

مدلسازی و پیش‌آگاهی تأثیر متغیرهای هواشناسی بر جمعیت قارچ عامل شیوع لکه موجی سیب‌زمینی (Early blight)

وحید ورشایان^۱، نوذر قهرمان^{۱*}، محمد جوان نیکخواه^۲، عبدالمجید لیاقت^۱، بهمن فرهادی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۶

چکیده

بیماری لکه موجی (Early blight) توسط قارچ *Alternaria solani* به وجود می‌آید. بیماری در شرایط رطوبت زیاد هوا و یا وجود آب روی برگ به خوبی گسترش می‌یابد. اسپوره‌های قارچ توسط باد و باران به برگ‌های سالم منتقل می‌شوند. رطوبت بالا و دمای بین ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شبنم، بارندگی و آبیاری بارانی گسترش آن را افزایش می‌دهد. هدف از این تحقیق، مطالعه تأثیر متغیرهای هواشناسی (دما، رطوبت نسبی، بارش) بر جمعیت اسپور قارچ عامل بیماری و پیش‌آگاهی لکه موجی سیب‌زمینی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در کرمانشاه بوده است. به این منظور پس از کشت سیب‌زمینی علائم بیماری در مزرعه پایش و تغییرات جمعیتی اسپور قارچ عامل بیماری ثبت گردید. از سوی دیگر دو مدل پیش‌آگاهی لکه موجی سیب‌زمینی با استفاده از داده‌های ایستگاه خودکار مزرعه و نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی منطقه (فرودگاه کرمانشاه) ارائه و ارزیابی گردید. به علاوه، همبستگی بین جمعیت اسپوره‌های موجود در هوا و متغیرهای هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی بین جمعیت اسپور قارچ عامل بیماری لکه موجی با دمای بیشینه و کمینه هوا در سطح یک درصد و با رطوبت نسبی در سطح پنج درصد معنی‌دار است. بر اساس این نتایج، یک مدل تجربی پیش‌آگاهی بیماری لکه موجی سیب‌زمینی در غرب کشور ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: آلترناریا، پیش‌آگاهی، سیب‌زمینی، کرمانشاه، مدل

مقدمه

برگی سرکوسپورایی، لکه برگی فومایی، کپک‌های خاکستری و سفید، پوسیدگی ساقه، زنگ معمولی و زنگ بدشکلی اشاره کرد (پاولسن^۴، ۱۹۹۳؛ استیونسن^۵ و همکاران، ۲۰۰۱). بیماری لکه موجی سیب‌زمینی یک بیماری برگی است که توسط قارچ *Alternaria solani* به وجود می‌آید. بیماری در شرایط فراوانی رطوبت هوا و یا وجود آب روی برگ به خوبی گسترش می‌یابد. علائم اولیه بیماری پیدایش نقاط قهوه‌ای تا سیاه‌رنگی به قطر پنج میلی‌متر است که به صورت حلقه‌های متحدالمرکز دیده می‌شوند. در صورت توسعه بیماری، لکه تمامی سطح برگ را فرا گرفته و برگ به طور کامل از بین می‌رود. در اثر فعالیت قارچ بر روی غده، ماده‌ای سمی در غده تجمع می‌یابد که برای سلامت انسان بسیار خطرناک است (استیونسن و همکاران، ۲۰۰۱). عامل بیماری روی

سیب‌زمینی با توجه به ویژگی‌ها و شرایط کشت، مورد تهدید انواع بیماری‌ها قرار دارد. از مهم‌ترین بیماری‌های قارچی که در بخش هوایی سیب‌زمینی رخ می‌دهد و به تبع آن در سایر بخش‌های گیاه (طوقه، ریشه، استولون و غده‌ها) هم موجب آسیب‌هایی می‌شود؛ می‌توان به بیماری لکه موجی، بادزدگی، سفیدک پودری، لکه برگی سپتوریایی، لکه

^۱ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(* نویسنده مسئول: nghahreman@ut.ac.ir)

^۲ گروه گیاهپزشکی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۳ گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه

^۴ Powelson

^۵ Stevenson

گرگان استفاده گردید. برای این منظور، ۲۴ متغیر آب و هوایی در شش دوره زمانی با استفاده از روش‌های آماری رگرسیون لجستیک^۳ و تجزیه تابع تشخیص^۴ مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از مقایسه مدل‌های آماری ساخته شده، مشخص گردید که چهار مدل دو متغیره با استفاده از متغیرهای میزان بارندگی، تعداد روزهای بارانی، بیشینه نسبی درجه حرارت هوا و بیشینه نسبی رطوبت نسبی هوا از دقت کلی ۸۰ تا ۱۰۰ درصد برخوردار بودند. میرشکار (۱۳۹۱) همه‌گیرشناسی بیماری لکه موی سیب‌زمینی را در منطقه بسطام بررسی نمود. هدف از این تحقیق به دست آوردن بهترین مدل برای بررسی وقوع و شدت بیماری و روابط آن، پیش‌آگاهی بیماری مذکور در منطقه و مطالعه روند پیشرفت بیماری تحت شرایط جوی بود. بر اساس نتایج به دست آمده، مدل آلومتری^۵ بهترین مدل از لحاظ آلودگی مزارع در چهار منطقه مورد بررسی تعیین گردید. صدراوی (۱۳۹۲) مدل پیش‌آگاهی زنگ زرد گندم را معرفی نمود. در این مدل، بر اساس ردیابی بیماری و شدت آن در طی سال، بررسی عوامل آب و هوایی مؤثر بر بیماری، واکنش ارقام تحت کشت در منطقه و مرحله رشد گیاه به هنگام بروز بیماری، زمان مناسب سم‌پاشی و تعداد دفعات آن تعیین گردید. همچنین در نرم‌افزار طراحی شده، در مورد اهمیت بیماری در ایران و جهان، نشانه‌های آن، عامل بیماری، عوامل مؤثر در شیوع بیماری، مدل پیش‌آگاهی و مراحل اجرایی آن و سموم مناسب برای مبارزه با بیماری توضیحاتی داده شده است. هدف از این تحقیق، بررسی اثر متغیرهای آب و هوایی بر پیش‌آگاهی و جمعیت اسپور قارچ عامل بیماری لکه موی سیب‌زمینی در منطقه کرمانشاه بود.

مواد و روش‌ها

مزرعه تحقیقاتی

برای انجام این تحقیق، مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در غرب کشور که مجهز به ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی و یک ایستگاه هواشناسی خودکار با حسگرهای تحقیقاتی کامل است؛

بقایای گیاهی زمستان‌گذرانی می‌کند. علائم بیماری معمولاً از برگ‌های پایینی گیاه (برگ‌های مسن) و به صورت لکه‌های بافت مرده گرد، بیضوی یا زاویه‌دار به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه، اغلب دارای حلقه‌های متحدالمرکز (مخصوصاً در لکه‌های وسیع) و گاهی بدون تشکیل این حلقه‌ها شروع می‌شود و به تدریج به بخش‌های بالاتر توسعه می‌یابد. در ساقه علائم به صورت لکه‌های کشیده، به رنگ قهوه‌ای تا سیاه رنگ است. در غده نیز لکه‌ها فرورفته و با حاشیه برجسته می‌باشند که معمولاً سطحی بوده و در حاشیه توسط لایه چوب‌پنبه‌ای به رنگ قهوه‌ای از بافت سالم جدا می‌شوند. خاک آلوده، بقایای گیاهی آلوده و بذر آلوده به‌عنوان منابع اصلی آلودگی محسوب می‌شوند و اسپورهای این قارچ توسط باد و باران به برگ‌های سالم منتقل می‌گردند (استند و بگز^۱، ۲۰۰۴). رطوبت بالا و دمای بین ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شبنم، بارندگی و آبیاری بارانی باعث گسترش بیشتر این بیماری می‌شوند. توصیه می‌شود که حدود شش روز قبل از ظهور اولین نشانه‌های بیماری سم‌پاشی آغاز و هر هفته نیز تکرار شود (استیونسون و همکاران^۲، ۲۰۰۱). بنابر این پیش‌آگاهی این بیماری قبل از وقوع امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. تحقیقات متعددی روی محصولات گوناگون در زمینه پیش‌آگاهی بیماری‌های گیاهی در ایران انجام شده است. نارویی (۱۳۸۷) از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل پیش‌آگاهی آتشک گلابی را برای ایران ارائه کرد. دو عامل رطوبت و دما مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وقوع همه‌گیری این بیماری هستند و در این بین نقش دما مهم‌تر ارزیابی گردیده است. در نتیجه با استفاده از مدل پیش‌آگاهی آتشک گلابی می‌توان به کشاورزان و کارشناسان منطقه اطلاعات لازم را جهت پیش‌گیری ارائه نمود و نیز از کشت درختان میزبان بیماری و تأسیس نهالستان در نقاط مستعد اجتناب نمود. آقاجانی (۱۳۹۱)، احتمال وقوع بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب‌زمینی را در گرگان بر اساس شرایط آب و هوایی بررسی نمود. برای پیش‌بینی احتمال وقوع همه‌گیری بیماری، از اطلاعات ثبت‌شده همه‌گیری بیماری طی ۱۰ سال اخیر و داده‌های آب و هوایی اطراف

³ Logistic Regression

⁴ Discriminate Function Analysis

⁵ Allometric model

¹ Stennett & Beggs

² Stevenson et al.

