مدل پیش‌آگاهی زنگ زرد گندم

مهدی صدروی✉

دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۲/۱۲/۲۷

صدروی م. ۱۳۹۲. مدل پیش‌آگاهی زنگ زرد گندم. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۳(۱): ۷۴-۶۲.

چکیده

زنگ زرد مهمترین بیماری گندم در ایران است. هاگ‌های هوازاد قارچ عامل بیماری منبع اولیه آلودگی هستند. دما، رطوبت، شدت و جهت وزش باد، واکنش ارقام تحت کشت به بیماری، وجود بوته‌های گندم در تابستان، زمان کاشت گندم و وضعیت تغذیه گیاه در هر منطقه نیز عوامل موثر در شیوع بیماری هستند. در مدل پیش‌آگاهی بیماری، بر اساس ردیابی بیماری و شدت آن در طی سال، بررسی عوامل آب‌وهوایی موثر بر بیماری، واکنش ارقام تحت کشت در منطقه و مرحله رشد گیاه به هنگام بروز بیماری، زمان مناسب سمپاشی و تعداد دفعات آن تعیین می‌شود. اهمیت بیماری در ایران و جهان، نشانه‌های آن، عامل بیماری، عوامل موثر در شیوع بیماری، مدل پیش‌آگاهی و مراحل اجرایی آن و سموم مناسب برای مبارزه با بیماری شرح داده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌آگاهی، دما، رطوبت، زنگ زرد، گندم

مقدمه

زنگ زرد، مهمترین بیماری گندم در ایران و بسیاری از کشورهای جهان است و در سال‌هایی که همه‌گیری شدید آن روی ارقام حساس بروز می‌نماید، کاهش قابل توجهی در عملکرد محصول را سبب خواهد شد. این بیماری اولین بار در اروپا در سال ۱۷۷۷ میلادی شرح داده شده و از آن هنگام تا کنون از بیش از ۶۰ کشور و در همه اقلیم‌ها به جز قطب‌جنوب گزارش شده است (صدروی ۱۳۸۷، Wiese 1987).

✉ پست الکترونیک: msadravi@yu.ac.ir

این بیماری که در ایران اولین‌بار در سال ۱۳۲٦ گزارش شده در اکثر مناطق کشت گندم در استان‌های آذربایجان‌غربی وشرقی، اردبیل، اصفهان، چهارمحال‌وبختیاری، خراسان‌شمالی، خراسان رضوی، خراسان‌جنوبی، سمنان، فارس، قزوین، قم، کرمان، کهگیلویه و بویراحمد،گلستان، مازندران، مرکزی، همدان و یزد شایع است (اسفندیاری ۱۳۲٦، سجادی ۱۳۸٦، صدروی ۱۳۸۷). همچنین در سراسر دنیا در مناطق سرد یا معتدل و کوهستانی دیده می‌شود (Wiese 1987).

زنگ‌زرد از مخرب‌ترین بیماری‌های گندم در اکثر نقاط دنیا است که در شرایط مساعد خسارت شدیدی به صورت کاهش تعداد دانه در سنبله، کاهش وزن هزار دانه وکیفیت دانه به بار می‌آورد. از نظر اقتصادی میزان خسارت وارده ناشی از همه‌گیری زنگ زرد گندم در سال ۱۳٤٥، ٤/٥ درصد محصول و در سال۱۳۷۲ حدود ۱/٥ میلیون تن برآورد گردیده است (Torabi *et al*. 1995). نشانه‌های مجدد بروز این بیماری روی رقم چمران در سال ۱۳۸۲ از منطقه‌ی سرپل ذهاب (استان‌کرمانشاه) و مرودشت (فارس) گزارش شده است (افشاری و همکاران ۱۳۸۲). این بیماری همچنین در سال‌های۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸درلبنان و سوریه، از سال ۱۳۷٤تا ۱۳۸۱در غرب کانادا، در سال ۱۳۷٥ در آفریقای‌جنوبی، در سال ۱۳۷٦ در دانمارک، در سال‌های ۱۳۷۷–۱۳۷۸ در فرانسه، در سال ۱۳۷۹ در ۲۰ ایالت آمریکا و در سال زراعی ۱–۱۳۸۰در ۱۱ استان چین، شیوع یافته و خسارت‌زا بوده است (Boshoff *et al*. 2002, Yahyaoui *et al*. 2002, Su *et al*. 2003, Høvmoller 2001, Virareal *et al*. 2002, Chen & Moore 2002, Wan & Zhao 2004). کاهش محصول درنتیجه این بیماری روی ارقام حساس بین ٤۰–٥۰ درصد و در مواردی تا ۱۰۰ درصد نیز گزارش شده است. همچنین هزینه مبارزه با زنگ‌زرد گندم در استرالیا برابر ۱۳۹ میلیون دلار در سال برآورد شده و در آمریکا کاهش محصول، ناشی از این بیماری روی ارقام حساس بین۲۳ تا ۸۰ درصد گزارش شده است(Roelfs *et al*. 1992). زنگ زرد گندم در مزارع با آبیاری بارانی و در نواحی با بارندگی زیاد مثل شمال ایران و به‌ویژه روی گندم‌های حساس بالای ۸۰ درصد خسارت می‌زند (Elahinia 2000).

