)$	Disease incidence	2017
91.97	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0161578)t+(-0.22151)$	Disease incidence	2018
83.55	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00427794)t+(-0.04617)$	Leaf disease severity	2017
95.65	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00474985)t+(-0.06893)$	Leaf disease severity	2018
88.64	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00597332)t+(-0.12854)$	Fruit disease severity	2017
91.90	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.005427)t+(-0.10751)$	Fruit disease severity	2018

جدول ۴. معادلات مربوط به مدل تک‌مولکولی برای توصیف همه‌گیری‌های وقوع بیماری، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه در اثر بیماری سفیدک پودری انگور به تفکیک سه شهرستان در منطقه سیستان

Table 4. Equations of monomolecular model to describe epidemics of disease incidence, leaf disease severity, and fruit disease severity caused by grape powdery mildew separated by three cities in the Sistan region

R ² (%)	Equation	Variable	Year	City
90.85	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.017444)t+(-0.278585)$	Disease incidence	2017	Zabol
88.59	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0165949)t+(-0.19623)$	Disease incidence	2018	
91.91	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0169329)t+(-0.299187)$	Disease incidence	2017	Zahak
94.27	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0164072)t+(-0.24055)$	Disease incidence	2018	
96.44	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0163955)t+(-0.315206)$	Disease incidence	2017	Hamoon
97.81	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.0162643)t+(-0.26261)$	Disease incidence	2018	
83.97	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00432996)t+(-0.0389863)$	Leaf disease severity	2017	Zabol
94.55	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00472543)t+(-0.05685)$	Leaf disease severity	2018	
82.07	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.003898)t+(-0.0414907)$	Leaf disease severity	2017	Zahak
97.25	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00474929)t+(-0.07459)$	Leaf disease severity	2018	
89.29	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00468096)t+(-0.0622539)$	Leaf disease severity	2017	Hamoon
89.07	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00493192)t+(-0.08289)$	Leaf disease severity	2018	
92.47	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00644477)t+(-0.127037)$	Fruit disease severity	2017	Zabol
93.19	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00606521)t+(-0.11333)$	Fruit disease severity	2018	
92.46	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00571578)t+(-0.134037)$	Fruit disease severity	2017	Zahak
96.93	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00497685)t+(-0.10332)$	Fruit disease severity	2018	
90.02	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00609255)t+(-0.139431)$	Fruit disease severity	2017	Hamoon
96.95	$\text{Ln}[1/(1-y)]=(0.00556637)t+(-0.11916)$	Fruit disease severity	2018	

وقوع، شدت آلودگی برگ و شدت آلودگی خوشه، نشان دادند که در طی دو سال ۹۵-۹۶ و ۹۶-۹۷ بر اساس ضریب تبیین (R²)، ضریب تبیین تصحیح شده (aR²) و انحراف معیار (SEE) داده‌ها، مدل تک‌مولکولی، بهترین و قوی‌ترین مدل جهت توصیف و

بحث

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه رگرسیون خطی در ارزیابی مدل‌های مختلف اپیدمیولوژیکی رشد جهت توصیف منحنی‌های پیشرفت بیماری در سه سطح شامل سال، شهرستان و تاکستان و سه متغیر بیماری شامل میزان

حامل اسپوره‌های پراکنده‌شونده توسط باد بنام کنیدی تولید و کنیدی‌ها پس از جدا شدن از کنیدیوفورها توسط باد و دیگر ناقلین جابجا شده و بر روی بافت‌های سبز انگور خصوصاً برگ‌ها قرار گرفته که این می‌تواند به‌عنوان منبعی از زادمایه قارچ برای آلوده کردن حبه‌های در حال رشد عمل نماید و باعث آلودگی‌های جدید در تاکستان شود و بدین‌صورت آلودگی ثانویه در فصل بهار و تابستان در سطح تاکستان انتشار می‌یابد (Calonnec *et al.*, 2006; Wicks *et al.*, 2002). علاوه بر این اگر طی دوره آب‌وهوایی مساعد، هیچ روش کنترلی اعمال نشود، اسپورزایی این کنیدی‌های غیرجنسی روی بافت‌های حساس گیاه می‌تواند منجر به پراکنش بیشتر قارچ، ایجاد چرخه‌های ثانویه بیماری و خسارت شدید شود. میزان پراکنش کنیدی‌ها، همچنین می‌تواند تعیین‌کننده میزان گسترش زمانی و مکانی همه‌گیری این بیماری باشد (Choudhury *et al.*, 2018; Willocquet *et al.*, 1998). گزارش کرده‌اند که پتانسیل آلوده‌کنندگی قارچ *E. necator* به این دلیل است که این قارچ در طول فصل زراعی از آلودگی اولیه تا آلودگی ثانویه، پایدار می‌ماند. Aylor (1990) گزارش داده است که پراکنش کنیدی‌ها در بیماری‌های چندچرخه، یک عامل بسیار مهم محسوب می‌شود و خصوصاً در مورد بیماری‌هایی مانند سفیدک پودری انگور که به‌صورت هوازاد پراکنش می‌یابند، می‌تواند تعیین‌کننده میزان گسترش مکانی و زمانی همه‌گیری این بیماری باشد. Willocquet *et al.* (1998) نیز گزارش داده‌اند که رهاسازی اندام‌های تکثیری یک فرآیند بسیار مهم در گسترش زمانی بیماری‌های چندچرخه است و در شرایط میدانی، غلظت اسپوره‌های هوازاد، یک متغیر اپیدمیولوژیکی مناسب جهت مطالعه تأثیر عوامل محیطی بر پراکنش کنیدی‌ها محسوب می‌شود. همچنین بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده توسعه همه‌گیری و ایجاد چرخه‌های تکثیری بیماری سفیدک پودری انگور در طی فصل رشد دارای یک الگوی مکانی و زمانی بوده و به‌وسیله عوامل متعددی از جمله عوامل آب‌وهوایی و مدیریتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