اسپورگیر بورکارد که به‌صورت هفت‌روزه اسپورها را جمع-آوری می‌کرد؛ تغییرات جمعیتی اسپورهای موجود در هوا پایش شد. راه‌اندازی دستگاه اسپورگیر از یازدهم اردیبهشت ۱۳۹۳ مطابق با اول ماه می آغاز گردید. بوته‌های سیب‌زمینی کشت شده در مزرعه در طول کشت از نظر وجود علائم بیماری و شدت آلودگی به بیماری لکه موی مورد پایش قرار گرفتند.

تأمین مایه بیمارگر عامل بیماری در مزرعه

در این مرحله به‌منظور اطمینان از حضور عامل بیمارگر در مزرعه و پایش آستانه‌های شیوع بیماری، اقدام به کشت و تکثیر قارچ عامل بیماری در محیط کشت آزمایشگاهی گردید. این اسپورها پس از تکثیر، به‌منظور اطمینان از حضور بیمارگر در سطح مزرعه آزمایشی، به‌صورت یکنواخت اسپری گردید. با این کار از بین سه عنصر میزبان، بیمارگر و شرایط محیطی دو عامل اول مهیا گردیده و شرایط محیطی مساعد برای شیوع بیماری مطالعه شد. البته از آنجاکه این عملیات در محل کشت سال قبل که به این بیماری آلوده بود، انجام شد؛ احتمال وقوع بیماری بسیار بالا بود. پس از ظهور علائم آلودگی در مزرعه، شدت آلودگی به بیماری لکه موی با در نظر گرفتن معیار شدت آلودگی (جدول ۲)، در مزرعه ارزیابی گردید.

ساختمان اسپورگیر^۱ و روش کار

در این تحقیق از اسپورگیر حجمی مدل بورکارد^۲ (۱۹۵۲) استفاده گردید. این دستگاه به‌منظور پایش اسپور قارچ‌ها و گرده گیاهان جهت استفاده در تحقیقات کشاورزی، پزشکی و محیط‌زیست به‌کار می‌رود.

آماده‌سازی دستگاه اسپورگیر

برای این کار درپوش دستگاه را باز کرده و درام^۳ از محل استقرار خود خارج گردید. این قطعه در مرکز حاوی ساعتی است که باعث می‌شود مجموعه حرکت دورانی با سرعت دو میلی‌متر در ساعت داشته باشد و در مدت یک هفته یک دور

انتخاب گردید. این ایستگاه دارای امکانات لازم اندازه‌گیری داده‌ها در هر پانزده دقیقه بوده و اطلاعات توسط سیم‌کارت متصل به سامانه به بانک اطلاعاتی واقع در سایت شرکت سازنده ارسال گردیده و نمودارها و صفحات گسترده مربوطه در آن سایت ایجاد می‌گردید. این ایستگاه در فاصله هوایی حدود شش کیلومتر از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه کرمانشاه واقع گردیده است. متغیرهای هواشناسی به صورت روزانه از سازمان هواشناسی کشور دریافت گردید و در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر متوسط ماهانه متغیرهای هواشناسی در دوره مطالعه در کرمانشاه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر هواشناسی در دوره مطالعه، دما به درجه سانتی‌گراد، رطوبت به درصد و بارندگی به میلی‌متر (سازمان هواشناسی کشور)

اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	
۲۰/۹	۲۵	۲۸/۳	۲۸/۵	۲۵	دمای متوسط
۳۲/۳	۳۷/۴	۳۹	۳۹/۲	۳۵/۹	دمای بیشینه
۹/۵	۱۲/۷	۱۷/۶	۱۷/۸	۱۴/۲	دمای کمینه
۴۶	۲۷	۱۷	۱۸	۱۵	رطوبت نسبی
۱۱	۰/۲	۰	۰	۰	بارندگی