۱- نشانه‌های بیماری

جوش‌های زرد تا نارنجی‌رنگ، کروی روی برگ‌ها به شکل خط‌هایی به موازات رگبرگ‌ها در اوایل بهار تشکیل می‌شوند. آن‌ها پس از تشکیل سنبله‌ها روی سطح گلوم‌ها نیز پدید می‌آیند (شکل۱). آلودگی شدید سبب زردی و خشکیدگی برگ‌ها، کوچک و چروکیده شدن دانه‌ها می‌گردد.

شکل۱- نشانه‌های زنگ زرد گندم، **الف**- جوش‌های زرد رنگ خطی روی سطح برگ، **ب**-جوش‌های روی گلوم.

۲- عامل بیماری

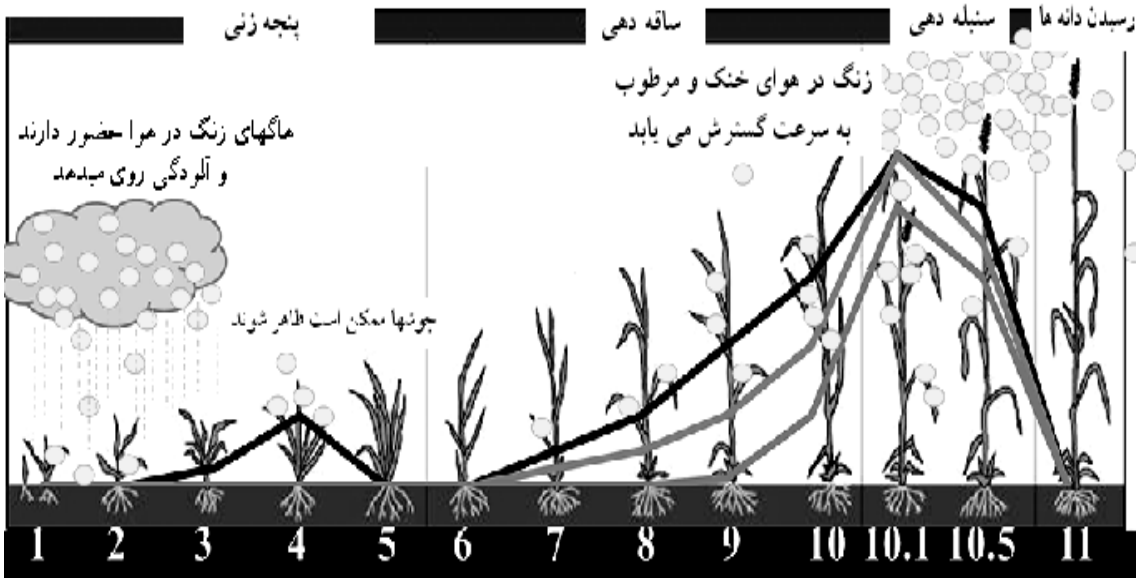
قارچ *Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Eriks & Henn.، که انگل‌اجباری، بلند چرخه، ۲ میزبانه (گندم- زرشک/ *Mahonia spp.*) و با نژادهای متعدد است (Chen *et al*. 2013). آن در اواخر زمستان و اوایل بهار با افزایش دما به ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بارندگی یا رطوبت نسبی بالا، تولید جوش‌های زرد رنگ اوردینیومی(Uredinia) می‌نماید. در صورت مناسب بودن شرایط محیطی از نظردما و رطوبت چند نسل از اوردینیوسپورها (Urediniospores) زاده می‌شوند که با جریان هوا پخش شده و باعث شیوع بیماری می‌شوند. این قارچ می‌تواند پاییز و زمستان را به صورت میسلیوم داخل برگ گندم‌های باقیمانده از سال زراعی قبل و گیاهچه‌های گندم نیز سپری کند و در این شرایط قادر است تا دردمای ۵- درجه‌ی سانتیگراد تا ۱۵۰ روز به صورت نهفته در بافت گیاه زنده بماند، ولی در دماهای پایین تر از بین می‌رود. (Wiese 1987). اوردینیوسپورها پس از قرار گرفتن روی برگ در صورت وجود شبنم یا رطوبت کافی، ۳ ساعت بعد جوانه زده و از طریق روزنه به داخل برگ نفوذ می‌کنند (Roelfs *et al*. 1992). قارچ در داخل برگ رشد نموده و با تولید مکینه از مواد داخل سلول‌ها تغذیه کرده و پس از یک دوره‌ی نهفتگی ۹ تا ۱۳ روزه جوش‌ها با هاگ‌های فراوان تشکیل می‌دهد، که با جریان هوا و باران ملایم پخش می‌شوند و چرخه آلودگی تکرار می‌شود. میزان خسارت بیماری بستگی به زمان و شدت آلودگی، میزان حساسیت گیاه میزبان و دما در مرحله رسیدن دانه‌ها دارد و حداکثر خسارت زمانی روی می‌دهد که آلودگی در اول فصل اتفاق افتد و در طول فصل رشد ادامه یابد. آلودگی برگ‌های پایینی تاثیر کمتری در کاهش محصول دارد. کاهش محصول زمانی چشم‌گیر خواهد بود، که آلودگی تا زمان ظهور برگ پرچم و سنبله‌ها ادامه یابد، زیرا ثابت شده برگ پرچم در پرشدن دانه‌ها، ۴۰-۳۰درصد موثر است (شکل ۲). در اواخر سال زراعی و با گرم شدن هوا (میانگین دمای بالای ۲۵-۲۰

