

## تأثیر فاکتورهای آب و هوایی بر اسپورزایی قارچ عامل بیماری بلاست برنج در استان گیلان

صدیقه موسی نژاد، عزیزاله علیزاده و ناصر صفایی\*

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۹/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۱۹)

## چکیده

مطالعه جامعی در ارتباط با تعیین فاکتورهای پیش‌بینی‌کننده بیماری بلاست برنج و ارزیابی خسارت ناشی از این بیماری در استان گیلان در دست اجرا است. در بخش مقدماتی این تحقیق، تأثیر فاکتورهای اقلیمی بر جمعیت مزرعه‌ای اسپوره‌ای *Pyricularia grisea* و پیش‌آگاهی بیماری مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور طی فصل زراعی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در سه شهرستان رشت، انزلی و لاهیجان مزارعی در فاصله ۵ کیلومتری ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شد و تراکم اسپوره‌های هوازداد در این مزارع به کمک اسپورتراپ و به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. داده‌های آب و هوایی شامل مقدار بارش (بر حسب میلی‌متر)، بیشینه و کمینه درجه حرارت روزانه، بیشینه و کمینه رطوبت نسبی روزانه و ساعات آفتابی از ایستگاه‌های هواشناسی دریافت گردید. سپس ارتباط بین جمعیت اسپوره‌های شکارشده با فاکتورهای آب و هوایی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر آب و هوایی در جمعیت مزرعه‌ای اسپوره‌های عامل بیماری بلاست و نهایتاً پیش‌آگاهی بیماری تعیین گردید. در این تحقیق مشخص شد که مقدار بارش، کمینه رطوبت نسبی روزانه، بیشینه درجه حرارت روزانه و ساعات آفتابی از مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کننده بیماری بلاست برنج در استان گیلان هستند و وجود شرایط مناسب آب و هوایی مانند بارندگی، افزایش کمینه رطوبت نسبی روزانه، کاهش بیشینه درجه حرارت روزانه و کاهش ساعات آفتابی (هوای ابری) به افزایش جمعیت مزرعه‌ای اسپوره‌های عامل بلاست و وقوع بیماری بلاست در مزرعه طی هفت تا ده روز بعد از وقوع شرایط مساعد کمک قابل توجهی خواهد نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، بلاست، پیش‌آگاهی، اپیدمیولوژی

## مقدمه

بیماری و توسعه کشت این ارقام در سال‌های اخیر، به علت کیفیت و بازارپسندی بسیار مناسب ارقام بومی، هرساله سطح وسیعی از اراضی استان هنوز به کشت این ارقام اختصاص می‌یابد. نظر به حساسیت شدید این ارقام به بیماری بلاست و وجود اپیدمی‌های بیماری، کشاورزان مجبور به استفاده مکرر و بی‌رویه از سموم قارچ‌کش در هنگام بروز این بیماری هستند. از این رو به منظور مدیریت بهتر در کنترل شیمیایی، دست‌یابی به مدل‌های پیش‌آگاهی ضروری به نظر می‌رسد. بدیهی است

برنج دومین غله مهم کشور بعد از گندم و تأمین‌کننده غذای بخش عظیمی از جمعیت کشورمان است. بلاست از مهم‌ترین بیماری‌های برنج در جهان، ایران و به خصوص استان گیلان می‌باشد. عامل بیماری *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. و فرم جنسی آن *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr است. این بیماری خسارت زیادی را به ارقام بومی برنج که حساس هستند، وارد می‌نماید. با وجود معرفی ارقام مقاوم برنج به این

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nsafaie@modares.ac.ir

در کره تعداد لکه‌های بلاست روی برگ بر پایه آب و هوا، شکار اسپور، پارامترهای بیماری و خصوصیات گیاه میزبان تخمین زده شد (۹).

کینگ سولور و همکاران (۱۰) معادلات رگرسیونی چندگانه را برای پیش‌بینی تعداد لکه‌های بلاست برگ برای تراکم‌های مختلف اینوکلوم یا وارپته‌های مختلف معرفی کردند.

در ژاپن روش‌های آماری مانند آنالیز رگرسیونی چندگانه توسط محققین برای پیش‌بینی کمی ارائه شدند (۷، ۱۱، ۱۲ و ۱۵). متغیرهای مستقل مورد استفاده شامل تاریخ شروع بلاست برگ، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در هر بوته، درصد گیاهان بیمار در ۱۵ ژوئیه (مرحله زود اپیدمی بلاست برگ)، تعداد تجمعی اسپورهای شکار شده از زمان نشاکاری تا ۱۵ ژوئیه، متوسط دمای ماهیانه، بارش، ارتفاع گیاه در آخر ژوئن، کمینه دما یا طول مدت تابش خورشید در ژوئیه و اوت بوده است.

اولین مطالعات در ارتباط با پیش‌آگاهی بلاست در ایران توسط اسماعیل‌پور (۱) صورت گرفت. در این مطالعه وضعیت بیماری بلاست براساس فاکتورهای آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفته و ارتباط بین میزان بیماری با تعداد اسپور شکارشده با تله اسپورگیری مشخص گردید.

ایزدیار در مطالعه‌ای (۲) به این نتیجه رسید، تا زمانی که حداقل درجه حرارت در شب بیش از ۱۹/۵ درجه سلسیوس نباشد، آلودگی انجام نمی‌گیرد. رابطه بین میانگین حداقل درجه حرارت از زمان نشا تا آغاز ظهور علائم بیماری در مزرعه با شدت بلاست برگ نیز توسط ایزدی‌ار (۳) مورد بررسی قرار گرفت و در این بررسی معلوم شد که هرچه قدر میانگین حداقل درجه حرارت از زمان نشا تا ظهور اولین علائم بیماری در مزرعه بیشتر باشد، شدت بلاست برگ زیادتر خواهد بود و از طرف دیگر فاصله بین زمان نشا و آغاز ظهور لکه‌های بلاست در مزرعه کوتاه‌تر می‌گردد.

هم‌اکنون مطالعه جامعی در ارتباط با تعیین فاکتورهای پیش‌بینی کننده بیماری بلاست برنج و ارزیابی خسارت ناشی از این بیماری در استان گیلان در دست اجراست. در بخش

که مبارزه شیمیایی علیه بیماری براساس یک سیستم پیش‌آگاهی کارا، سم‌پاشی‌های غیرضروری را حذف نموده و علاوه بر کاهش هزینه تولید، از آلودگی منابع زیست‌محیطی نیز جلوگیری به عمل می‌آورد.

مبنای پیش‌آگاهی بیماری بلاست در بسیاری از کشورهای برنج‌خیز جهان، فاکتورهای آب و هوایی است. برخی از محققین از داده‌هایی مانند متوسط تابش خورشید، مجموع روزهای آفتابی، دما و مقدار بارندگی برای پیش‌آگاهی بلاست گردن و بلاست برگ استفاده کرده‌اند (۱۳). در مطالعات دیگری، دوره شبنم (۶)، دما (۱۹) و حداقل دوره شبنم به عنوان تابعی از دما (۱۰) برای پیش‌آگاهی بلاست برنج مورد استفاده قرار گرفت.

تسائی و سو (۱۷) و تسائی (۱۶) داده‌های پیشرفت بیماری در ارتباط با شرایط آب و هوایی را در طول سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۴ در تایوان جمع‌آوری کرده و چندین معادله رگرسیونی چندگانه را برای پیش‌بینی درصد آلودگی سطح برگ به دست آوردند. در هند، پادمانابهان (۱۴) کمینه دما و رطوبت نسبی را در پیش‌آگاهی این بیماری مورد استفاده قرار داد.