عملیات اجرایی

در مزرعه تحقیقاتی دو رقم سیب‌زمینی زودرس (مارفونا) و دیررس (آگریا) مورد استفاده کشاورزان منطقه، کشت گردید. زمان کشت ارقام زودرس مطابق با الگوی کشاورزان منطقه مورد مطالعه، اواخر اسفند تا اوایل فروردین و ارقام دیررس اواسط اردیبهشت بود. روش آبیاری در منطقه به‌طور عمده بارانی بود؛ درعین‌حال روش آبیاری فارویی نیز مورد استفاده قرار می‌گرفت. در این تحقیق به‌منظور ارزیابی آستانه‌های شیوع بیماری دو قطعه آزمایشی (به ابعاد ۷×۷ متر) برای هر رقم در نظر گرفته شد. هر قطعه شامل هشت پشته بود که سیب‌زمینی بر روی این پشته‌ها به فاصله ۳۰ سانتی‌متر کشت گردید. در یکی از این دو قطعه هیچ‌گونه قارچ‌کش استفاده نگردید؛ تا در صورت بروز بیماری آستانه‌ها ارزیابی شود. قطعه دیگر با قارچ‌کش بنومیل با دوز دو در هزار به‌صورت هفتگی سم‌پاشی گردید. به‌وسیله دستگاه

¹ Spore trap

² Burkard Manufacturing Co. Ltd

³ Drum

و داده‌های هواشناسی به جهت بررسی رابطه بین آن‌ها اهمیت داشت؛ زمان نیمه‌شب مبنای تفکیک روزانه فیلم دستگاه قرار گرفت. سرانجام جمعیت اسپورها در هر روز به کمک میکروسکوپ مورد شمارش قرار گرفته و داده‌های به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شکل ۱ آلودگی مزرعه آزمایشی را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

نتایج تحلیل اطلاعات مربوط به اسپورگیر

با شمارش تعداد اسپورهای موجود در اسلاید تهیه شده از نوار مخصوص دستگاه اسپورگیر بورکارد، تغییرات جمعیت اسپور در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که تغییر محسوسی در دماهای بیشینه، کمینه و رطوبت نسبی در محدوده زمانی طغیان بیماری وجود دارد.



شکل ۱- آغاز آلودگی برگ‌ها به لکه موجی در مزرعه در ادامه وجود و چگونگی رابطه بین جمعیت اسپور و متغیرهای هواشناسی مؤثر (دما، بیشینه، کمینه، رطوبت نسبی و بارندگی) مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین همبستگی بین داده‌های هواشناسی و جمعیت اسپور ابتدا

کامل بزند. پس از نصب فیلم مخصوص آغشته به گریس در محیط درام و کوک کردن ساعت، مطابق دستورالعمل درام در جای خود قرار گرفته و بازوی قفل‌کننده در وضعیت قفل قرار داده شد. با آزاد کردن سوزن نگه‌دارنده، دستگاه امکان چرخش ۳۶۰ درجه یافته و به کمک بادنمای تعبیه‌شده، دریچه ورودی در معرض باد قرار می‌گیرد. پس از اتصال پمپ دستگاه به برق، مکش هوا به میزان نه لیتر در دقیقه آغاز گردید و اسپورها و سایر ذرات معلق در هوا پس از ورود به دستگاه، به فیلم آغشته به گریس چسبید. هر هفته با جدا کردن فیلم از درام و تقسیم آن به هفت قسمت مساوی اطلاعات هر روز بازیابی گردید.

جدول ۲- معیار تعیین شدت آلودگی به بیماری لکه موجی در مزرعه (رودریگز^۱ و همکاران، ۲۰۰۷)

توصیف علائم	شدت بیماری (درصد)
وجود لکه روی تعدادی از برگ‌های پایینی و آلودگی ۱۰٪ کل برگ‌ها	۱۰
وجود لکه روی اغلب برگ‌های پایینی و آلودگی ۲۰٪ کل برگ‌ها	۲۰
وجود لکه روی تعدادی از برگ‌های میانی و آلودگی ۳۰٪ کل برگ‌ها	۳۰
توسعه لکه‌ها روی برگ‌های پایینی و آلودگی ۴۰٪ کل برگ‌ها	۴۰
گسترش لکه‌ها از برگ‌های پایینی به برگ‌های میانی و آلودگی ۵۰٪ برگ‌ها	۵۰
گسترش لکه‌ها روی همه برگ‌های پایینی و اغلب برگ‌های میانی آلودگی ۶۰٪ برگ‌ها	۶۰
پیشرفت لکه‌ها روی همه برگ‌های پایینی، میانی و آلودگی ۷۰٪ کل برگ‌ها	۷۰
گسترش لکه‌ها روی برگ‌های پایینی، میانی و گسترش به برگ‌های بالا و آلودگی ۸۰٪	۸۰
گسترش لکه‌ها روی تمام برگ‌های بالایی و آلودگی ۹۰٪ کل برگ‌ها	۹۰
پیشرفت کامل لکه‌ها روی تمام گیاه (مرگ گیاه) و آلودگی ۱۰۰٪ سطح کل برگ‌ها	۱۰۰