درجه سانتی‌گراد)، جوش‌های تلیومی روی و پشت برگ‌ها ظاهر می‌شوند که عامل بقای قارچ هستند. بعد از برداشت گندم در اوایل تابستان، قارچ می تواند روی گندم‌های مزارع دیرکاشت واقع در مناطق سرد و مرتفع، گندم‌های خودرو،حاصل از ریزش بذر در موقع برداشت، به حالت فعال باقی‌مانده و در پاییز هاگ‌های آن توسط باد روی گیاهچه‌های تازه روییده گندم منتقل شوند. اگر در این زمان دما و رطوبت برای جوانه‌زنی و نفوذ قارچ فراهم باشد، اولین آلودگی به طور پراکنده در مزارع ایجاد می‌شود. تابستان گرم و طولانی سبب کاهش جمعیت قارچ برای ایجاد آلودگی پاییزه می‌شود. هر چه دما در طول تابستان کمتر باشد هاگ‌زایی قارچ بیشتر و آلودگی پاییزه افزایش می‌یابد (Milus *et al*. 2006).

۳- عوامل مؤثر در شیوع زنگ زرد گندم

۳-۱- دما

دما در همه مراحل بیماری موثر است، در زمستان‌گذرانی بیمارگر دمای کمتر از ۵- درجه سانتی‌گراد، باعث مرگ آن در بافت برگ می‌شود. آلودگی در اواخر زمستان و اوایل بهار به ندرت در دمای زیر ۲ درجه و بالای ۲۳ درجه اتفاق می‌افتد و بیش‌ترین گسترش بیماری در دمای ۱۵-۱۰ درجه رخ می‌دهد. در این دما چرخه بیماری از نفوذ بیمارگر به بافت برگ تا تولید هاگ‌های جدید حدود ۱٤-۱۲ روز طول می‌کشد. این زنگ معمولاً در بهار ۲ چرخه و در تابستان گرم، ۱ چرخه در هر ماه تولید می‌کند (Stubbs 1985).



شکل ۲- نحوه شیوع زنگ زرد در مراحل مختلف رشد گندم (http://plantpath.wsu.edu).

۳-۲- رطوبت

یکی دیگر از عوامل موثر در شیوع بیماری رطوبت است. در نواحی شمالی و مرطوب، باران‌های تند و زودگذر شرایط ایده‌آلی برای آلودگی ایجاد می‌کند. باران باعث پخش اوردینیوسپورها به صورت تکی یا دسته‌ای می‌شود. در رطوبت بالا دسته‌های هاگ بزرگتر می‌شوند و بهتر به برگ‌ها می‌چسبند. بعد از بارندگی نیز رطوبت بالای هوا و خاک اغلب برای چند شب تولید شبنم می‌کنند و شرایط مناسبی برای جوانه‌زنی اوردینیوسپورها و نفوذ آن‌ها به بافت گیاه، فراهم می‌شود. رطوبت بالا باعث افزایش تعداد نسل بیمارگر و شیوع بیماری می‌شود، بنابراین برای پیش‌بینی زنگ‌زرد از اندازه‌گیری میزان بارندگی و نقطه‌ی شبنم در مزرعه استفاده می‌کنند (Rapilly 1979).

از سوی دیگر رطوبت بالا چون سبب تندش هاگ‌ها می‌شود، ماندگاری آن‌ها را کاهش می‌دهد. اوردینیوسپورها اگر در شرایط مرطوب نگه داشته شوند قدرت زیستی آن‌ها سریع‌تر کاهش می‌یابد، تا در شرایط خشک باشند. بنابراین در هوای خشک این هاگ‌ها دوام بیش‌تری دارند و احتمال بقای آن‌ها تا محصول بعدی زیاد است (Chen *et al*. 2013).

یکی از دلایل شیوع هرساله زنگ زرد گندم، هوای خشک در طول تابستان است که اجازه می‌دهد اوردینیوسپورها روی گندم‌های بهاره‌ای که دیرتر برداشت شده‌اند، در طول تابستان زنده بمانند و روی گیاهچه‌های گندم پاییزه ایجاد آلودگی کنند (Rapilly 1979).