مطالعه همه‌گیری بیماری سفیدک پودری انگور در منطقه سیستان بوده است. در پژوهش‌های متعددی مانند بررسی تجزیه زمانی همه‌گیری‌های ناشی از زنگ معمولی در ذرت (Alemayehu *et al.*, 2017)، بررسی الگوی پیشرفت زمانی پژمردگی ناشی از قارچ *Ceratocystis* در اکالیپتوس (Ferreira *et al.*, 2013)، تجزیه زمانی پیشرفت بیماری پوسیدگی ذغالی سیاه ریشه ناشی از قارچ *Macrophomina phaseolina* در درختان کاج (Arias *et al.*, 2013)، بررسی پیشرفت بیماری سوختگی برگ بادام ناشی از باکتری *Xylella fastidiosa* (Sisterson *et al.*, 2012)، مقایسه و بررسی الگوی پیشرفت زمانی دو همه‌گیری از پژمردگی‌های کاهو ناشی از دو قارچ *Sclerotinia minor* و *S. sclerotiorum* (Hao & Subbarao, 2005)، تجزیه زمانی و کمی همه‌گیری‌های زنگ هلو (Soto-Estrada & Adaskaveg, 2004)، بررسی الگوی زمانی پیشرفت همه‌گیری پژمردگی خالدار بادام‌زمینی (Camann *et al.*, 1995) و بررسی پیشرفت زمانی همه‌گیری‌های لکه‌برگی یونجه و شبدر سفید (Olanya & Campbell, 1990)، مدل تک‌مولکولی به‌عنوان بهترین مدل برای توصیف پیشرفت زمانی همه‌گیری‌ها معرفی شده است. مدل تک‌مولکولی برای توصیف پیشرفت بیماری‌هایی استفاده می‌شود که در آن‌ها گسترش ثانویه‌ایی از بیمارگر در طول فصل زراعی وجود ندارد، به‌عبارت‌دیگر یعنی بیماری تک‌چرخه است (Nutter, 2007) در صورتی که بیماری سفیدک پودری انگور یک بیماری چندچرخه بوده (Calonnec *et al.*, 2008; Heffer *et al.*, 2006) و دارای دو گسترش اولیه و ثانویه در سطح تاکستان است. Bulit & Lafon (1978) گزارش داده‌اند که عامل اولیه شروع همه‌گیری بیماری سفیدک پودری انگور، میسیلیوم‌های داخل جوانه‌های در حال خواب و یا آسکوسپورها در داخل کلیستوتسیوم‌ها هستند. از طرفی با توجه به چرخه زندگی قارچ عامل این بیماری، پس از شروع فعالیت‌های رشدی گیاه و شروع رشد و توسعه میسیلیوم‌های قارچی داخل جوانه‌های آلوده (گسترش اولیه)، از جوانه‌زنی این میسیلیوم‌ها، کنیدیوفورهای

پراکنش کنیدی‌های قارچ *E. necator* می‌شود، گزارش کردند که کنیدی‌های این قارچ به‌طور مقایسه‌ای، توانایی کمتری برای پراکنش توسط باد دارند و پراکنش آن‌ها در سطح تاکستان‌ها تنها مرتبط با وجود باد غالب در سطح کانوپی تاکستان نیست، بلکه پراکنش آن‌ها هنگامی است که توسط باران یا سایر سازوکارهای مداخله‌گر، بتوانند از سطح برگ‌ها جدا شوند. Willocquet & Clerjeau (1998) نیز پژوهش مشابهی جهت بررسی تأثیر باد در میزان پراکنش کنیدی‌های قارچ *E. necator* انجام دادند. نتایج آن‌ها نیز در راستای تأیید این نکته که کنیدی‌های این قارچ توانایی کمی برای پراکنش از طریق باد دارند، نشان داد که بیشترین پراکنش کنیدی‌ها در زمان‌های خاصی مانند زمانی که بارش‌های فشرده وجود داشته و یا سم‌پاش‌های با فشار هوای بالا در سطح تاکستان استفاده گردیده است، دیده شده است.

Willocquet & Clerjeau (1998) در خصوص تأثیر بارندگی در پراکنش کنیدی‌های قارچ *E. necator* نیز گزارش داده‌اند که بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، وجود بارندگی ملایم، از طریق دو سازوکار ریزش (Splash) و ضربه آهسته و پرتاب (Tap and Puff) می‌تواند باعث پراکنش کنیدی‌های قارچ‌های عامل بیماری سفیدک پودری شود. آن‌ها در پژوهش‌های خود نشان دادند که ریزش باران، عامل بسیار مهمی در پراکنش کنیدی‌های قارچ *E. necator* است. پراکنش کنیدی‌ها هنگام ریزش باران به علت حرکتی است که بر سطح برگ‌ها ایجاد می‌شود (Halleen & Holz, 2001). با توجه به نتایج پژوهش‌های بالا در خصوص تأثیر دو عامل آب‌وهوایی باد و باران بر پراکنش کنیدی‌های این قارچ، داده‌های هواشناسی مربوط به این دو عامل آب‌وهوایی در بازه زمانی ثبت مقادیر بیماری (ابتدای فروردین‌ماه لغایت انتهای خردادماه) در سطح تاکستان‌ها بررسی شد (کلیه آمارهای هواشناسی از اداره کل هواشناسی استان دریافت گردیدند). نتایج بررسی نشان دادند که در سال اول میانگین بیش‌ترین سرعت باد به ترتیب در سه شهرستان زابل، زهک و هامون ۱۴، ۱۱ و ۹/۴