در سال ۱۹۹۶، کالورو و همکاران (۴) تعدادی مدل پیش‌آگاهی تجربی را بر پایه فاکتورهای آب و هوایی (تعداد روزهای متوالی با رطوبت نسبی ۸۰ درصد یا بیشتر، روزهای متوالی بارش و تعداد روزها با بارندگی ۸۴ میلی‌متر یا بیشتر، متوسط، بیشینه و کمینه دما و تعداد روزهای دارای باد با سرعت بیشتر از ۳/۵ متر بر ثانیه) معرفی کردند.

برخی از مدل‌های پیش‌آگاهی براساس فاکتورهای آب و هوایی و شکار اسپور بنا شده‌اند. به عنوان مثال الرفائی (۶)، چین و همکاران (۵) و تسائی و سو (۱۷ و ۱۸) از داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های خزانه بلاست برای توسعه چندین معادله رگرسیون خطی استفاده کردند. در این بررسی‌ها طول دوره شبنم روی برگ، متوسط دمای روز یا شب، متوسط رطوبت نسبی روز یا شب، بارش و تراکم اینوکلوم هوازاد در ارتباط با اپیدمی بیماری مورد توجه قرار گرفت.

مقدماتی این تحقیق، تأثیر فاکتورهای اقلیمی بر جمعیت مزرعه‌ای اسپوره‌های عامل بلاست و پیش‌آگاهی بیماری مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

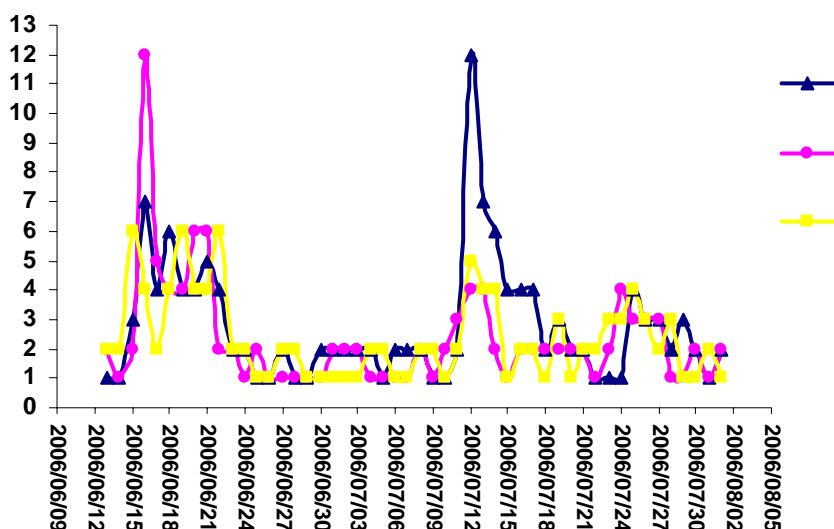
طی فصل زراعی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در سه شهرستان رشت، انزلی و لاهیجان مزارعی در فاصله پنج کیلومتری ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب گردید و تراکم اسپوره‌های هوازاد در این مزارع به کمک اسپورتراپ و به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. اسپورتراپ مورد استفاده در این تحقیق شامل یک پایه چوبی ۱/۵ متری بوده که روی آن دو ردیف پنج‌تایی اسلاید شیشه‌ای روی دو قطعه شیشه‌ای ۱۰×۲۰ سانتی‌متر قرار گرفتند. چهار عدد اسپورتراپ در چهار جهت در اطراف مزارع انتخاب شده در هر شهرستان نصب شدند. اسلایدهای شیشه‌ای آغشته به وازلین بوده و اسپوره‌های موجود در هوا را شکار می‌کردند. جمع‌آوری اسلایدها و شمارش اسپورها در بعد از ظهر هر روز انجام شد. جمعیت اسپوره‌های شکارشده توسط اسلایدهای شیشه‌ای آغشته به وازلین به کمک میکروسکوپ نوری و با بزرگنمایی ۱۰۰X (با عدسی شیئی ۱۰) شمارش شد. داده‌های آب و هوایی شامل مقدار بارش (برحسب میلی‌متر) (P)، بیشینه و کمینه درجه حرارت روزانه (برحسب درجه سلسیوس) ( $T_{max}$ ,  $T_{min}$ )، بیشینه و کمینه رطوبت نسبی روزانه (برحسب درصد) ( $RH_{max}$ ,  $RH_{min}$ ) و ساعات آفتابی (SH) از ایستگاه‌های هواشناسی دریافت شد. سپس ارتباط بین تغییرات جمعیت اسپوره‌های شکارشده با تغییرات فاکتورهای آب و هوایی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و مهم‌ترین فاکتورهای آب و هوایی مؤثر در جمعیت مزرعه‌ای اسپوره‌های عامل بلاست و نهایتاً پیش‌آگاهی بلاست تعیین شد. برای مدل‌سازی و تعیین ارتباط ریاضی جمعیت اسپوره‌های شکار شده با فاکتورهای آب و هوایی از نرم‌افزار Stat Graphics Plus 3.0 استفاده شد و مجموع پنج روزه اسپوره‌های شکارشده به داده‌های آب و هوایی هفت روز قبل (مجموع بارش، میانگین بیشینه و کمینه درجه

حرارت، میانگین بیشینه و کمینه رطوبت نسبی و مجموع ساعات آفتابی طی هفت روز) مرتبط شد. از آماره‌های مختلف نظیر  $r$  (ضریب هم‌بستگی)،  $R^2$  (ضریب تبیین)،  $aR^2$  (ضریب تبیین تصحیح‌شده براساس درجه آزادی)، F (آماره F)، آماره دوربین-واتسون و تجزیه و تحلیل باقی‌مانده‌ها برای ارزیابی صحت مدل‌ها و انتخاب بهترین مدل استفاده شد.

## نتایج

طی انجام این تحقیق، بیشینه اسپوره‌های شکارشده توسط اسلایدهای شیشه‌ای در هر شهرستان با شمارش میکروسکوپی آنها به دست آمد. طی سال اول اجرای تحقیق (۱۳۸۵)، اولین اسپوره‌های عامل بلاست در تاریخ ۲۳ خردادماه (۱۳ ژوئن ۲۰۰۶) در سه شهرستان رشت، انزلی و لاهیجان شکار شد و عمل شکار اسپورها به مدت ۵۰ روز یعنی تا تاریخ ۱۰ مردادماه (اول اوت) ادامه یافت. شکل ۱ روند تغییرات جمعیت اسپوره‌های شکارشده را در سه شهرستان رشت، لاهیجان و انزلی و به صورت روزانه نشان می‌دهد. با مشاهده دقیق شکل ۱ سه پیک برای جمعیت اسپوره‌های عامل بلاست در این سه شهرستان مشاهده می‌گردد که دقیقاً این سه پیک در سه شهرستان بر یکدیگر منطبق هستند. این امر به دلیل نزدیکی شهرستان‌های استان گیلان به یکدیگر و یک‌نواختی شرایط آب و هوایی در این سه شهرستان است. اولین پیک در شهرستان رشت و لاهیجان از تاریخ ۲۶ خرداد (۱۶ ژوئن) و در شهرستان انزلی از تاریخ ۲۵ خرداد (۱۵ ژوئن) شروع گردید و تقریباً در تاریخ اول تیرماه (۲۲ ژوئن) در هر سه شهرستان خاتمه یافت. پیک دوم از تاریخ ۲۱ تیرماه (۱۲ ژوئیه) در هر سه شهرستان شروع شد و در تاریخ ۲۶ تیرماه (۱۷ ژوئیه) در شهرستان رشت و در تاریخ ۲۳ تیرماه (۱۴ ژوئیه) در شهرستان لاهیجان و انزلی خاتمه یافت. پیک سوم نیز که دارای دوره‌ای کوتاه بود، در تاریخ دوم مردادماه (۲۴ ژوئیه) شروع و در تاریخ ۶ مرداد (۲۸ ژوئیه) خاتمه یافت.