۳-۳- شدت و جهت وزش باد

باد با خشک کردن اوردینیوسپورها سبب کاهش تندش آن‌ها و آلودگی می‌شود اما مدت ماندگاری آن‌ها را افزایش می‌دهد، اما نقش مهم تر باد در انتشار این هاگ‌ها و شیوع بیماری است. اوریدینیوسپورها در هوای ساکن، ۱سانتی متر در ثانیه حرکت می‌کنند و۸ ساعت و۲۰ دقیقه طول می‌کشد که یکی از آن‌ها ۳۰۰متر را بپیماید. اکثر آن‌ها در ۱۰۰ متر اطراف توده‌ی گیاهی می‌مانند و فقط ۱۰ درصد آن‌ها به فاصله بیش از ۱۰۰متر می‌روند. این هاگ‌ها توسط باران شسته شده وروی گیاه سقوط می‌کنند و سبب آلودگی محصول می‌شوند، ولی آن‌ها توسط باد می‌توانند بیش از ۸۰۰ کیلومتر منتقل شوند. زنگ زرد توسط جریان باد مسافت ۲۰۰۰۰ کیلومتری را از استرالیا به نیوزلند طی می‌کند(Steele *et al*. 2000).

حرکت این هاگ‌ها بین کشورهای انگلستان، آلمان، فرانسه و دانمارک در اروپا در دایره‌ای به قطر ۱۷۰۰ کیلومتر، همراه با جهت جریان باد تشخیص داده شده است(Høvmoller *et al*. 2002). همچنین نحوه شیوع این بیماری در مناطق

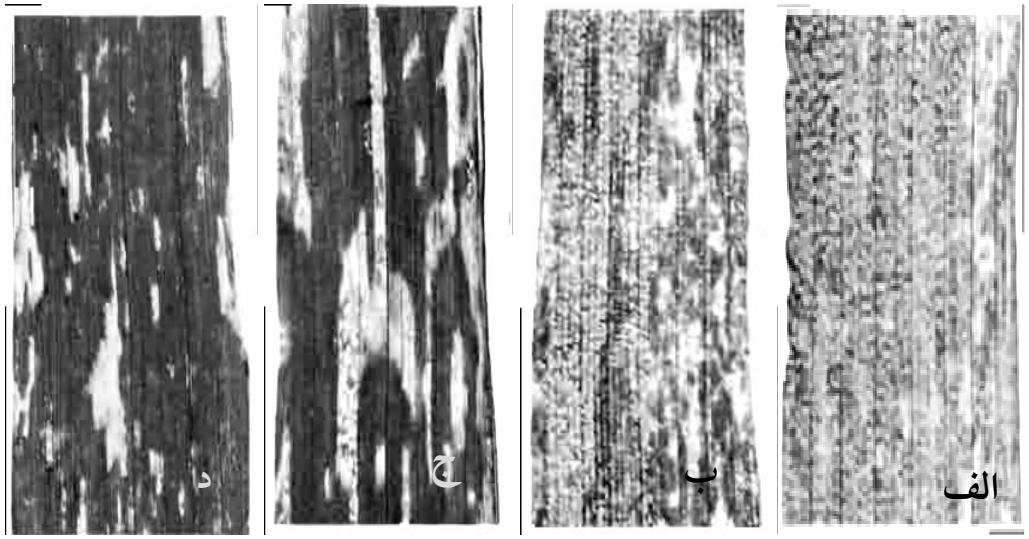
مختلف کشور دانمارک در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷٦ منطبق با جهت وزش باد از جنوب به غرب این کشور بوده است (Justesen *et al*. 2002).

۳-۴- واکنش ارقام تحت کشت به بیماری

واکنش ارقام گندم در برابر بیماری، که در شکل ۳ نیز نشان داده شده‌اند، عبارتند از: **مقاوم(R)**: با لکه‌های رنگ پریده تا سفید، گاهی با تعداد کمی جوش ریز زرد رنگ، **نیمه‌مقاوم(MR)**: بروز لکه‌های زرد تا سفید خطی با جوش‌های ریز، کم و پراکنده، **نیمه‌حساس(MS)**: بروز لکه‌های زرد تا سفید خطی همراه با جوش‌های با اندازه متوسط، **حساس(S)**: ظهور جوش‌های فراوان روی برگ، که بافت حاشیه آن‌ها زرد است (Coakley *et al*. 1988).

۳-۵- وجود بوته‌های گندم در تابستان

بوته‌های گندم خودرو، یا باقیمانده از سال زراعی قبل، در منطقه در طی تابستان، پل سبزی ایجاد می‌کنند که بیمارگر می‌تواند با آن تمام طول سال زنده بماند. در مناطقی نیز که ارقام گندم پاییزه و بهاره کشت می‌شوند، ابتدا بوته‌های گندم پاییزه، به‌ویژه ارقام حساس، آلوده شده وبیمارگر روی آن‌ها تولید هاگ‌های فراوان می‌کند، پس از برداشت محصول این ارقام، اوریدینیوسپورها به روی گندم‌های بهاره مهاجرت می‌کنند و پس از برداشت محصول این ارقام به روی گیاهچه‌های ارقام پاییزه به همراه جریان هوا منتقل می‌شوند (Murray *et al*. 2005).



شکل۳- انواع واکنش ارقام گندم نسبت به زنگ زرد، **الف-** حساس، **ب-** نیمه‌حساس، **ج-** نیمه‌مقاوم، **د-** مقاوم (Roelfs *et al*. 1992).