با تهیه اسلاید میکروسکوپی از فیلم دستگاه و شمارش تعداد اسپورهای قارچ عامل بیماری، پایش جمعیت اسپورها در منطقه صورت گرفت. اطلاعات مربوطه جهت بررسی تغییرات جمعیت اسپورها در اثر متغیرهای هواشناسی مورد استفاده قرار گرفت. از آنجاکه هماهنگی زمانی بین داده‌های اسپورگیر

^۱ Rodriguez

نتایج نشان داد که تغییرات جمعیت اسپور قارچ عامل بیماری لکه مویی با دمای کمینه و بیشینه، در محدوده دمایی مورد مطالعه، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد دارد. همچنین همبستگی بین تغییرات جمعیت اسپور با رطوبت نسبی هوا منفی و در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. در این تحقیق، همبستگی بین جمعیت اسپور با میزان بارندگی معنی‌دار نبود. البته در محدوده زمانی مورد بررسی تنها دو نوبت بارش اتفاق افتاد.

نتایج بررسی مدل های پیش‌آگاهی بیماری

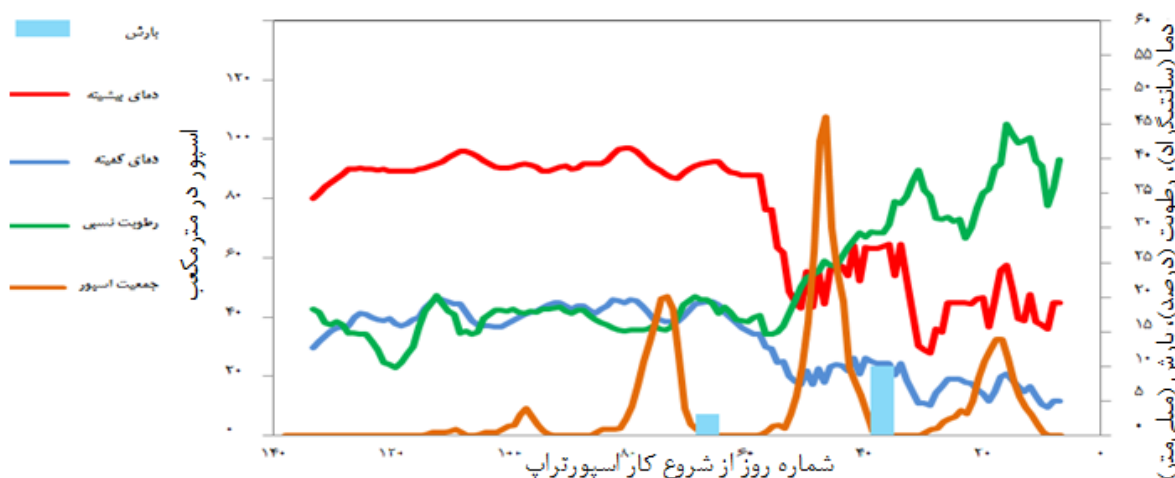
بر اساس پایش مزرعه آزمایشی و محاسبه مقادیر دو مدل درجه-روز و روزهای فنولوژیکی، مدل‌ها توانستند به خوبی محدوده زمانی شروع بیماری در مزرعه را پیش‌بینی کنند؛ نتایج محاسبات و پایش‌ها در جدول ۴ نمایش داده شده است.

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف آزمون گردید. طبق این آزمون همه داده‌ها به جز دمای کمینه از توزیع نرمال برخوردار بودند. از این‌رو از آزمون ناپارامتری اسپیرمن در مورد دمای کمینه و از آزمون پیرسون برای بررسی همبستگی سایر متغیرهای هواشناسی با جمعیت اسپور قارچ استفاده گردید. نتایج بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- ضرایب مربوط به همبستگی و سطح معنی‌داری جمعیت اسپور قارچ عامل لکه مویی سیب‌زمینی با داده‌های هواشناسی

جمعیت اسپور	دمای بیشینه	دمای کمینه	رطوبت نسبی	بارندگی
تعداد اسپور	۰/۳۲۲**	۰/۴۳۴***a	-۰/۲۰۵*	-۰/۰۴۳

*، ** معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪، ^a آزمون ناپارامتری اسپیرمن



شکل ۲- تغییرات اسپور قارچ عامل لکه مویی سیب‌زمینی و متغیرهای هواشناسی در منطقه در دوره مطالعه

جدول ۴- رابطه بین بروز اولین نشانه‌های بیماری لکه مویی سیب‌زمینی، مقادیر تجمعی مدل روزهای فنولوژیکی (P-Days) و مدل درجه-روز (DD) محاسبه شده با داده‌های هواشناسی مزرعه و ایستگاه سینوپتیک.