بررسی روند تغییرات جمعیت اسپوره‌های شکار شده و روند



شکل ۱. روند تغییرات جمعیت اسپوره‌های شکارشده عامل بیماری بلاست در سه شهرستان رشت، لاهیجان و انزلی در سال ۸۵

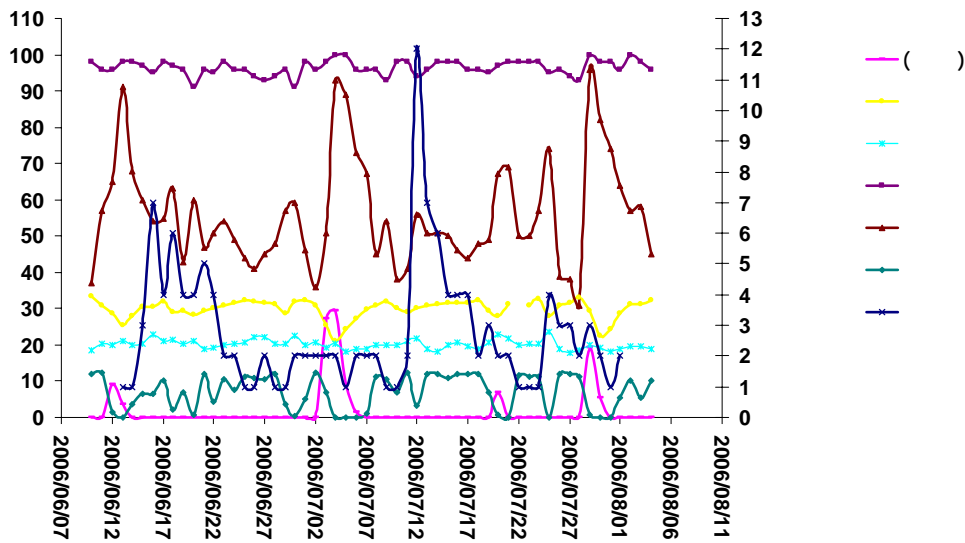
از این شرایط آب و هوایی، پیک جمعیت اسپورها مشاهده شده است که با توجه به وقوع شرایط مناسب آب و هوایی برای اسپورزایی عامل بیماری بلاست قابل توجیه است.

پیک دوم جمعیت اسپوره‌های عامل بلاست در شهرستان رشت در تاریخ ۲۱ تیرماه ۸۵ (۱۲ ژوئیه)، شروع شده است. مقایسه این پیک با روند تغییرات فاکتورهای آب و هوایی در روزهای ما قبل آن، دلالت بر تغییرات آب و هوایی مشابه با پیک اول شامل بارش در تاریخ‌های ۱۲ تا ۱۵ و ۲۰ تیرماه (۳ تا ۶ و ۱۱ ژوئیه) به ترتیب به میزان ۲۷/۱، ۲۹/۵، ۹/۱ و ۱/۳ و ۰/۱ میلی‌متر، کاهش بیشینه درجه حرارت روزانه به میزان پنج تا هفت درجه و افزایش کمینه رطوبت نسبی روزانه به میزان حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد دارد، اما کمینه درجه حرارت روزانه تغییر چشم‌گیری نداشته است.

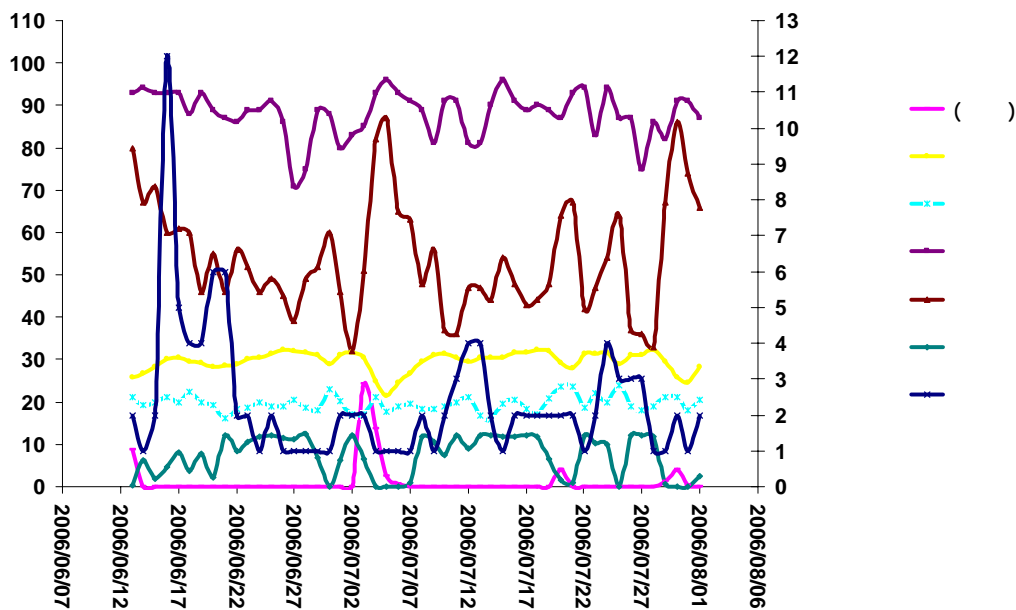
چند روز قبل از مشاهده پیک سوم اسپوره‌های عامل بلاست در شهرستان رشت نیز، تغییرات مشابه آب و هوایی البته با نظم و ترتیب کمتر اتفاق افتاده که در نتیجه افزایش قابل توجه جمعیت اسپورها مشاهده نشده است.