۳-۶- زمان کاشت گندم

کشت زودهنگام گندم، پل سبزی را برای انتقال بیماری به بوته‌هایی که دیرتر کاشته می‌شوند فراهم می‌کند و از آنجا که هاگ‌های بیمارگر می‌توانند مسافت‌های طولانی توسط باد منتقل گردند، بوته‌های زود کاشته شده بیمار منبع تهدید کننده کشت‌های بعدی در سطح منطقه وسیعی می‌باشند (سجادی ۱۳۸٦).

۳-۷- وضعیت تغذیه گیاه

تغذیه مناسب گیاه سبب تقویت آن شده و افزایش مقاومت آن به بسیاری از عوامل بیماری‌زا می‌شود. استفاده بهینه از کودهای پتاسه سبب افزایش مقاومت گندم به زنگ زرد می‌شود. اما استفاده بیش از حد کودهای ازته در مزرعه گندم سبب افزایش رشد رویشی گندم و افزایش تراکم توده گیاهی و رطوبت می شود و شرایط را برای شیوع زنگ زرد فراهم می‌کند. هم‌چنین مقاومت گیاه بالغ در محصول با مصرف بیشینه ازت کاهش می‌یابد (Murray *et al*. 2005).

۴- مدل پیش‌آگاهی زنگ زرد گندم

پیش‌آگاهی از بیماری‌های گیاهی به صورمختلف تعریف شده است، از جمله: برآورد شدت وقوع و شیوع یک بیماری قبل از به واقعیت پیوستن آن، یا تمام فعالیت‌هایی که به کشاورزان توجه می‌دهد و آن‌ها را مطمئن می‌سازد که شرایط برای بروز بیماری آن‌قدر آماده است که به کارگیری روش‌های مبارزه سودآور است و یا آن‌چنان بیماری بی‌اهمیت است که برای مبارزه با آن بیماری نباید وقت، انرژی و هزینه مصرف گردد (آهومنش ۱۳۸۸). برای اجرای یک برنامه پیش‌آگاهی لازم است از زیست‌شناسی بیمارگر و مراحل زندگی آن، که در وقوع، شیوع و پایداری بیماری موثر هستند، همچنین شرایط آب و هوایی و زراعی موثر در شیوع بیماری آگاهی داشت. آن‌گاه این اطلاعات را در هر منطقه در طی یک دوره چند ساله (حداقل ۲ ساله) جمع‌آوری نمود و در قالب یک بانک اطلاعاتی رایانه‌ای ثبت و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و بر اساس نتایج به دست آمده، که شامل زمان ظهور بیماری در منطقه و تغییرات شدت بیماری در طی دوره رشد گیاه و همبستگی عوامل آب‌وهوایی و زراعی با این تغییرات، زمان مناسب مبارزه شیمیایی با بیماری را در آن منطقه تعیین نمود و پیش از شیوع بیماری و وارد آمدن خسارت به محصول، آن را برای اجرا، به اطلاع کشاورزان رساند.

پیش‌آگاهی زنگ زرد گندم بر اساس بررسی و ردیابی بیماری و عوامل موثر در شیوع آن، که شرح داده شدند، باید در هر منطقه طی این مراحل صورت گیرد:

۴-۱- ردیابی بیماری و تعیین شدت آن

این کار باید در زمان‌های زیر صورت گیرد:

٤-۱-۱- تابستان بعد از برداشت محصول

در این زمان باید از مزارع کشت شده بعد از گندم بازدید به عمل آید و حضور بوته‌های گندم بیمار بررسی گردد، همچنین وضعیت بیماری در مزارع گندم دیر کشت شده و بهاره در ارتفاعات بالاتر ارزیابی گردد.

٤-۱-۲- پاییز

از زمان کاشت گندم در پاییز تا شروع سرمای زمستانه هر ۱۰ روز یکبار از مزارع بازدید به عمل آید، در صورت مشاهده زنگ در هر مزرعه بهتر است حداقل در ۵ قسمت، ٤ گوشه و وسط، با پرتاب کادر چوبی ۵۰×۵۰ سانتی‌متر بوته‌ها از نظر آلودگی به زنگ مورد بررسی قرارگیرند. در این زمان ممکن است نشانه‌های اولیه بیماری، به‌صورت نقاط رنگ پریده پراکنده و یا خطوط کوتاه ظاهر شوند، آن‌گاه تاریخ ظهور نشانه‌ها، درصد بوته‌های بیمار و شدت بیماری آن‌ها تعیین شود (شکل ٤).