ایستگاه	تاریخ اولین آلودگی	P-day	تاریخ P-days 300	مهلت پیش‌بینی (روز)	DD	تاریخ DD 625	مهلت پیش‌بینی (روز)
مزرعه	۱۶ خرداد	۳۱۵	۱۴ خرداد	۲	۶۴۲	۱۵ خرداد	۱
سینوپتیک		۳۲۶	۱۳ خرداد	۳	۶۵۴	۱۴ خرداد	۲

بارش همبستگی منفی دیده شد (ساباریگو و همکاران^{۱۳}، ۲۰۰۰). مدل‌هایی که برای تعیین زمان اولین سم‌پاشی پیشنهاد می‌شوند؛ باید برای سایر مناطق جغرافیایی نیز مورد ارزیابی قرار گیرند (کمبل و مادن^{۱۴}، ۱۹۹۰؛ اشتاینبرگ و فرای^{۱۵}، ۱۹۹۰). این موضوع درباره مدل درجه-روز نیز که اولین بار برای ایالت کلرادو آمریکا ارائه گردید؛ صادق است (گنت و شوارتز^{۱۶}، ۲۰۰۳). در مدل درجه-روز، نشانه‌های بیماری در مناطق مختلف مورد بررسی، پس از عبور مقدار تجمعی محاسبه شده این شاخص از عدد ۶۰۰ مشاهده شده است (فرانک و همکاران^{۱۷}، ۱۹۸۸). مقدار تجمعی به‌دست آمده در این تحقیق نیز ($DD=642$) به‌همین صورت بود. در استفاده از مدل روزهای فنولوژیک در ایالت ویسکانسین آمریکا، نخستین نشانه‌های لکه موجی پس از عبور مقادیر تجمعی این شاخص از عدد ۳۰۰ مشاهده گردید (شایت و استیونسن^{۱۸}، ۱۹۸۶). در این تحقیق نیز در استفاده از روش روزهای فنولوژیک نشانه‌های بیماری در مزرعه پس از عبور شاخص مدل از این عدد ($P\text{-days}=315$) محقق گردید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از داده‌های هواشناسی و پایش اسپور، در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳، همبستگی بین جمعیت اسپور قارچ عامل بیماری لکه موجی در هوا با دمای بیشینه، دمای کمینه، رطوبت نسبی و بارش در کرمانشاه بررسی شد. همچنین دو مدل درجه-روز و روزهای فنولوژیک جهت پیش‌آگاهی لکه موجی سیب‌زمینی در غرب کشور مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجا که در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی در استفاده از مدل‌های پیش‌آگاهی به‌منظور پیش‌بینی دقیق شیوع آفات و بیماری‌های کشاورزی اهمیت دارد؛ همبستگی بین جمعیت اسپور قارچ عامل بیماری لکه موجی در هوا با دمای بیشینه و دمای کمینه در سطح ۱٪ و با رطوبت نسبی در سطح ۵٪ معنی‌دار و در مورد رطوبت نسبی این همبستگی