بررسی روند تغییر جمعیت اسپوره‌های شکارشده عامل

تغییرات فاکتورهای آب و هوایی در این سه شهرستان در سال ۱۳۸۵ (شکل‌های ۲، ۳ و ۴)، نشان می‌دهد که ارتباط بسیار خوبی بین تغییرات جمعیت اسپوره‌های شکار شده و تغییرات فاکتورهای آب و هوایی وجود دارد. در شهرستان رشت (شکل ۲) در تاریخ‌های ۲۲ و ۲۳ خردادماه ۸۵ (۱۲ و ۱۳ ژوئن)، به ترتیب به میزان ۹/۲ و ۳/۶ میلی‌متر بارندگی ثبت شده است و طی این روزها نیز بیشینه درجه حرارت روزانه از بالای ۳۰ درجه سلسیوس به حدود ۲۵ تا ۲۷ درجه افت نموده، در حالی که کمینه درجه حرارت طی این مدت نه تنها افت نکرده، بلکه با یک تا دو درجه افزایش به حدود ۲۰ درجه سلسیوس رسیده است. بررسی روند تغییرات رطوبت نسبی طی این روزها نیز حاکی از افزایش ۷ تا ۱۰ درصدی کمینه رطوبت نسبی روزانه می‌باشد، حال آن‌که بیشینه رطوبت نسبی روزانه تغییر قابل توجهی ننموده است، که این پدیده با توجه به اینکه در استان گیلان تقریباً در تمامی طول سال بیشینه رطوبت نسبی نزدیک اشباع است، قابل توجیه می‌باشد. هم‌چنین طی این روزها ساعات آفتابی حتی به حدود ۰ تا ۱/۵ ساعت در روز رسیده و تقریباً اکثر ساعات روز هوا ابری است. تقریباً دو تا سه روز بعد



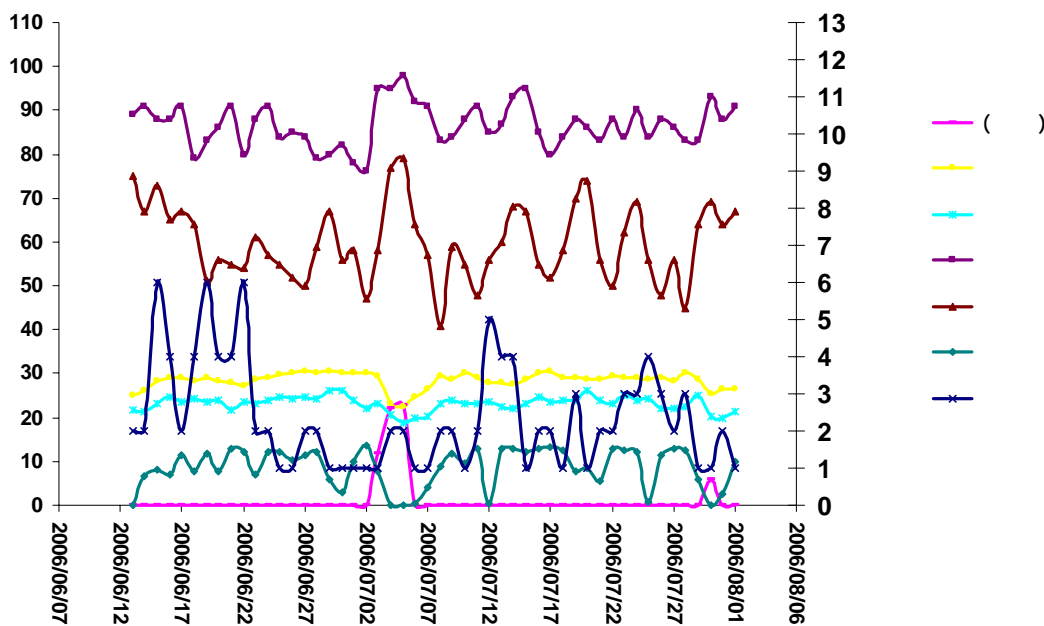
شکل ۲. روند تغییرات جمعیت اسپورهای شکارشده و فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان رشت در سال ۸۵



شکل ۳. روند تغییرات جمعیت اسپورهای شکارشده و فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان لاهیجان در سال ۸۵

وقوع پیوسته است. هم‌چنین طی این مدت کاهش بیشینه درجه حرارت روزانه به میزان یک تا چهار درجه سلسیوس، افزایش کمیته رطوبت نسبی روزانه به میزان ۱۰ تا ۳۰ درصد و کاهش ساعات آفتابی به حدود ۰/۳ تا ۳/۳ ساعت در روز اتفاق افتاده

بلاست و هم‌چنین روند تغییر فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان لاهیجان (شکل ۳) نشان می‌دهد که چند روز قبل از وقوع پیک اول اسپورهای عامل بلاست، یعنی در تاریخ‌های ۲۲ و ۲۳ خرداد ۸۵ (۱۲ و ۱۳ ژوئن)، در این شهرستان بارندگی به



شکل ۴. روند تغییرات جمعیت اسپوره‌های شکارشده و فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان انزلی در سال ۸۵

در تاریخ‌های ۱۲ تا ۱۴ تیرماه (۳ تا ۵ ژوئیه)، به ترتیب به میزان ۱۱/۸، ۲۱/۹ و ۲۲/۹ میلی‌متر باران باریده است و طی این مدت یک تا هفت درجه کاهش در بیشینه درجه حرارت روزانه، دو تا پنج درجه کاهش در کمینه درجه حرارت روزانه و ۲۰ تا ۲۵ درجه افزایش در بیشینه و کمینه رطوبت نسبی روزانه اتفاق افتاده و ساعات آفتابی به صفر ساعت در روز رسیده است. چنین روندی هرچند به صورت نامنظم برای پیک سوم اسپورها نیز دیده شده است.

در سال دوم انجام آزمایش (سال ۸۶)، اولین اسپورها در تاریخ ۱۷ خردادماه (۷ ژوئن) شکار شدند و عمل شکار اسپورها تا تاریخ ۲۵ مرداد (۱۶ اوت) ادامه یافت. بررسی جمعیت اسپوره‌های هوازاد عامل بلاست به صورت روزانه، وجود سه پیک جمعیتی برای اسپورها در مناطق مورد بررسی (شهرستان‌های رشت، لاهیجان و انزلی) را به اثبات رساند. پیک اول جمعیت اسپورها در شهرستان رشت در تاریخ ۲۰ تیرماه (۱۱ ژوئیه) شروع شد و در تاریخ ۲۴ تیرماه (۱۵ ژوئیه) خاتمه یافت. پیک دوم جمعیت اسپورها از تاریخ ۲۹ تیرماه (۲۰ ژوئیه)

و این تغییرات آب و هوایی منجر به افزایش جمعیت اسپوره‌های هوازاد عامل بلاست طی چند روز آینده شده است. در تاریخ‌های ۱۲ تا ۱۵ تیرماه (۳ تا ۶ ژوئیه) نیز به ترتیب ۲۴/۲، ۱۳/۷، ۲/۶ و ۰/۷ میلی‌متر بارندگی در این شهرستان مشاهده شده و طی این مدت چهار تا نه درجه کاهش در بیشینه درجه حرارت روزانه، ۲۰ تا ۵۰ درصد افزایش در کمینه رطوبت نسبی روزانه مشاهده شده و ساعات آفتاب حتی به صفر ساعت در روز رسیده است. این تغییرات منجر به افزایش جمعیت اسپورها طی چهار تا پنج روز آینده شد. چنین ارتباطی هرچند به صورت نامنظم برای پیک سوم جمعیت اسپورها نیز مشاهده می‌گردد.

در شهرستان انزلی (شکل ۴)، چهار تا پنج روز قبل از مشاهده پیک اول جمعیت اسپوره‌های عامل بلاست، بارش، کاهش بیشینه درجه حرارت روزانه یا افزایش کمینه رطوبت نسبی روزانه مشاهده نشد، ولی کاهش ساعات آفتابی به حدود حتی صفر ساعت در روز مشاهده شده است. چهار تا پنج روز قبل از مشاهده پیک دوم جمعیت اسپوره‌های عامل بلاست، یعنی

۲۲ مردادماه (۱۲ تا ۱۳ اوت) به وقوع پیوسته است. در هر سه مورد باز هم افزایش کمینه رطوبت نسبی روزانه و معتدل شدن دمای هوا (بیشینه دما ۲۶ تا ۲۸) طی تاریخ‌های ذکرشده مشاهده شده است و در ضمن در دو مورد از سه مورد، قبل از افزایش جمعیت اسپورها، کاهش ساعات آفتابی یا بارندگی به وقوع پیوسته است (شکل ۷). در شهرستان انزلی نیز ارتباط مشابه بین پیک‌های اسپوری و شرایط آب و هوایی مشاهده می‌گردد (شکل ۸).