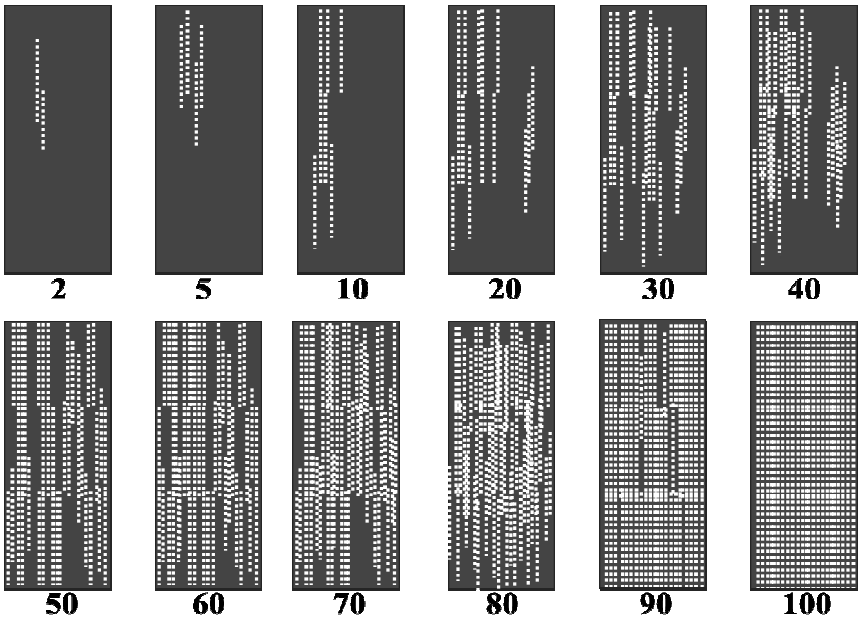
٤-۱-۳- بعد از سرمای زمستان تا برداشت محصول

پس از رفع سرمای زمستانی و شروع مجدد رشد بوته‌ها هر ۷ روز یک‌بار و بعد از بروز جوش‌ها هر ۳ تا ٤ روز یک‌بار از مزارع گندم در منطقه بازدید و درصد بوته‌های بیمار و شدت بیماری آن‌ها تعیین شود.

۴-۲- تهیه آمار هواشناسی

در زمان‌های دوم و سوم ردیابی بیماری بهتر است، حداقل، حداکثر و میانگین دما و رطوبت‌نسبی روزانه؛ مدت زمان و میزان بارندگی؛ وجود شبنم در طول عصر تا صبح؛ سرعت و جهت وزش باد؛ تعداد ساعت‌های ابری و آفتابی بودن نیز تعیین گردد و همبستگی تغییرات این عوامل با شدت بیماری محاسبه شود.

پژوهش‌ها نشان داده، که احتمال بروز و شیوع بیماری در سال‌هایی که زمستان معتدل و بهار خنک باشد بیش‌تر است. همچنین استفاده از میانگین دمای روزانه برای پیش‌بینی زنگ زرد در یک منطقه ممکن است سبب بروز خطا شود، زیرا مثلا یک منطقه دمای روزانه‌ی ۲۸ – ۲۲درجه دارد، در حالی‌که در منطقه‌ی دیگر دما ۳٤ – ۱٦ درجه است و میانگین در هر ۲ منطقه ۲۵ درجه می‌باشد، اما در واقع احتمال شیوع بیماری در منطقه دوم بیشتر است چون دوره زمانی مناسب برای بروز



شکل ۴- مقیاس تعیین شدت بیماری زنگ زرد گندم، براساس درصدی از بافت برگ که توسط جوش‌ها پوشیده شده است(http://plantpath.wsu.edu).

بیماری در این منطقه طولانی‌تر است وهم‌چنین دمای کمینه در منطقه اول در حد مرزی برای بروز آلودگی است (Stubbs 1985). شرایط آب و هوایی مناسب برای مراحل مختلف زندگی قارچ بیمارگر در جدول ۱ آورده شده است.

جدول۱- شرایط آب و هوایی مناسب برای هر یک از مراحل زندگی قارچ عامل زنگ زرد گندم (Roelfs *et al*. 1992).

دما(سانتی‌گراد) / مرحله زندگی	کمینه	بهینه	بیشینه	نور	رطوبت
تندش اوردینیوسپور	۰	۳-۱۵	۲۳	کم	رطوبت آزاد
رشد لوله تندشی	۲	۱۰-۱۵	۲۳	کم	رطوبت آزاد
نفوذ به بافت گیاه	۲	۸-۱۳	۲۳	کم	رطوبت آزاد
رشد در بافت گیاه	۳	۱۲-۱۵	۲۰	زیاد	لازم نیست
هاگ‌زایی	۵	۱۲-۱۵	۲۰	زیاد	بیش از ۷۰ ٪

۴-۳- بررسی واکنش ارقام تحت کشت به بیماری

ارقام شهریار، شیراز، دنا، مرودشت، امیر و امید مقاوم، الوند، الموت، شهریار، زرین، طوس و مهدوی نیمه‌مقاوم، پیشتاز، روشن، قدس، فلات و نوید حساس به نژادهای غالب بیمارگر در نقاط مختلف ایران گزارش شده‌اند (Torabi *et al*. 1995، سجادی ۱۳۸٦).