همان‌طور که در جدول ۴ دیده می‌شود، با استفاده از داده‌های مزرعه و مدل درجه-روز، یک روز و با مدل روزهای فنولوژیک دو روز قبل از مشاهده علائم بیماری در مزرعه، مدل پیش‌بینی انجام داده است. در همین زمان با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک منطقه، بیماری لکه موجی با استفاده از این دو مدل به ترتیب دو و سه روز زودتر پیش‌بینی گردید. نتایج نشان داد که اسپورهای آلترناریا در طول دوره مطالعه در هوا وجود داشتند؛ اما بیشترین غلظت مربوط به مراحل پایانی رشد گیاه بود. مشاهدات در سایر مطالعات انجام شده، نتایج مشابهی را گزارش نموده است (لارسن و گراوسن^۱، ۱۹۹۱؛ هلمروس^۲، ۱۹۹۳؛ گرین-گوفرن و رایپژکو^۳، ۲۰۰۹). غلظت اسپور در هوا در مرحله جوانه‌زنی بسیار پایین بود. گسترش بخش‌های هوایی بوته سیب‌زمینی شرایط را برای تجمع تدریجی زادمایه فراهم نمود. از آنجا که بخش‌های جوان اندام هوایی مقاومت بیشتری نسبت به قارچ دارند (روتتم^۴، ۱۹۹۴)؛ برای گسترش قارچ در بوته نیاز به زمان بود. اسپورها به‌طور عمده روی برگ‌های پیر یا مرده تولید می‌شوند (روتتم، ۱۹۹۴). بنابراین زمانی که برگ‌ها در مرحله پیر شدن هستند؛ بیشترین غلظت اسپورها قابل مشاهده است. میزان اسپور موجود در هوا به تغییر شرایط آب و هوایی وابسته است. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳ بیشترین همبستگی به ترتیب بین جمعیت اسپور در هوا و دمای کمینه، دمای بیشینه و رطوبت نسبی وجود داشت. این نتیجه با بررسی برخی نویسندگان (گنزالس و همکاران^۵، ۱۹۹۴؛ مونوئرا و کاریون^۶، ۱۹۹۵؛ ریچی و همکاران^۷، ۱۹۹۵؛ اینفنته و همکاران^۸، ۱۹۸۷؛ مندز و همکاران^۹، ۱۹۹۷؛ مارچیزو و آیراودی^{۱۰}، ۲۰۰۱؛ بورچ و لوتین^{۱۱}، ۲۰۰۲؛ استنت و بگز^{۱۲}، ۲۰۰۴) همسو بود. در مورد رطوبت نسبی و

¹ Larsen & Gravesen

² Hjelmsroos

³ Grinn-Gofroń & Rapiejko

⁴ Rotem

⁵ González et al.

⁶ Munuera & Carrión

⁷ Ricci et al.

⁸ Infante et al.

⁹ Méndez et al.

¹⁰ Marchisio & Airaudi

¹¹ Burch & Levitin

¹² Stennett & Beggs

¹³ Sabariego et al.

¹⁴ Campbell & Madden

¹⁵ Shtienberg & Fry

¹⁶ Gent & Schwartz

¹⁷ Franc et al.

¹⁸ Pscheidt & Stevenson

- Colorado using various sources of meteorological data. APS press, 87 (1): 78-84.
- González, F. J., Candau, P., Cepeda, J. M. 1994. Presencia de esporas de *Alternaria* en el aire (SO de España) y su relación con los factores meteorológicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 11: 92-95.
- Grinn-Gofroń, A., Rapiejko, P. 2009. Occurrence of *Cladosporium* spp. and *Alternaria* spp. spores in Western, Northern and Central-Eastern Poland in 2004-2006 and relation to some meteorological factors. *Atmos. Res.*, 93: 747-758.
- Hjelmroos, M. 1993. Relationship between airborne fungal spore presence and weather variables. *Grana*, 32: 40-47.
- Infante, F., Domínguez, E., Ruiz de Clavijo, E., Galán, C. 1987. Incidence of *Alternaria* Nees ex Fries in dwellings of Cordoba city. *Allergologia et immunopathologia*, 15: 221-224.
- Larsen, L., Gravesen, S. 1991. Seasonal variation of outdoor airborne viable microfungi in Copenhagen, Denmark. *Grana*, 30: 467-471.
- Marchisio, V. F., Airaudi, D. 2001. Temporal trends of the airborne fungi and their functional relations with the environment in a suburban site. *Mycologia*, 93: 831-840.
- Méndez, J., Iglesias, I., Jato, M. V., Aira, M. J. 1997. Variación del contenido en esporas de *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en la atmósfera de la ciudad de Ourense (años 1993-1994). *Polen*, 8: 79-88.
- Munuera, M., Carrión, J. S. 1995. Daily variations of *Alternaria* spores in the city of Murcia (semi-arid southeastern Spain): relationship with weather variables. *Int. J. Biometeorol.*, 38: 176-179.
- Powelson, M. J., Rowe, R. C. 1993. Biology and management of early dying of potatoes. *Annu. Review of Phytopathol.*, 31: 111-127.
- Pscheidt, J. W., Stevenson, W. R. 1986. Comparison of forecasting methods for control of potato early blight in Wisconsin. *Plant Dis.*, 70: 915-920.
- Ricci, S., Bruni, M., Meriggi, A., Corsico, R. 1995. Aerobiological monitoring of *Alternaria* fungal spores: a comparison between surveys in 1992 and 1993 and local meteorological conditions. *Aerobiologia*, 11: 195-199.