به منظور مدل‌سازی و تعیین ارتباط ریاضی مناسب بین جمعیت اسپورهای شکارشده و داده‌های آب و هوایی طی دو سال ۸۵ و ۸۶ از روش رگرسیون گام به گام استفاده و مجموع اسپورهای پنج‌روزه به داده‌های آب و هوایی هفت روز قبل (مجموع بارش، میانگین بیشینه و کمینه درجه حرارت، میانگین بیشینه و کمینه رطوبت نسبی و مجموع ساعات آفتابی طی هفت روز) مرتبط شد و نهایتاً آماره‌هایی نظیر  $r$ ،  $R^2$ ،  $aR^2$ ،  $F$ ،  $t$  و  $F$  در بین-واتسون و تجزیه و تحلیل باقی‌مانده‌ها برای ارزیابی صحت مدل‌ها و انتخاب بهترین مدل استفاده شدند (جدول ۱). در این روش ابتدا هر یک از فاکتورهای آب و هوایی به صورت انفرادی به جمعیت اسپور رگرسیون شدند و سپس با توجه به اینکه فاکتورهای نظیر میانگین بیشینه درجه حرارت و کمینه رطوبت نسبی هفت‌روزه، بارش و ساعات آفتابی از ارتباط بهتری با جمعیت اسپورها برخوردار بودند، از این فاکتورها در قسمت رگرسیون چند نقطه‌ای استفاده شد. با توجه به جدول ۱ و آماره‌های مذکور مشاهده می‌گردد که هیچ یک از مدل‌ها از دقت کافی برای پیش‌بینی جمعیت پنج‌روزه اسپورها برخوردار نیستند.

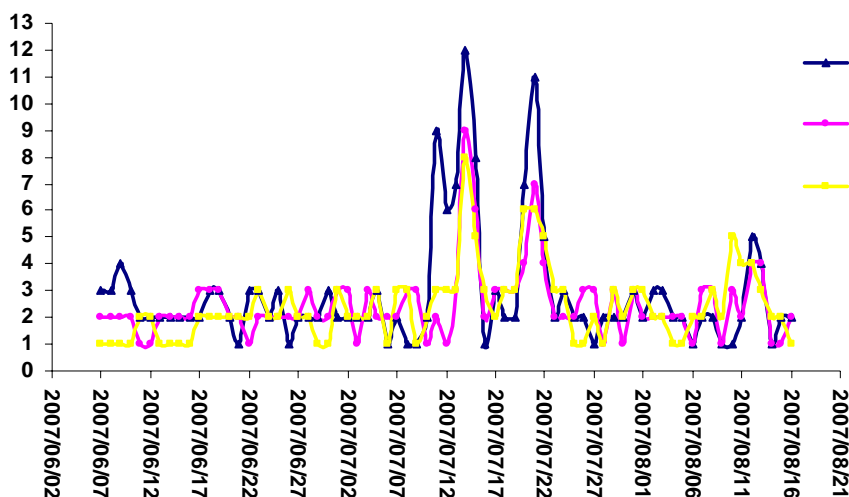
### بحث

طی این تحقیق، روند تغییر جمعیت اسپورهای عامل بلاست و روند تغییر فاکتورهای آب و هوایی طی دو سال ۸۵ و ۸۶ مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نکته جالب توجه این است که تفاوت در تاریخ‌های شروع و اتمام پیک‌های اسپوری

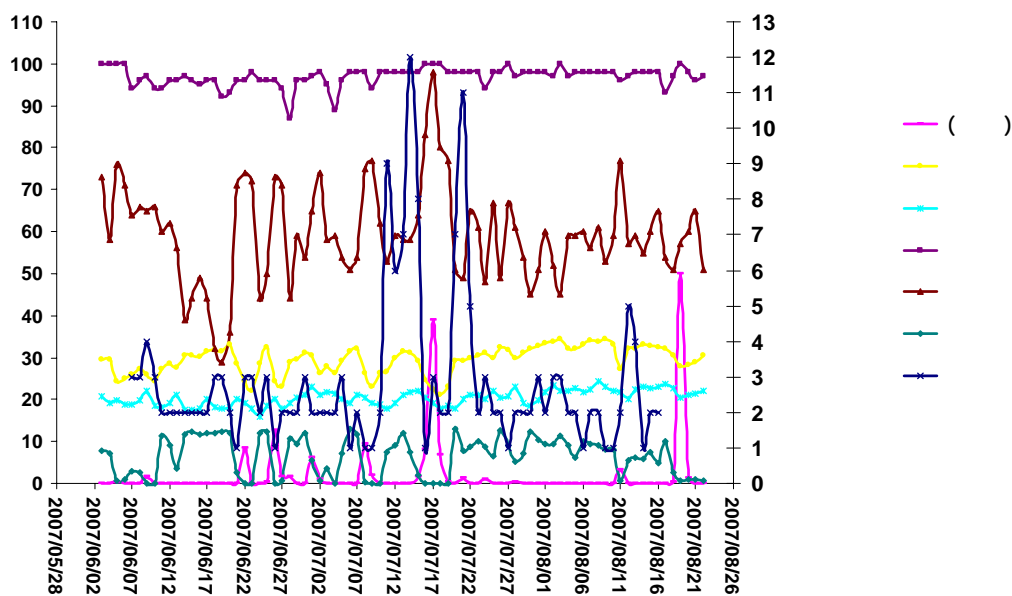
شروع شد و در تاریخ ۳۱ تیرماه (۲۲ ژوئیه) خاتمه یافت. پیک سوم نیز از تاریخ ۲۱ لغایت ۲۲ مردادماه (۱۲ تا ۱۳ اوت) طول کشید. در شهرستان‌های لاهیجان و انزلی، پیک اول جمعیت اسپورهای عامل بلاست از تاریخ ۲۳ تیرماه (۱۴ ژوئیه) شروع شد و در تاریخ ۲۴ تیرماه (۱۵ ژوئیه) خاتمه یافت. پیک دوم نیز از تاریخ ۲۹ تیرماه (۲۰ ژوئیه) شروع شد و در تاریخ ۳۱ تیرماه (۲۲ ژوئیه) خاتمه یافت. پیک سوم در شهرستان لاهیجان طی ۲۱ تا ۲۲ مردادماه (۱۲ تا ۱۳ اوت) و برای شهرستان انزلی طی ۱۹ تا ۲۱ مردادماه (۱۰ تا ۱۲ اوت) طول کشید (شکل ۵).