نتیجه

هدف از اجرای برنامه پیش‌آگاهی این بیماری تعیین زمان مناسب مبارزه شیمیایی، پیش از شیوع بیماری و وارد آمدن خسارت به محصول است. از نظر اقتصادی زمانی که احتمال خسارت بیش از ۱۰ درصد به محصول وجود داشته باشد، مبارزه شیمیایی مقرون به صرفه خواهد بود. در این برنامه براساس ردیابی بیماری و تعیین شدت آن و بررسی عوامل آب و هوایی، هنگامی که ۵ روز متوالی میانگین دما ۱۳-۱۵ (کمینه بیش از ۷) درجه سانتیگراد، میانگین رطوبت نسبی هوا ۷۰٪ و حداقل ۲ روز بارندگی بیش از ۵ میلیمتر وجود داشته باشد احتمال بروز آلودگی در ۳-۵ روز آینده وجود دارد، لذا باید پیش‌بینی لازم برای مبارزه به‌عمل آید و به محض مشاهده کمتر از ۱۰ درصد شدت بیماری روی برگ‌های پایینی، یا کمتر از ۵ درصد روی برگ پرچم، سم‌پاشی انجام شود. مبارزه شیمیایی بستگی به واکنش ارقام تحت کشت در منطقه نیز دارد. در ارقام حساس به محض بروز اولین نشانه‌های بیماری، یا وقتی جوش‌ها در ۱۰ تا ۲۰ درصد برگ‌ها مشاهده شدند سم‌پاشی باید آغاز شود. در ارقام نیمه حساس و نیمه مقاوم، سم‌پاشی درصورتی که شرایط آب و هوایی برای شیوع بیماری مناسب و شواهدی مبنی بر گسترش بیماری در مزرعه وجود داشته باشد، انجام می‌گیرد. معمولا ارقام مقاوم نیاز به سم‌پاشی ندارند ولی اگر در این ارقام جوش‌ها مشاهده شدند احتمالا نژاد جدید بیمارگر است. مرحله رشد گندم نیز می‌تواند در اجرای برنامه سم‌پاشی تعیین کننده باشد. درصورت بروز آلودگی بهاره در مراحل رشدی ساقه‌دهی تا ۳ برگ زیر سنبله لازم است مزارع سم‌پاشی شده هر ۳ الی ٤ روز یک‌بار به طور مرتب بازدید و درصورت مشاهده شروع آلودگی روی برگ پرچم و وجود شرایط مساعد، سمپاشی دوم انجام گیرد. در صورت ادامه شرایط جوی مساعد و پیشرفت بیماری بعد از اتمام دوره ماندگاری سموم استفاده شده و با در نظرگرفتن وضعیت بارندگی، سمپاشی‌های مجدد انجام گیرد. خسارت بیماری روی سنبله زمانی به خوبی مهار می‌شود که قارچکش‌ها کمی قبل از خروج سنبله از غلاف برگ پرچم یا بلافاصله بعد از ظهور آن پاشیده شوند.

سم‌پاشی بعد از مرحله خمیری شدن دانه‌ها توصیه نمی‌شود، چرا که خسارت بیماری در این مرحله کمتر ازهزینه‌های مبارزه شیمیایی است(Murray *et al*. 2005، سجادی ۱۳۸٦، بهروزیان ۱۳۸۳).

مبارزه شیمیایی با این بیماری به ۲ صورت: الف- تیمار بذر با سموم تریادیمنول (بایتان، پودر قابل تعلیق در آب ۷/۵٪)، یا پروپیکونازول (تیلت، امولسیون ۲۵٪)، یا تریادیمفون (بایلتون، پودر قابل تعلیق در آب ۲۵٪) که می‌توانند گیاهچه‌ها را در پاییز تا ۳ هفته پس از کاشت در برابر بیماری محافظت کنند. ب- سم‌پاشی هوایی سایپروکونازول (آلتو، مایع قابل حل در آب ۱۰ درصد)، یا سایپروکونازول+پروپیکونازول (آرتهآ، امولسیون ۳۳٪) در بهار درمرحله ساقه‌دهی از زمان بروز اولین نشانه‌های بیماری تا ظهور سنبله‌ها توصیه شده است (بامدادیان ۱۳۷٦، شیخی‌گرجان و همکاران ۱۳۸۸).

منابع Referrences

آهومنش ع. ۱۳۸۸. اصول مبارزه با بیماری‌های گیاهی. چاپ ششم. دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳۹۱ص.

اسفندیاری ا. ۱۳۲٦. زنگ غلات در ایران. *حشره‌شناسی و گیاه‌پزشکی* ٤: ۷٦-٦۷.

افشاری ف.، ترابی م. و ملیحی‌پور ع. ۱۳۸۲. ظهور نژاد جدید زنگ زرد گندم در ایران. *نهال و بذر* ۱۹: ٥٤٦-٥٤۳.

بامدادیان ع. ۱۳۷٦. قارچ‌کش‌ها و کاربرد آن‌ها در کشاورزی. انتشارات برهمند، ۲۳٥ص.

بهروزیان م.۱۳۸۳ راهنمای بیماری‌های مزارع گندم در ایران. سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، ۷۳ص.

سجادی م. ۱۳۸٦. دستورالعمل مبارزه با بیماری‌های گندم. سازمان حفظ نباتات، ۱۱٥ ص.