پژوهش‌گران متعددی تأثیر عوامل مختلف محیطی مانند باد، باران، رطوبت نسبی و دما بر روی میزان پراکنش کنیدی‌های قارچ *E. necator* به‌عنوان عوامل گسترش ثانویه بیماری در سطح تاکستان‌ها را بررسی کرده‌اند (Carroll & Wilcox, 2003; Halleen & Holz, 2001; Willocquet *et al.*, 1998; Willocquet & Clerjeau, 1998; Delp, 1954). همچنین پژوهش‌های مختلفی در خصوص تأثیر عوامل مدیریتی خصوصاً استفاده و کاربرد ترکیبات مختلف قارچ‌کش در زمان‌های مختلف در طول دوره همه‌گیری این بیماری در سطح تاکستان‌ها به‌منظور کاهش پراکنش بیمارگر و توسعه بیماری انجام شده است (Thiessen *et al.*, 2017; Zadehdabagh, 2016; Kast & Bleyer, 2011; Magarey, 2010; Carisse *et al.*, 2009; Wicks *et al.*, 2002; Magarey *et al.*, 2000). باد یک عامل مهم در پراکنش کنیدی‌ها از سطح برگ‌ها است که این مورد هم در شرایط میدانی (Hammett & Manners, 1971) و هم در شرایط کنترل‌شده (Hammett & Manners, 1974) نشان داده شده است. باد ممکن است به‌صورت غیرمستقیم با تکان دادن برگ‌ها در سطح کانوپی تاکستان، پراکنش کنیدی‌ها را باعث شود (Bainbridge & Legg, 1976). بادهایی با سرعت کمتر از ۲/۳ متر بر ثانیه به‌عنوان کمترین سرعت باد، می‌توانند به‌طور مداوم باعث پراکنش کنیدی‌ها از سطح برگ‌ها شوند (Halleen & Holz, 2001). Willocquet *et al.* (1998) گزارش نموده‌اند که تأثیر باد بر پراکنش کنیدی‌ها، در مورد بیماری‌های مختلفی از جمله سفیدک‌های پودری و سایر قارچ‌ها اثبات شده است؛ البته مقدار رهاسازی کنیدی‌ها از زخم‌های موجود بر روی اندام‌های گیاهی، بستگی به سرعت باد دارد. آن‌ها گزارش کرده‌اند که کمترین سرعت باد موردنیاز جهت پراکنش کنیدی‌های قارچ *E. necator* در حدود ۲/۳ متر بر ثانیه است اما در مورد پراکنش کنیدی‌های عامل بیماری سفیدک پودری جو، این سرعت کمتر از ۰/۲ متر بر ثانیه بوده است که نشان می‌دهد برای جابجایی کنیدی‌های قارچ *E. necator* سرعت بالاتری از باد نیاز است. آن‌ها ضمن اینکه نشان دادند باد باعث

در توسعه این بیماری انجام شده است. (1995) Willocquet *et al.* و همچنین (1996) *al.* دمای مطلوب جهت شروع فعالیت قارچ در اوایل فصل رشد گیاه و توسعه این بیماری را ۲۰-۲۷ درجه سلسیوس (بهینه ۲۵-۲۴ درجه سلسیوس) گزارش کرده‌اند. داده‌های هواشناسی مربوط به بازه زمانی شروع فعالیت‌های رشدی گیاه یعنی فروردین ماه، از لحاظ دمایی با نتایج گزارش شده با پژوهش‌گران فوق هم‌خوانی دارد و در هر سه شهرستان و برای هر دو سال زراعی میانگین دمای هوا بین ۲۳/۱ تا ۲۳/۸ درجه سلسیوس بوده است که در دامنه دمایی مطلوب جهت شروع فعالیت‌های تکثیری قارچ *E. necator* است. از طرف دیگر، بررسی میانگین دمای دو ماه اردیبهشت و خرداد طی هر دو سال نشان می‌دهد که در این بازه زمانی، میانگین دما از ۳۰ درجه سلسیوس بیشتر بوده است (میانگین سه‌ماهه دما در سال اول ۳۱/۲۶ و در سال دوم ۳۰/۷۰ درجه سلسیوس). بر اساس بیش‌تر پژوهش‌های انجام شده در خصوص بررسی تأثیر دماهای مختلف بر میزان کنیدی‌زایی قارچ *E. necator*، دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس به‌عنوان شرایط دمایی نامطلوب برای کنیدی‌زایی قارچ عامل این بیماری معرفی شده است. *al.* Bendek *et al.* (2007) دماهای حدوداً ۳۰ درجه سلسیوس را برای توسعه ثانویه این بیماری زیان‌آور گزارش کرده‌اند. Fessler & Kassemeyer (1995) و Delp (1954) نیز گزارش کرده‌اند که دماهای بین ۳۲ تا ۳۵ درجه سلسیوس از جوانه‌زنی کنیدی‌ها ممانعت و دماهای حدود ۴۰ درجه سلسیوس به‌طور کامل باعث مرگ کنیدی‌ها می‌شود. Karbalaei-*al.* Khiavi *et al.* (2012) نیز گزارش داده‌اند که بیشترین رهاسازی کنیدی‌ها در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس است و دمای مطلوب جهت جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچی ۲۵ درجه سلسیوس است. بر اساس پژوهش‌های آن‌ها در دماهای زیر ۲۰ درجه سلسیوس رهاسازی کنیدی‌ها به تدریج کاهش یافته و وقتی دما از ۳۴ بیشتر شود رهاسازی کنیدی‌های قارچی که در این بیماری به‌عنوان عوامل گسترش

متر بر ثانیه و در سال دوم نیز به ترتیب ۱۹، ۱۲ و ۱۰ متر بر ثانیه بوده است. میانگین میزان بارندگی نیز به ترتیب برای هر سه شهرستان فوق در سال اول ۰/۱، ۰/۱ و ۰/۱ و در سال دوم ۰/۱، ۰/۲ و ۰ میلی‌متر بوده است (Meteorological Statistics, 2018). نتایج این بررسی نیز همسو با نتایج پژوهش‌های محققین دیگر (Willocquet *et al.*, 1998; Willocquet & Clerjeau, 1998)، در خصوص اینکه وجود باد به‌تنهایی جهت پراکنش کنیدی‌ها مؤثر نیست اما اگر در زمان‌های وجود باد، بارش‌های ملایم نیز رخ دهد بیشترین پراکنش کنیدی‌ها اتفاق می‌افتد، نشان دادند که در تمام بازه زمانی مربوط به ثبت داده‌های بیماری (شامل بازه ۹۰ روزه سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد) باد با سرعت‌های متفاوت وجود داشته است؛ اما بارندگی‌ها در کل این بازه زمانی به لحاظ تعداد و مقدار بسیار ناچیز نیز بوده است به‌طوری‌که در سال اول و دوم در شهرستان زابل، ۲ و ۴ نوبت و به میزان به ترتیب ۰/۱ و ۰/۱ میلی‌متر، در شهرستان زهک ۲ و ۶ نوبت و به میزان به ترتیب ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌متر و در شهرستان هامون ۳ و ۲ نوبت و به میزان به ترتیب ۰/۱ و ۰/۱ میلی‌متر بارندگی رخ داده است (Meteorological Statistics, 2018). از طرفی دو عامل مهم دیگر شامل دما و رطوبت که از مهم‌ترین عوامل مرتبط با توسعه بیماری در سطح تاکستان‌ها به شمار می‌روند، نیز بررسی شدند. نتیجه بررسی نشان داد که بر اساس عامل آب‌وهوایی دما، در سال زراعی اول و دوم میانگین دمای فروردین ماه که مصادف با زمان شروع فعالیت‌های رشدی گیاه و خصوصاً رشد جوانه‌های آلوده حاوی مسلیوم‌های قارچی بوده است، در سه شهرستان زابل، زهک و هامون به ترتیب ۲۳/۵، ۲۳/۷ و ۲۳/۱ (سال اول) و ۲۳/۶، ۲۳/۸ و ۲۳/۴ (سال دوم) درجه سلسیوس بوده است. از طرف دیگر میانگین دمای اردیبهشت و خردادماه به‌عنوان زمان‌های اوج بیماری در سال اول و دوم برای سه شهرستان فوق به ترتیب ۳۱/۵۵، ۳۱/۰۵ و ۳۱/۲۰ (سال اول) و ۳۰/۷۰، ۳۰/۵۰ و ۳۰/۹۰ (سال دوم) درجه سلسیوس بوده است (Meteorological Statistics, 2018). پژوهش‌های مختلفی در خصوص بررسی تأثیر دما

مطلوب‌ترین میزان رطوبت جهت رشد و اسپورزایی این قارچ را بین ۴۰ و ۵۰ تا ۱۰۰ درصد گزارش نموده‌اند. Bendek *et al.* (2007) رطوبت نسبی مطلوب جهت جوانه زنی کنیدی‌های قارچ عامل این بیماری جهت پراکنش در سطح تاکستان‌ها را بین ۴۷ تا ۹۰ درصد گزارش کرده‌اند. همچنین Carroll & Wilcox (2003) گزارش کرده‌اند که بنا بر پژوهش‌های پژوهش‌گران در مناطق مختلف جغرافیایی دنیا بین شدت این بیماری با میزان رطوبت هوا همبستگی وجود دارد. آن‌ها با بررسی تأثیر رطوبت بر روی توسعه بیماری سفیدک پودری انگور گزارش کردند رطوبت نقش مهمی را در مراحل مختلفی از چرخه زندگی این قارچ ایفا می‌کند که از جوانه‌زنی کنیدی‌ها گرفته تا توسعه کلنی‌سازی بر روی بافت‌های آلوده درختچه‌های انگور و در نهایت تولید کنیدی‌های اضافی و انتشار ثانویه آلودگی در سطح تاکستان. نتایج بررسی آن‌ها نشان دادند که وقوع و شدت بیماری سفیدک پودری انگور با افزایش رطوبت تا حدود ۸۵ درصد، افزایش پیدا کرده و یک رابطه خطی قوی و مثبت بین سطح رطوبت و میزان جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ عامل این بیماری وجود دارد. Delp (1954) نیز گزارش داده است که رطوبت نسبی پایین، توانایی جوانه‌زنی کنیدی‌ها و گسترش ثانویه بیماری در سطح تاکستان‌ها را کاهش می‌دهد. وی همچنین گزارش کرد که بین تیمارهای مختلف رطوبتی با جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ عامل این بیماری و توسعه اولیه و ثانویه مسیلیوم‌ها بر روی برگ‌های انگور ارتباط وجود دارد. از سوی دیگر، علاوه بر عوامل آب‌وهوایی، عوامل مدیریتی انجام گرفته در سطح تاکستان‌ها نیز بررسی شدند. بر اساس شناسنامه‌های زراعی تاکستان‌ها، در همه تاکستان‌های موردبررسی، مدیریت انجام گرفته برای کنترل بیماری صرفاً به صورت سم‌پاشی با گل گوگرد بوده است. میزان مصرف این ترکیب حدود ۶۰ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار بوده و لازم است در سه نوبت طبق فواصل زمانی منظم، سم‌پاشی تکرار شود؛ اما بیش‌تر باغداران در سطح منطقه از انجام کامل هر سه مرحله سم‌پاشی و

ثانویه بیماری در سطح تاکستان‌ها عمل می‌کنند، به طور کامل متوقف می‌شود؛ بنابراین بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام‌شده فوق و آمارهای هواشناسی مربوط به پژوهش حاضر، وجود دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس در بازه‌های زمانی موردبررسی، می‌تواند به عنوان عامل مهمی در کاهش رهاسازی کنیدی‌ها از مسیلیوم‌های سطحی و جوانه‌زنی آن‌ها بر روی بافت‌های جدید عمل کرده باشد. عامل رطوبت نسبی نیز به عنوان عامل آب‌وهوایی مهم دیگری که آن‌هم یک عامل بسیار مهم و حیاتی در جوانه‌زنی کنیدی‌ها و توسعه ثانویه همه‌گیری بیماری سفیدک پودری انگور در سطح تاکستان‌ها بشمار می‌رود، بررسی شد. در این پژوهش بر اساس عامل آب‌وهوایی رطوبت، در سال زراعی اول و دوم میانگین رطوبت نسبی فروردین‌ماه که مصادف با زمان شروع فعالیت‌های رشدی گیاه و خصوصاً رشد جوانه‌های آلوده حاوی مسیلیوم‌های قارچی است در سه شهرستان زابل، زهک و هامون به ترتیب ۴۴، ۴۰ و ۴۲ درصد (سال اول) و ۳۱، ۲۹ و ۳۱ درصد (سال دوم) بوده است. همچنین میانگین رطوبت نسبی در دو ماه اردیبهشت و خرداد، به ترتیب در سه شهرستان زابل، زهک و هامون در سال اول برابر با ۲۵، ۲۱ و ۲۲/۳ درصد و در سال دوم ۲۰/۵، ۱۸/۵ و ۲۵/۳ درصد بوده است (Meteorological Statistics, 2018). نتایج این بررسی، بیانگر وجود رطوبت بیشتر در اوایل فصل رشد (فروردین‌ماه) نسبت به طول دوره رشد گیاه (اردیبهشت و خردادماه) که بیشترین توسعه همه‌گیری بیماری نیز در این بازه زمانی رخ می‌دهد، بوده‌اند. پژوهش‌گران زیادی در مطالعات مربوط به بررسی زیست‌شناسی قارچ *E. necator* از رطوبت به عنوان عامل مهمی در رهاسازی آسکوسپورها از کلیستوتس‌ها و جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ عامل بیماری نام برده‌اند. Bendek *et al.*, 2007; Carroll & Wilcox, 2003; Delp, 1954; Gadoury *et al.*, 2012; Willocquet & Clerjeau, 1998) در پژوهشی که به منظور بررسی زیست‌شناسی و اپیدمیولوژی قارچ عامل این بیماری در استان اردبیل انجام داده‌اند،

سه مرحله سم‌پاشی (به ترتیب در اواخر زمستان و سپس اواسط مرحله گلدھی و ترش‌شدن غوره‌ها)، بیماری کاملاً کنترل و دیگر تا زمان برداشت محصول نیازی به کنترل بیماری نبود. (Wicks *et al.* 2002) نیز بهترین روش سم‌پاشی با ترکیبات گوگردی برای کنترل مطلوب این بیماری را در سه نوبت درست قبل از تورم جوانه‌ها، بعد از ریختن گلبرگ‌ها و تشکیل میوه و هم‌زمان با ظهور غوره‌های ترش انگور ذکر نموده‌اند. همچنین Kast & Bleyer (2011) نشان دادند که بهترین تأثیر ترکیبات سولفور علیه بیماری سفیدک پودری انگور به صورت کاربرد در فواصل کوتاه در دوره پنجره باز (مرحله‌ایی که حبه‌های انگور به اندازه ۲ میلی‌متر هستند) و به ترتیب در زمان‌های قبل از گلدھی، در طی شکوفه‌دهی و طی تشکیل غوره‌های سبز انگور است و در سایر زمان‌ها ارتباط بسیار کمی بین زمان استفاده از قارچ‌کش‌ها و سطح نهایی بیماری مشاهده شد. (Magarey 2010) و همچنین Magarey *et al.* (2000) نیز گزارش داده‌اند که کاربرد ترکیبات قارچ‌کش در زمستان و در فاز تأخیری قارچ، به دلیل پایین بودن سطح زامایه قارچ، کنترل مؤثرتری برای این بیماری ایجاد می‌کند که نهایتاً منجر به کاهش آلوده‌سازی جوانه‌ها شده و در نتیجه گسترش بیماری در سال آینده نیز کاهش پیدا می‌کند. این بیماری عموماً با کاربرد دوره‌ای قارچ‌کش‌ها به صورت کاربرد چهار تا هشت سم‌پاشی در طول فصل کنترل می‌شود. هرچند که توصیه می‌شود برنامه‌های سم‌پاشی در مراحل مشخصی از دوره رشد انگور استفاده شوند اما اغلب تا موقعی که بیماری در تاکستان رؤیت نشود بکار برده نمی‌شوند. پیشگیری‌های انجام‌شده برای این بیماری در طی فصل جاری، از تولید اندام‌های زمستان‌گذرانی که تا شروع فصل رشد جدید بقا می‌یابند جلوگیری می‌کند؛ بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که شرایط آب‌وهوایی موردبررسی، در فروردین‌ماه برای کینیدی‌زایی قارچ مساعد بوده است اما در اردیبهشت‌ماه و خردادماه این شرایط جهت کینیدی‌زایی قارچ در سطح تاکستان‌ها، چندان مطلوب

بکار بردن دوز توصیه‌شده جهت کنترل بیماری بنا بر دلایل اقتصادی اجتناب می‌کنند. گوگرد معمولاً به شکل گرد یا پودر و قابل استفاده می‌شود که فرم گرد آن مناسب مناطق دارای آب‌وهوای خشک و فرم پودر و قابل آن مناسب مناطق مرطوب است (Khabazejolafaii, 2015). بررسی داده‌های ثبت‌شده مربوط به عوامل مدیریتی به تفکیک هر تاکستان نشان داد که در طی هر دو سال زراعی، در سطح تعدادی از تاکستان‌های منطقه سیستان، سم‌پاشی با گل گوگرد در دو نوبت، یکی در اواخر زمستان (اسفندماه) و دیگری در اوایل بهار (اواسط فروردین)، انجام گرفته است. سم‌پاشی‌های انجام‌شده در اواخر زمستان دارای تأثیر کنترلی بر بقای فرم‌های زمستان‌گذران قارچ و سم‌پاشی‌های انجام‌شده در اواسط فروردین باعث کنترل رشد و کاهش توسعه میسلیم‌های سطحی قارچ که عامل رهاسازی کینیدی‌ها جهت توسعه ثانوی بیماری در سطح تاکستان هستند، می‌شود. البته مقدار قارچ‌کش استفاده‌شده (کیلوگرم در هکتار) و تعداد تاکستان‌های دارای سم‌پاشی در هر نوبت در هر سال متفاوت بوده است؛ بدین صورت که در سال اول و دوم از مجموع کل ۳۰ تاکستان، تعداد تاکستان‌های سم‌پاشی شده در اسفندماه و اواسط فروردین به ترتیب در سال اول ۵ و ۹ (مجموعاً ۴۶ درصد) و در سال دوم ۷ و ۱۴ (مجموعاً ۷۰ درصد) بوده است. همچنین میزان سم مصرفی در مجموع برای تاکستان‌های فوق در سال اول و دوم به ترتیب ۱۶۸ و ۲۵۷ کیلوگرم در هکتار بوده است. نتایج این قسمت از بررسی نشان می‌دهد که بیشتر سم‌پاشی‌ها در بازه زمانی اواسط فروردین انجام شده‌اند که در همین بازه زمانی نیز به دلیل مساعد بودن شرایط به صورت وجود دمای بهینه و رطوبت بالا به عنوان عوامل تأثیرگذار اصلی در پراکنش کینیدی‌ها، بیماری در حال توسعه در سطح تاکستان بوده است (آمارهای هواشناسی مربوط به این بازه زمانی در بخش قبلی ارائه گردیده است). در خصوص تأثیر سم‌پاشی در زمان‌های مختلف بر کنترل این بیماری پژوهش‌های مختلفی نیز انجام شده است. Zadehdabagh *et al.* (2016) نشان دادند که با انجام

شده است. البته (Arneson 2001) نیز گزارش داده است که این امر کاملاً امکان پذیر است که یک سری داده، به طور مساوی با مدل های تک چرخه ای و چند چرخه ای برازش نشان دهند و ممکن است که داده هایی از یک همه گیری تک چرخه ای، برازش بهتری با یک مدل چند چرخه ای بدهد و یا داده هایی از همه گیری یک بیماری چند چرخه ای برازش بهتری با یک مدل تک چرخه ای داشته باشند. این وضعیت در بررسی حاضر نیز مشاهده گردید، زیرا مدل تک مولکولی که برای توصیف همه گیری بیماری های تک چرخه است توانست پیشرفت یک بیماری چند چرخه مانند سفیدک پودری انگور را تا حد بسیار قابل قبولی توصیف نمایند.

نتیجه گیری کلی

در پایان بر اساس نتایج کلی این پژوهش می توان از دلایل اصلی تغییر رفتار همه گیری بیماری سفیدک پودری انگور مشابه یک بیماری تک چرخه، به عدم وجود بارندگی های ملایم و مستمر به عنوان عامل کمکی جهت پراکنش کنیدی ها توسط باد در طول دوره همه گیری این بیماری، سم پاشی های انجام شده به عنوان یک عامل کنترلی مهم و مؤثر بر کاهش توسعه مسلیوم های سطحی قارچ و کاهش رهاسازی کنیدی ها در بازه زمانی فروردین ماه و همچنین شرایط نامساعد آب و هوایی به صورت وجود رطوبت پایین و دمای بالا در بازه زمانی اردیبهشت و خرداد ماه که هم زمان با توسعه مراحل رشدی و باردهی درختچه های انگور در سطح منطقه سیستان است، اشاره کرد. در نتیجه همه این عوامل به طور مرتبط با هم با تأثیر منفی بر پراکنش و جوانه زنی کنیدی ها، باعث کاهش نرخ توسعه بیماری و تغییر رفتار همه گیری این بیماری در پژوهش حاضر گردیده اند.

نبوده است و با وجود چنین شرایط نامساعدی، کنیدی زایی قارچ و ایجاد چرخه های ثانویه بیماری در سطح تاکستان ها، کاهش داشته است. وجود باد بدون وجود بارش های مستمر و ملایم، رطوبت پایین در دوماه اردیبهشت و خرداد به همراه وجود دماهای بالا در این دو ماه که در بخش قبلی به آن اشاره گردید، به عنوان عوامل آب و هوایی مهم و البته نامساعد جهت کنیدی زایی قارچ عامل بیماری و تکثیر و گسترش ثانویه بیمارگر در سطح تاکستان ها عمل کرده اند. از طرفی اگرچه در فروردین ماه شرایط دمایی و رطوبتی جهت توسعه بیماری مساعد بوده است، اما سم پاشی های انجام شده در این بازه زمانی، باعث گردیده که بیمارگر علی رغم وجود شرایط آب و هوایی مساعد، تحت کنترل قرار گرفته و تکثیر و پراکنش آن در سطح تاکستان، محدود شود. در نهایت می توان متذکر شد که این شرایط نامساعد جهت کنیدی زایی قارچ در بازه زمانی مورد بررسی، به لحاظ آب و هوایی و مدیریتی، با کاهش گسترش بیماری در سطح تاکستان، آلودگی ثانویه را کاهش داده و منجر به کاهش نرخ توسعه بیماری در سطح تاکستان ها شده است. در نتیجه با پایین آمدن نرخ توسعه بیماری در سطح تاکستان، رفتار همه گیری، مشابه یک بیماری تک چرخه تغییر یافته است و بنابراین، توصیف رفتار همه گیری این بیماری چند چرخه توسط یک مدل تک چرخه مانند مدل تک مولکولی کاملاً منطقی به نظر می رسد. علاوه بر این پژوهش، در پژوهش های اپیدمیولوژیکی بیماری های چند چرخه دیگری مانند زنگ معمولی در ذرت (Alemayehu et al., 2017)، بررسی پیشرفت زمانی بیماری سیگاتوکای موز (Rocha et al., 2012)، اپیدمیولوژی و وضعیت بلایت گردو (Lang & Evans, 2010) و تجزیه کمی و زمانی پیشرفت بیماری زنگ برگی هلو (Soto-Estrada & Adaskaveg, 2004)، مدل تک مولکولی به عنوان بهترین مدل جهت توصیف همه گیری بیماری انتخاب

REFERENCES

1. Aghajani, M. A., Safaie, N. & Alizadeh, A. (2010). Disease Progress Curves of Sclerotinia Stem Rot of Canola Epidemics in Golestan Province, Iran. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 12, 471-478.

2. Agricultural statistics 2016. (2017). Ministry of agriculture, economic and planning assistance, information and communication technology center. Third volume, horticultural products 239 p (in Persian).
3. Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. pp. 510-514.
4. Alemayehu, H., Tajudin, A., Belay, H., Messeret, N. & Demissew, A. (2017). Characterization of Temporal Attribute of Common rust Epidemics of Maize in Ethiopia. *Agricultural Research and Technology*, 8(3), ARTOAJ.MS.ID. 555739.
5. Arias, S. G., Pons, R. R. & Stowasser, E. S. V. (2013). Temporal analysis of charcoal root rot in forest nurseries under different pathogen inoculum densities and soil moisture content. *Tropical Plant Pathology*, 38(3), 179-187.
6. Arneson, P. A. (2001). Plant Disease Epidemiology. *The Plant Health Instructor*, DOI: 10.1094/PHI-A-2001-0524-01.
7. Aylor, D. E. (1990). The role of intermittent wind in the dispersal of fungal pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 28, 73-92.
8. Bainbridge, A. & Legg, B. J. (1976). Release of barley-mildew conidia from shaken leaves. *Transactions of the British Mycological Society*, 66, 495-508.
9. Behdad, E. (1988). *Pests and diseases of forest trees shrubs and ornamental plants of Iran*. Esfahan, Sepehr Publication. pp. 807.
10. Bendek, C. E., Campbell, P. A., Torres, R., Donoso, A. & Latorre, B. A. (2007). The risk assessment index in grape powdery mildew control decisions and the effect of temperature and humidity on conidial germination of *Erysiphe necator*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(4), 522-532.
11. Bowen, K. L. (1997) Francl, L. J. and Neher, D. A. (eds.), Analytical Models of Disease Progression: *Exercices in Plant Disease Epidemiology*. (pp. 16-19). APS Press, St. Paul, MN.
12. Bowers, J. H. & Kinkel, L. L. (1997) Francle, L. J., and Neher, D. A. (eds), Interactive modeling of disease progress curves: *Exercices in plant disease epidemiology*. (pp. 20-23). The American Phytopathological Society, St. Paul. MN. pp. 233.
13. Bulit, J. & Lafon, R. (1978) Spencer, D.M. (eds.), Powdery Mildew of the Vine: *The powdery mildews*. (pp. 525-548). Academic Press. New York.
14. Calon nec, A., Cartolro, P., Poupot, C., Dubourdiou, D. & Darriet, P. (2004). Effects of *Uncinula necator* on the yield and quality of grapes (*Vitis vinifera*) and wine. *Plant Pathology*, 53, 434-445.
15. Calon nec, A., Cartolaro, P., Delière, L. & Chadoeuf, J. (2006). Powdery mildew on grapevine: the date of primary contamination affects disease development on leaves and damage on grape. *Integrated Protection in Viticulture*, 29(11), 67-73.
16. Calon nec, A., Cartolaro, P., Naulin, J. M., Bailey, D. & Langlais, M. (2008). A host-pathogen simulation model: powdery mildew of grapevine. *Plant Pathology*, 57, 493-508.
17. Calon nec, A., Cartolaro, P. & Chadœuf, J. (2009). Highlighting features of spatio temporal spread of powdery mildew epidemics in the vineyard using statistical modeling on field experimental data. *Phytopathology*, 99, 411-422.
18. Camann, M. A., Culbreath, A. K., Pickering, J., Todd, J. W. & Demski, J. W. (1995). Spatial and temporal patterns of spotted wilt epidemics in peanut. *Phytopathology*, 85, 879-885.
19. Campbell, C. L. & Madden, L. V. (1990). *Introduction to plant disease epidemiology*. John Wiley and Sons, New York. 532 p.
20. Cardoso, J. E., Santos, A. A., Rossetti, A. G. & Vidal, J. C. (2004). Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology*, 53, 363-367.
21. Carisse, O., Bacon, R. & Lefebvre, A. (2009). Grape poedery midew (*Erysiphe necator*) risk assessment based on airborne conidium concentration. *Crop Protection*, 28, 1036-1044.
22. Carroll, J. E. & Wilcox, W. F. (2003). Effects of humidity on the development of grapevine powdery mildew. *Phytopathology*, 93, 1137-1144.
23. Choudhury, R. A., Mahaffee, W. F., McRoberts, N. & Gubler, W. D. (2018). Modeling uncertainty in grapevine powdery mildew epidemiology using fuzzy logic. *Plant Disease*. <http://dx.doi.org/10.1101/264622> .
24. Contreras-Medina, L. M., Torres-Pacheco, I., Guevara-González, R. G., Romero-Troncoso, R. J., Terol-Villalobos, I. R. & Osornio-Rios, R. A. (2009). Mathematical modeling tendencies in plant pathology. *African Journal of Biotechnology*, 8(25), 7399-7408.
25. Cooke, B. M., Gareth Jones, D. & Kaye, B. (2006) Modelling and interpreting disease progress in time: *The Epidemiology of Plant Diseases* (pp. 215-235). 2nd edition, Springer. Netherlands.
26. Delp, C. L. (1954). Effect of temperature and humidity on the grape powdery mildew fungus. *Phytopathology*, 44, 515-525.

27. Fathi, H. & Karbalaeei-Khiavi, H. (2012). Study of biology and epidemiology of *Uncinula necator* caused powdery mildew disease. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(3), 56-61.
28. Ferreira, M. A., Harrington, T. C., Gongora-Canul, C. C., Mafia, R. G., Zauza, E. A. V. & Alfenas, A. C. (2013). Spatial-temporal patterns of Ceratocystis wilt in *Eucalyptus plantations* in Brazil. *Forest Pathology*, 43, 153-164.
29. Fessler, C. & Kassemeyer, H. H. (1995). The influence of temperature during the development of conidia on the germination of *Uncinula necator*. *Vitis*, 34, 63-64.
30. Gadoury, D. M., Seem, R. C., Ficke, A. & Wilcox, W. F. (2001). The epidemiology of powdery mildew on Concord grapes. *Phytopathology*, 91, 948-955.
31. Gadoury, D. M., Cadle-Davidson, L., Wilcox, W. F., Dry, I. B., Seem, R. C. & Milgroom, M. G. (2012). Grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*): a fascinating system for the study of the biology, ecology and epidemiology of an obligate biotroph. *Molecular Plant Pathology*, 13(1), 1-16.
32. Halleen, F. & Holz, G. (2001). An overview of biology, epidemiology and control of *Uncinula necator* (powdery mildew) on grapevine, with reference to South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 22(2), 111-121.
33. Hammett, K. R. W. & Manners, J. G. (1971). Conidium liberation in *Erysiphe graminis*. I. Visual and statistical analysis of spore trap records. *Transactions of the British Mycological Society*, 56, 387-401.
34. Hammett, K. R. W. & Manners, J. G. (1974). Conidium liberation in *Erysiphe graminis*. III. Wind tunnel studies. *Transactions of the British Mycological Society*, 62, 267-282.
35. Hao, J. J. & Subbarao, K. V. (2005). Comparative analyses of lettuce drop epidemics caused by *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. *Plant Disease*, 89, 717-725.
36. Heffer, V., Johnson, K. B. Powelson, M. L. & Shishkoff, N. (2006). Identification of Powdery Mildew Fungi anno 2006. *The Plant Health Instructor*.
37. Karbalaeei-Khiavi, H., Shikhliniski, H., BabaeiAhari, A. & Akrami, M. (2012). Evaluation of different grape varieties for resistance to powdery mildew caused by *Uncinula necator*. *African Journal of Agricultural Research*, 7(29), 4182-4186.
38. Karbalaeei-Khiavi, H., Shikhliniski, H., BabaeiAhari, A., Heydari, A. & Akrami, M. (2012a). Study on the Biology and Epidemiology of *Uncinula necator*—The Causal Agent of Grape Powdery Mildew Disease. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 1, 574-579.
39. Kast, W. K. & Bleyer, K. (2011). Efficacy of sprays against grapevine powdery mildew. *Journal of Plant Pathology*, 93, (1, Supplement) S1.29-S1.32.
40. Khabazejolaifaii, H. (2015). *Identification and Management of Powdery Mildew and Downy Mildew of Grape*. Iranian Institute of Plant Protection Research. Promotional Journal. pp. 22.
41. Kohkan, Sh. A., Ghanbari, A., Asgharipour, M. R. and Fakheri, B. A. (2017). Emergency evaluation of Yaghuti grape of Sistan. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 7(2), 73-84 (in Persian with English Summary).
42. Lang, M. D. & Evans, K. J. (2010). Epidemiology and status of walnut blight in Australia. *Journal of Plant Pathology*, 92(1), 49-55.
43. Magarey, P. A., Magarey, R. D. & Emmett R. W. (2000) Willer H, Meier U, (eds), Principles for managing the foliage diseases of grapevine with low input of pesticides: *Proceedings 6th International Congress on Organic Viticulture*. (pp. 140-148). Frick, Switzerland: FiBL.
44. Magarey, P. A. (2010). *Managing Powdery Mildew* (Doing it better). Grape and Wine Research and Development Corporation. GWRDC Innovators Network. www.gwrdc.com.au.
45. Meteorological Statistics. (2018). Statistics unit of Sistan and Baluchestan meteorological office.
46. Miclot, A., Wiedemann-Merdinoglu, S., Duchêne, E., Merdinoglu, D. & Mestre, P. (2012). A standardised method for the quantitative analysis of resistance to grapevine powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology*, 133, 483-495.
47. Moyer, M. M., Gadoury, D. M., Magarey, P. A., Wilcox, W. F. & Seem, R. C. (2010). Development of an advisory system for grapevine powdery mildew in eastern North America: A reassessment of epidemic progress. Online. *Plant Health Progress*. doi:10.1094/PHP-2010-0526-02-SY.
48. Nutter, F. W., Jr. (2007) A. Ciancio and K. G. Mukerji, (eds), The role of plant disease epidemiology in developing successful integrated disease management programs: *General Concepts in Integrated Pest and Disease Management*. (pp. 45-79). Springer, Dordrecht, The Netherlands.
49. Olanya, O. M. & Campbell, C. L. (1990). Analysis of epidemics of *leptophaerulina* leaf spot on alfalfa and white clover in time and space. *Phytopathology*, 80, 1341-1347.

50. Rocha, H. S., Pozza, E. A., Uchoa, C. D. N., Cordeiro, Z. J. M., Souza, P. E. D., Sussel, A. A. B. & Rezende, C. A. D. (2012). Temporal progress of yellow sigatoka and aerobiology of *Mycosphaerella musicola* spores. *Journal of Phytopathology*, 160(6), 277-285.
51. Sall, M. A. (1980). Epidemiology of grape powdery mildew: a model. *Phytopathology*, 70, 338-342.
52. Salman, M., Hawamda, A. A., Al-AshqarAmarni, A., Rahil, M., Hajjeh, H., Natsheh, B. & Abuamsha, R. (2011). Evaluation of the Incidence and Severity of Olive Leaf Spot Caused by *Spilocaea oleagina* on Olive Trees in Palestine. *American Journal of Plant Sciences*, 2(3), 457-460.
53. Shahrokhnia, M. A. & Karami, M. J. (2017). Effect of different amounts of irrigation water on the yield of Yaghuti grape. *Journal of water and irrigation engineering*, 7(28), 108-122 (in Persian with English Summary).
54. Singh, P. N., Singh, S. K., Tetali, S. P. & Lagashetti, A. C. (2017). Biocontrol of powdery mildew of grapes using culture filtrate and biomass of fungal isolates. *Plant Pathology and Quarantine*, 7(2), 181-189.
55. Sisterson, M. S., Ledbetter, C. A., Chen, J., Higbee, B. S., Groves, R. L. & Daane, K. M. (2012). Management of almond leaf scorch disease: Long-term data on yield, tree vitality, and disease progress. *Plant Disease*, 96, 1037-1044.
56. Soto-Estrada, A. & Adaskaveg, J. E. (2004). Temporal and quantitative analyses of stem lesion development and foliar disease progression of peach rust in California. *Phytopathology*, 94, 52-60.
57. Thiessen, L. D., Neill, T. M. & Mahaffee, W. F. (2017). Timing Fungicide Application Intervals Based on Airborne *Erysiphe necator* Concentrations. *Plant Disease*, 101, 1246-1252.
58. Voytovich, K. A. (1987). New complex resistant table grape cultivars and methods for breeding. *Kartya Moldovenyaske, Kishinev, Moldova*. pp. 225.
59. Wicks, T., Hitch, C. & Hall, B. (2002). Controlling Powdery Mildew: What to spray and When? *The Australian Journal of Grape and Wine Research*, 59, 132-139.
60. Willocquet, L., Colombet, D., Rougier, M., Fargues, J. & Clerjeau, M. (1996). Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth of grape powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology*, 102, 441-449.
61. Willocquet, L., Berud, F., Raoux, L. & Clerjeau, M. (1998). Effects of wind, relative humidity, leaf movement and colony age on dispersal of conidia of *Uncinulla necator*, causal agent of grape powdery mildew. *Plant Pathology*, 47, 234-242.
62. Willocquet, L. & Clerjeau, M. (1998). An analysis of the effects of environmental factors on conidial dispersal of *Uncinulla necator* (grape powdery mildew) in vineyards. *Plant Pathology*, 47, 227-233.
63. Zadehdabagh, G., Shafeizarghar, A. & Barzkar, M. (2016). Evaluation of important diseases of grapes and environmental stresses in grape vines Khuzestan. *First National Symposium on Small Fruits*, September 2015, Bu Ali Sina University.