بررسی شرایط آب و هوایی طی دوره شکار اسپورها در شهرستان رشت بیانگر این واقعیت است که تا تاریخ ۲۰ تیرماه (۱۱ ژوئیه)، شرایط آب و هوایی برای تولید و پراکنش اسپورهای هوازاد عامل بلاست مناسب نبوده است. طی این مدت بیشینه دما از محدوده ۲۶ تا ۲۸ درجه که مناسب بیماری بلاست است، پایین‌تر یا بالاتر بوده یا کمینه رطوبت نسبی روزانه از مقدار مناسب (بالاتر از ۶۰ درصد) پایین‌تر بوده است. از تاریخ ۲۰ تا ۲۴ تیرماه (۱۱ تا ۱۵ ژوئیه)، خصوصاً تاریخ‌های ۲۲ و ۲۴ تیرماه (۱۳ و ۱۵ ژوئیه) شرایط برای اسپورزایی قارچ عامل بلاست به دلیل بالارفتن کمینه رطوبت نسبی و مساعد شدن شرایط دمایی (وجود هردو شرایط به صورت همزمان) مناسب شده و افزایش جمعیت اسپورها مشاهده شده است. در تاریخ‌های ۲۹ تا ۳۱ تیرماه (۲۲-۲۰ ژوئیه) و ۲۱ تا ۲۲ مردادماه (۱۳-۱۲ اوت) نیز شرایط مشابه آب و هوایی مشاهده شده است (شکل ۶). هم‌چنین قبل از وقوع شرایط مناسب دمایی و رطوبتی یک دوره هوای ابری یا بارش مشاهده شده است.

در شهرستان لاهیجان، پیک اول جمعیت اسپورها همزمان با مساعد شدن شرایط آب و هوایی یعنی بالارفتن کمینه رطوبت نسبی روزانه و معتدل شدن دما (بیشینه دما ۲۶ تا ۲۸) در تاریخ‌های ۲۳ و ۲۴ تیرماه (۱۴ تا ۱۵ ژوئیه) مشاهده شده است. پیک دوم و سوم نیز هم‌زمان با وقوع شرایط مساعد آب و هوایی در تاریخ‌های ۲۹ تا ۳۱ تیرماه (۲۰ تا ۲۲ ژوئیه) و ۲۱ تا



شکل ۵. روند تغییرات جمعیت اسپورهای شکارشده در سه شهرستان رشت، لاهیجان و انزلی در سال ۸۶

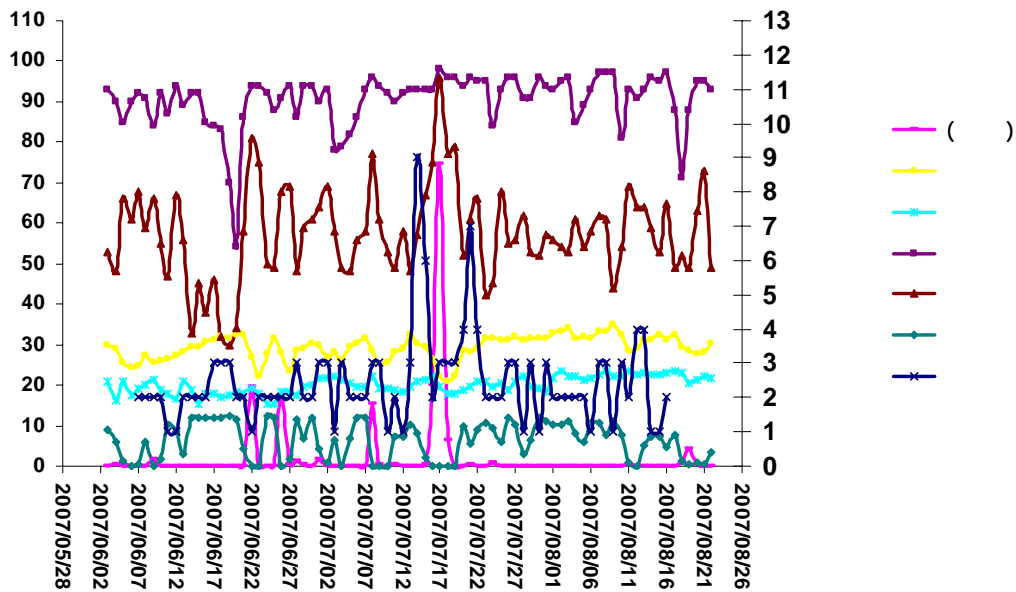


شکل ۶. روند تغییرات جمعیت اسپورهای شکارشده و فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان رشت در سال ۸۶

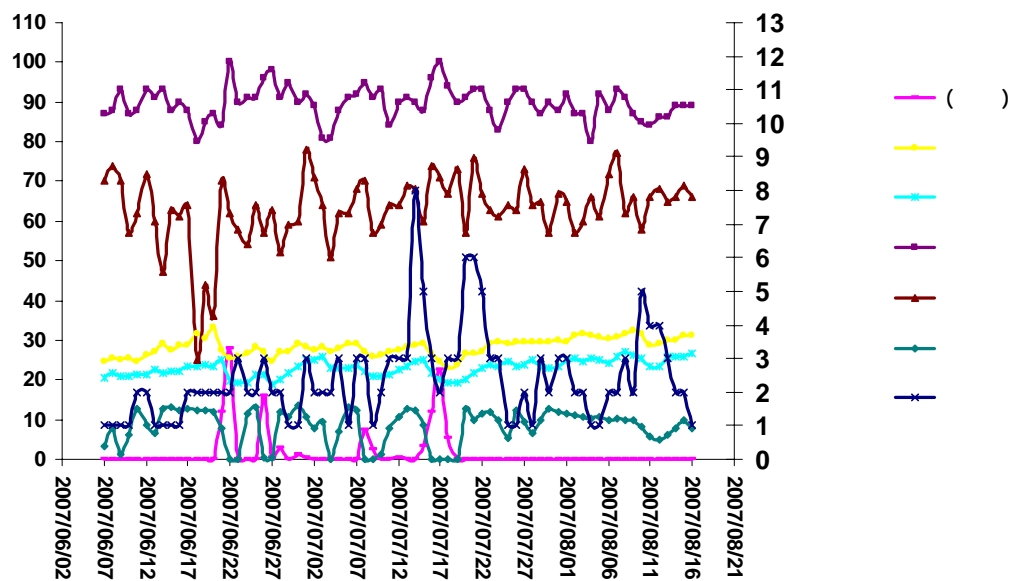
روند تغییرات آب و هوایی آن در مقایسه با دو شهرستان رشت و لاهیجان قابل توجه است. آنچه که در مجموع از مقایسه انجام شده بین روند جمعیت اسپورها و روند تغییرات آب و هوایی طی دو سال ۸۵ و ۸۶ می توان نتیجه گرفت این است که فاکتورهای اقلیمی نظیر

در مناطق مختلف منطبق بر تفاوت در شروع و اتمام دوره های مساعد آب و هوایی است (به عنوان مثال پیک اول در شهرستان رشت را با شهرستان های لاهیجان و انزلی و پیک سوم را در دو شهرستان لاهیجان و انزلی مقایسه کنید). با توجه به اینکه شهرستان انزلی در کنار دریای خزر واقع شده است، تفاوت





شکل ۷. روند تغییرات جمعیت اسپورهای شکارشده و فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان لاهیجان در سال ۸۶



شکل ۸. روند تغییرات جمعیت اسپورهای شکارشده و فاکتورهای آب و هوایی در شهرستان انزلی در سال ۸۶

رطوبت نسبی از اهمیت کمتری برخوردارند. افزایش جمعیت اسپورها سه تا پنج روز بعد از بارش، کاهش بیشینه درجه حرارت روزانه و رسیدن آن به حدود ۲۶ تا ۲۸ درجه و افزایش کمینه رطوبت نسبی روزانه و رسیدن آن به بالای ۶۰ تا ۷۰

بارش، بیشینه درجه حرارت روزانه و کمینه رطوبت نسبی روزانه و ساعات آفتابی از مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی پیش‌بینی کننده افزایش جمعیت اسپورهای عامل بلاست در استان گیلان هستند و فاکتورهایی نظیر کمینه درجه حرارت روزانه و بیشینه

جدول ۱. معادلات به دست آمده برای پیش‌بینی جمعیت پنج روزه اسپورهای عامل بلاست ( $P_s$ ) براساس داده‌های آب و هوایی هفت روز قبل در استان گیلان با توجه به داده‌های سال‌های ۸۵ و ۸۶

متغیر وابسته (مجموع ۵ روز)	متغیر مستقل (میانگین یا مجموع ۷ روز قبل)	مدل	r	R <sup>2</sup>	aR <sup>2</sup>	SE	F	DW
$P_s$	Precipitation(mm)(۱)	$P_s = ۱۲/۵۰ + ۰/۰۶۳P$	۰/۱۹	۳/۸۱	۶/۴۲	۲/۴۲		
		$P_s = ۱۱/۹۲ + ۰/۲۱P - ۰/۰۰۲۱P^2$	۰/۲۷	۷/۷۷	۴/۷۰	۶/۳۴	۲/۵۳	۱/۷۷
$P_s$	$T_{max}$ (۲)	$P_s = ۴۲/۵۱ - ۱/۰۰T_{max}$	-۰/۲۷	۷/۳۳	۶/۳۰	۴/۸۳*		
		$P_s = ۲۱۶/۹۹ - ۱۲/۹۱T_{max} + ۰/۲T_{max}^2$	۰/۲۹	۸/۷۴	۵/۷۰	۶/۳۰	۲/۸۸	۱/۸۵
$P_s$	$T_{min}$ (۳)	$P_s = ۱۹/۷۴ - ۰/۳۱T_{min}$	-۰/۰۹	۰/۸۶	۶/۵۲	۰/۵۳		
		$P_s = -۴۱/۵۵ + ۵/۵۰T_{min} - ۰/۱۳T_{min}^2$	۰/۱۲	۱/۶۶	۰/۰۰	۶/۵۴	۰/۵۱	۱/۹۱
$P_s$	RH <sub>max</sub> (۴)	$P_s = -۲۶/۰۶ + ۰/۴۲RH_{max}$	۰/۲۸	۸/۳۶	۶/۲۶	۵/۵۷*		
		$P_s = -۱۳۴/۰۴ + ۲/۸۰RH_{max} - ۰/۱۳RH_{max}^2$	۰/۲۹	۸/۵۶	۵/۵۱	۶/۳۱	۲/۸۱	۲/۰۵
$P_s$	RH <sub>min</sub> (۵)	$P_s = -۸/۲۸ + ۰/۳۷RH_{min}$	۰/۳۹	۱۵/۳۶	۶/۰۲	۱۱/۰۷**		
		$P_s = ۳۲/۱۶ - ۱/۰۹RH_{min} + ۰/۰۱۳RH_{min}^2$	۰/۴۲	۱۷/۷۳	۱۴/۹۹	۵/۹۸	۶/۳۷**	۱/۹۶
$P_s$	Sunny hours (h)(۶)	$P_s = ۲۱/۳۶ - ۰/۱۵SH$	-۰/۳۵	۱۲/۹۵	۶/۱۱	۹/۰۸**		
		$P_s = ۲۸/۶۷ - ۰/۴۶SH + ۰/۰۰۲۹SH^2$	۰/۳۸	۱۴/۳۸	۱۱/۵۲	۶/۱۱	۵/۰۴**	۱/۹۶
$P_s$	۱*۲	$P_s = ۳۸/۳۵ + ۰/۰۲۱P - ۰/۸۷T_{max}$	۰/۲۷	۷/۶۳	۴/۵۵	۶/۳۴	۲/۴۸	۱/۸۴
$P_s$	۱*۵	$P_s = -۷/۶۸ + ۰/۰۰۹۵P + ۰/۳۵RH_{min}$	۰/۳۹	۱۵/۴۳	۱۲/۶۱	۶/۰۷	۵/۴۸**	۱/۹۹
$P_s$	۱*۶	$P_s = ۲۱/۶۰ - ۰/۰۰۴۷P - ۰/۱۵SH$	۰/۳۶	۱۲/۹۷	۱۰/۰۷	۶/۱۶	۴/۴۷*	۲/۰۱
$P_s$	۲*۵	$P_s = -۱/۴۲ - ۰/۱۷T_{max} + ۰/۳۴RH_{min}$	۰/۳۹	۱۵/۵۱	۱۲/۶۹	۶/۰۷	۵/۵۱**	۱/۹۹
$P_s$	۲*۶	$P_s = ۳۳/۱۱ - ۰/۴۵T_{max} - ۰/۱۲SH$	۰/۳۷	۱۴/۰۶	۱۱/۱۹	۶/۱۲	۴/۹۱*	۱/۹۸
$P_s$	۵*۶	$P_s = ۲/۶۰ + ۰/۲۷RH_{min} - ۰/۰۹۶SH$	۰/۴۴	۱۹/۵۸	۱۶/۹۰	۵/۹۲	۷/۳۱**	۲/۱۲
$P_s$	۱*۲*۵	$P_s = -۲/۰۷ + ۰/۰۰۴۷P - ۰/۱۵T_{max} + ۰/۳۴RH_{min}$	۰/۳۹	۱۵/۵۲	۱۱/۲۲	۶/۱۲	۳/۶۱*	۱/۹۹
$P_s$	۱*۲*۶	$P_s = ۳۶/۸۷ - ۰/۰۲۳P - ۰/۵۴T_{max} - ۰/۱۳SH$	۰/۳۸	۱۴/۳۷	۱۰/۰۲	۶/۱۶	۳/۳۰*	۲/۰۱
$P_s$	۱*۵*۶	$P_s = ۲/۷۸ - ۰/۰۳۱P + ۰/۲۹RH_{min} - ۰/۱۱SH$	۰/۴۵	۲۰/۱۹	۱۶/۱۴	۵/۹۴	۴/۹۸**	۲/۱۸
$P_s$	۲*۵*۶	$P_s = -۲/۶۶ + ۰/۱۴T_{max} + ۰/۲۹RH_{min} - ۰/۱۰SH$	۰/۴۴	۱۹/۶۶	۱۵/۵۸	۵/۹۶	۴/۸۲**	۲/۱۳
$P_s$	۱*۲*۵*۶	$P_s = ۱/۸۸ - ۰/۰۳۱P + ۰/۰۲۵T_{max} + ۰/۲۹RH_{min} - ۰/۱۱SH$	۰/۴۵	۲۰/۲۰	۱۴/۶۹	۶/۰۰	۳/۶۷**	۲/۱۸

$aR^2$ : ضریب تبیین اصلاح شده براساس درجه آزادی  
DW: آماره دورین - واتسون

$R^2$ : ضریب تبیین  
F: آماره F  
SE: خطای استاندارد  
\* = معنی دار در سطح احتمال ۵٪؛ \*\* = معنی دار در سطح احتمال ۱٪

مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که تغییرات جمعیت اسپورهای عامل بیماری وابسته به شرایط آب و هوایی است و پیک‌های اسپوری اغلب بعد از وقوع شرایطی نظیر هوای ابری و بارندگی مشاهده می‌گردند.

به منظور مدل‌سازی و تعیین ارتباط ریاضی مناسب بین جمعیت اسپورهای شکار شده و داده‌های آب و هوایی، از روش رگرسیون گام به گام استفاده و مجموع اسپورهای پنج‌روزه به داده‌های آب و هوایی هفت روز قبل مرتبط شد. علت استفاده از جمعیت پنج روزه اسپورها و میانگین یا مجموع هفت روزه داده‌های آب و هوایی این بود که افزایش جمعیت اسپورها طی

درصد و کاهش ساعات آفتابی و رسیدن آن به کمتر از یک تا سه ساعت در روز اتفاق افتاده و این امر منجر به ظهور لکه‌های بلاست و افزایش درصد آلودگی (در مرحله برگ یا گردن خوشه) طی ۷ تا ۱۰ روز بعد از مناسب شدن شرایط آب و هوایی خواهد شد.

نتایج این تحقیق منطبق بر نتایج تحقیقات صورت گرفته توسط اسماعیل پور و ایزدیار و هم‌چنین تحقیقات صورت گرفته در سایر کشورهای برنج خیز جهان (۵، ۶، ۸، ۱۳، ۱۴، ۱۷ و ۱۸) است. کیم و کیم (۸) تغییرات جمعیت اسپورهای هوازداد عامل بیماری بلاست را در شرایط مزرعه به کمک یک اسپورتراپ

شدت بیماری تأکید می‌کند. نتایج به دست آمده از تحقیق فوق کمک شایانی به پیش‌آگاهی بلاست در استان گیلان خواهد نمود و می‌تواند به منظور توصیه زمان و دفعات سم‌پاشی علیه این بیماری به کار گرفته شود. البته این بررسی مقدمه تحقیقی وسیع در ارتباط با پیش‌آگاهی بیماری بلاست و ارزیابی خسارت ناشی از آن در استان گیلان بوده و نیازمند تحقیقات بیشتر و کامل‌تری است. امید است که بتوان با معرفی یک مدل پیش‌آگاهی مناسب، کشاورزان را در مدیریت کنترل شیمیایی این بیماری یاری نموده و از وقوع خسارت عملکرد یا سم‌پاشی‌های بی‌رویه علیه این بیماری جلوگیری نمود.

چند روز بعد از مناسب شدن شرایط آب و هوایی و نه همزمان با آن اتفاق می‌افتد و به این دلیل نمی‌توان مدل ریاضی مناسبی برای پیش‌بینی جمعیت روزانه اسپورها براساس داده‌های روزانه آب و هوایی معرفی نمود. همان طور که ذکر گردید، هیچ یک از مدل‌های ریاضی به دست آمده در این تحقیق از دقت کافی برای پیش‌بینی جمعیت پنج‌روزه اسپورها برخوردار نبودند، اما در هر صورت در بین مدل‌های حاصل، بهترین مدل برای پیش‌بینی جمعیت پنج‌روزه اسپورها براساس داده‌های آب و هوایی هفت روز قبل، مدلی بود که هر چهار فاکتور میانگین بیشینه درجه حرارت و کمینه رطوبت نسبی هفت‌روزه، بارش و ساعات آفتابی در آن به کار گرفته شدند که دیگر بار بر نقش این عوامل در پیش‌بینی جمعیت اسپورهای هوازاد عامل بیماری و در نهایت پیش‌بینی

## منابع مورد استفاده

1. اسماعیل پور، م. ح. ۱۳۵۹. مطالعه عوامل مؤثر محیطی در روی بیماری بلاست برنج. نشریه آفات و بیماری‌های گیاهی ۴۸(۲): ۱۱۸-۱۰۵.
2. ایزدیاری، م. ۱۳۶۲. رابطه بین شرایط جوی و توسعه بیماری بلاست برگ و خوشه در ارقام مختلف برنج در استان گیلان. خلاصه مقالات هفتمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، دانشکده کشاورزی، کرج.
3. ایزدیاری، م. ۱۳۷۲. بیماری بلاست و روش‌های پیش‌آگاهی آن در استان گیلان. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، دانشگاه گیلان.
4. Calvero, S. B. Jr, S. M. Coakley and P. S. Teng. 1996. Development of empirical forecasting models for rice blast based on weather factors. *Plant Pathol.* 45: 667-678.
5. Chien, C. C., W. H. Tsai, Y. Z. Yang and C. Liu. 1984. Studies on the epidemiology of rice blast disease in central areas of Taiwan. *J. Agric. Res. China* 33: 169-180.
6. Elrefaei, M. J. 1977. Epidemiology of rice blast disease in the tropics with special reference to leaf wetness in relation to disease development. Ph.D. thesis, Faculty of the Post-graduate School, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
7. Hashiguchi, S. and H. Kato. 1983. Quantificational method applied to the forecasting of the rice blast occurrence. *Plant Protec.* 37: 425-429.
8. Kim, C. K. and C. H. Kim. 1991. Predicting rice blast outbreaks in Korea. *In: Rice Blast Modeling and Forecasting.* International Rice Research Institute, Los Banos, the Philippines, pp. 53-67.
9. Kim, C. K., R. Yoshino and S. Mogi. 1975. A trial of estimating number of leaf blast lesions on rice plants on the basis of the number of trapped spores and wetting period of leaves. *Annu. Phytopathol. Soc. Japan* 41: 492-499.
10. Kingsolver, C. H., T. H. Barksdale and M. A. Marchetti. 1984. Rice blast epidemiology. *Bull. Pennsylvania Agric. Experim. Stat.* 853: 1-33.
11. Kono, T. 1977. Studies on the utilization method of electronic computer in the forecast work on disease and insect outbreak. 4. The system calculating forecast values using multiple regression analysis. *Bull. Hiroshima Agric. Experim. Stat.* 39: 1-20.
12. Muramatsu, Y. and T. Koyanagi. 1977. Attempts to utilize computers for forecasting rice diseases and pets. *Plant*

- Protec. 31: 59-63.
13. Ono, K. 1965. Principles, methods and organization of rice disease forecasting. PP. 173-149. *In: The Rice Blast Disease*. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
  14. Padmanabhan, S. Y. 1965. Studies on forecasting outbreaks of blast disease of rice. 1. Influence of meteorological factors on blast incidence at Cuttack. *Proc. of Ind. Acad. Sci.* 62: 117-129.
  15. Shimizu, S. 1980. Quantification analysis of variation of rice blast outbreak and its application to disease forecast. *Bul. Agric. Experim. Station, Naga Agricultural Research Center* 41: 1-137.
  16. Tsai, W. H. 1986. Prediction of rice leaf blast. 3. Meteorological variables and percentage of leaf area infected by *Pyricularia oryzae*. *Plant Protec. Bull. Taiwan* 26: 171-180.
  17. Tsai, W. H. and H. J. Su. 1984. Prediction of rice leaf blast. 1. Meteorological variables and the development of the number of lesions. *J. Agric. Res. China* 34: 71-78.
  18. Tsai, W. H. and H. J. Su. 1985. Prediction of rice leaf blast. Vol. 2. The relationships of meteorological variables, conidial numbers and the development of the number of lesions. *J. Agric. Res. China* 34: 71-78.
  19. Yoshino, R. 1971a. Ecological studies on the infection in rice blast epidemics. I. Infection rates and hyphal growth in epidermal cells. *Proc. of Assoc. Plant Protec. Hokuriku* 19: 14-17.