شیخی‌گرجان ع.، نجفی ح.، عباسی س.، صابر ف.، رشید م. ۱۳۸۹. راهنمای آفت‌کش‌های ایران. انتشارات کتاب پایتخت،۲۳۷ص.

صدروی م. ۱۳۸۷. بیماری‌های مهم گیاهان زراعی ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۰۸ص.

Boshoff W. H. P., Pretorius Z. A. & Van Niekerk B. D. 2002. Establishment, distribution, and pathogencity of *Puccinia striformis* f. sp. *tritici* in South Africa. *Plant Disease* 86:485- 492.

Chen W., Wellings C., Chen X., Kang Z. & Liu T. 2013. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Molecular Plant Pathology* Doi: 10.1111/mpp.12116.

Chen X. & Moore M. 2002. Wheat stripe rust epidemics and races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the United States in 2000. *Plant Disease* 86:39-46.

Coakley S. M., Line R. F. & McDaniel L. R. 1988. Predicting stripe-rust severity on winter wheat using an improved method for analyzing meteorological and rust data. *Phytopathology* 78:543-550.

Elahinia S. A. 2000. Assessment of urediniospore germination of *Puccinia striiformis* at various temperature on agar and detached leaves of wheat. *Journal of Agricultur Science and Technology* 2:1-8.

Høvmoller M. S. 2001. Disease sevsrity and pathotype dynamics of *Puccinia striformis* f. sp. *tritici* in north-west Europe. *Plant Patholpgy* 51:24-32.

Høvmoller M. S., Justesen A. F. & Brown J. K. M. 2002. Clonality and long-distance migration of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in north-west Europe. *Plant Pathology* 51:24-32.

Justesen A. F., Ridout, C. J. & Høvmoller M. S. 2002. The recent history of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark as revealed by disease incidence and AFLP. *Plant Pathology* 51:13.

Murray G., Wellings C., Simpfendorfer S. & Cole C. 2005. Stripe Rust Understanding the Disease in Wheat. NSW Department of Primary Industries, Australia, 12p.

Rapilly F. 1979. Yellow rust epidemiology. *Annual Review of Phytopathology* 17 :59-73

Roelfs A. P., Singh R. P. & Saari E. E. 1992. Rust Diseases of Wheat-Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT, Mexico, 81 p.

Steele K. A. , Humphreys E., Wellings C. R. & Dikinson M. J. 2001. Support for a stepwise mutation model for pathogen evolution in Australasian *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* by use of molecular markers. *Plant Pathology* 50:174-180.

Stubbs R.W. 1985. Stripe rust. Pp.61–101. *In*: A. P. Roelfs & W. R. Bushnell(eds.). Cereal Rusts. Vol. II. Distribution, Disease Epidemiology and Control. Academic Press, New York,U.S.A.

Stubbs R.W., Prescott J. M., Saari E. E. & Dubin H. J. 1986. Cereal Disease Methodology Manual. CIMMYT, Mexico, 46p.

Su H., Conner R. L. , Graf R. G. & Kuzyk A. D. 2003. Virolance of *Puccinia striformis* f. sp. *tritici* cause of stripe rust on wheat in western Canada from 1984-2002. *Canadian Jornal of Plant Pathology* 51: 312-319.

Torabi M., Mardouchi W., Nazari K., Golzar H. & Kashani A. S. 1995. Effectiveness of wheat Yellow rust resistance gene in different part of Iran. *Cereal Rust and Powdery Mildew Bulletin* 23:9-12.

Wan A. & Zhao Z. 2004. Wheat stripe rust epidemic and virolance of *Puccinia striformis* f.sp. *tritici* in China in 2002. *Plant Disease* 88:896-904.

Wiese M.V. 1987. Compendium of Wheat Disease. APS Press, MN, U.S.A.,112p.

Yahyaoui A. H., Hakim M. S., El Naimi M. & Rbeiz N. 2002. Evaloution of physiological races and virulance of *Puccinia striiformis* on wheat in Syria and Lebanon. *Plant Disease* 86:499-504.

A Forecasting Model of Wheat Yellow Rust

MEHDI SADRAVI✉

Associate Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Yasouj University, Yasouj, Iran (✉E.mail: msadravi@yu.ac.ir).

Sadravi M. 2014. A forecasting model of wheat yellow rust. *Plant Pathology Science* 3(1):62-74.

Abstract

Yellow rust is a major disease of wheat in Iran. Airborne spores of the fungal pathogen are the primary source of contamination. Temperature, humidity, intensity and direction of wind, cultivars response to disease, existence of volunteer wheat in summer, planting time and level of nutrition, are main factors which affect the disease epidemic. In forecasting model based on the disease tracing and its severity in a particular year, some effective agents such as climatic factors, cultivars response and plant growth stage, are determining the numbers of fungicide application. In this review, the importance of disease in the world and Iran as well, disease symptoms, causal agent, effective factors in disease spread, forecasting model and its executive steps and also the suitable fungicides for disease control have been described.

Key words: Forecasting, Tempreture, Humidity, Rust, Wheat