منفی بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، هر دو مدل پیش-آگاهی می‌توانند در پیش‌آگاهی بیماری لکه موجی سیب‌زمینی در غرب ایران مورد استفاده قرار گیرند. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با استفاده از اطلاعات پایش این بیماری در سایر مناطق ایران، مدل‌های پیش‌آگاهی با داده‌های هواشناسی موجود مورد ارزیابی قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فن‌آوران کشور به جهت حمایت مالی از این طرح تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آقاجانی، م. ۱۳۹۱. احتمال وقوع بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب‌زمینی در گرگان بر اساس شرایط آب‌وهوایی. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی، ۱(۱): ۶۷-۸۰.
- صدرای، م. ۱۳۹۲. مدل پیش‌آگاهی زنگ زرد گندم. دانش بیماری‌شناسی گیاهی، ۱: ۴۶-۵۸.
- میرشکار، م. ۱۳۹۱. بررسی اپیدمیولوژی لکه موجی سیب‌زمینی در منطقه بسطام، پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان.
- نارویی خندان، ح. ۱۳۸۷. اولین مدل پیش‌آگاهی آتشک گللابی از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی در کشور، پایان‌نامه دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه لینکلن، نیوزلند.
- Burch, M., Levetin, E. 2002. Effects of meteorological conditions on spore plumes. *Int. J. Biometeorol.*, 46: 107-117.
- Campbell, C. L., Madden, L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. Wiley, New York, 532p.
- Franc, G. D., Harrison, M. D., Lahman, L. K. 1988. A simple day-degree model for initiating chemical control of potato early blight in Colorado. *Plant Dis.*, 72: 851-854.
- Gent, D. H., Schwartz, H. F. 2003. Validation of potato early blight disease forecast models for

- Shtienberg, D., Fry, W. E. 1990. Influence of host resistance and crop rotation on initial appearance of potato early blight. *Plant Dis.*, 74: 849-852.
- Stennett, P. J., Beggs, P. J. 2004. *Alternaria* spores in the atmosphere of Sydney, Australia, and relationship with meteorological factors. *Int. J. Biometeorol.*, 49: 98-105.
- Stevenson, W. R., Loria, R., Franc, G. D., Weingartner, D. P. 2001. *Compendium of potato diseases*. Second Edition. APS.Press, St. Paul, MN.
- Rodriguez, N. V., Kowalski, B., Rodriguez, L. G., Carabaloso, I. B., Suarez, M. A., Perez, P. O., Quintana, C. R., Gonzalez, N., Ramos, R. Q. 2007. In vitro and ex vitro selection of potato plantlets for resistance to early blight. *Phytopathol.*, 155: 582-586.
- Rotem, J. 1994. *The Genus Alternaria: Biology, Epidemiology and Pathogenicity*. APS Press, St. Paul, MN.
- Sabariego, S., Díaz, C., Alba, F. 2000. The effect of meteorological factors on the daily variation of airborne fungal spores in Granada (southern Spain). *Int. J. Biometeorol.*, 44: 1-5.



Modeling and prognosis of potato early blight disease using meteorological variables affecting the spore population

V. Varshavian¹, N. Ghahreman^{1*}, M. Javan-Nikkhah², A. Liaghat¹, B. Farhadi³

Received: 24/12/2014

Accepted: 15/02/2015

Abstract

Early blight disease caused by *Alternaria solani* spreads well in abundance of humidity and the presence of water on the leaves. The early symptoms of disease are brown to black spots as concentric embowed rings. The fungal spores are distributed by wind and rain to healthy leaves. High humidity and temperatures between 18 and 25 °C, dew, rain and sprinkler irrigation increase its spread. The purpose of this study was to study the influence of meteorological variables (Temperature, Relative humidity and Precipitation) on spores' population of early blight pathogen of potato and possible prognosis of disease in Kermanshah province during 2013-2014 crop seasons. To perform the study, potato plants were cultivated in Razi University farm and the symptoms of the disease were monitored continuously through the season. Besides, the number of fungi spores were also measured using a standard spore trap. On the other hand, two early blight prognosis empirical models were developed using on-site meteorological data and those obtained from nearby synoptic station. The correlation between the population of spores in the air and meteorological variables were worked out. The results showed that there exist a significant relation between the spore population and maximum-minimum air temperature ($p= 0.01$) and relative humidity ($p=0.05$). According to results of this study, the proposed model can be satisfactorily used for early blight early warning in western region of Iran.

Keywords: *Alternaria*, Kermanshah, early blight, potato, model

¹ Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran
(*Corresponding author email address: nghahreman@ut.ac.ir)

² Department of Plant Pathology, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran