



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

زنگ سیاه گندم و مدیریت آن

(به همراه واکنش ارقام تجاری کشور در برابر بیماری)



تألیف:

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

۱۳۹۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نشریه فنی

زنگ سیاه گندم و مدیریت آن

(به همراه واکنش ارقام تجاری کشور در برابر بیماری)

تألیف:

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

۱۳۹۹

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

-
- عنوان نشریه: زنگ سیاه گندم و مدیریت آن (به همراه واکنش ارقام تجاری کشور در برابر بیماری)
 - نوع نشریه: نشریه فنی
 - تألیف: علی ملیحی‌پور
 - ویرایش علمی:
 - ویرایش فنی:
 - ناشر: مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، استان البرز، ایران
 - شمارگان (تیراژ):
 - سال انتشار: ۱۳۹۹
 - شماره و تاریخ ثبت در مرکز اسناد و مدارک علمی کشاورزی: شماره ۵۹۱۳۱ به تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۰۹
-

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه.....
۲	اهمیت بیماری.....
۶	علائم بیماری.....
۱۰	عامل بیماری.....
۱۳	توسعه بیماری.....
۱۶	مدیریت بیماری.....
۱۹	واکنش ارقام گندم تجاری ایران در برابر بیماری.....
۲۹	منابع مورد استفاده.....

مقدمه

زنگ سیاه^۱ یا زنگ ساقه^۲ یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم است که بعد از چند دهه وقفه در فعالیت و عدم خسارت جدی به گندم دوباره در ایران ظهور کرده و تولید گندم کشور را تهدید می‌کند. این بیماری به‌ویژه بعد از گزارش وجود نژاد خطرناک Ug99 قارچ عامل بیماری از غرب و جنوب غرب ایران در اواخر دهه ۱۳۸۰ و اطلاع از بی اثر شدن ژن مقاومت *Sr31* در کشور اهمیت زیادی پیدا کرده است. علاوه بر وجود نژاد Ug99، برخی نژادهای محلی نیز در کشور شایع هستند که به‌علت پرازاری روی برخی ژن‌های مقاومت مهم در گندم و حساس بودن بسیاری از ارقام تجاری مورد کاشت در کشور در برابر آنها مایه نگرانی عمیق هستند. با توجه به وجود چنین نژادهای خطرناکی از قارچ عامل بیماری در کشور و حساسیت بسیاری از ارقام گندم مورد کاشت در برابر قارچ عامل بیماری، در صورت مساعد بودن شرایط آب و هوایی برای توسعه زنگ سیاه این بیماری می‌تواند به‌صورت اپیدمی در آمده و خسارت وارد کند.

اولین گام برای مدیریت هر بیماری شناخت آن است. نشریه حاضر با هدف افزایش دانش و معلومات دست‌اندرکاران تولید گندم در ارتباط با بیماری زنگ سیاه تدوین شده است. در این نشریه علاوه بر اشاره به اهمیت این بیماری، اطلاعات قابل توجهی در ارتباط با علایم بیماری، عامل بیماری، شرایط توسعه بیماری و نحوه اپیدمی شدن آن و بالاخره روش‌های مدیریت بیماری ارائه شده است. در انتها نیز واکنش ارقام تجاری گندم کشور در برابر این بیماری آورده شده است. امید است اطلاعات این نشریه به افزایش دانش و معلومات محققان، کارشناسان،

1. Black rust
2. Stem rust

مروجان، کشاورزان گندم‌کار و همه دست‌اندرکاران تولید این محصول در ارتباط با این بیماری و نحوه مدیریت آن کمک کند و از این طریق در افزایش تولید محصول گندم در کشور نقش داشته باشد.

اهمیت بیماری

از نظر تاریخی، زنگ سیاه یا زنگ ساقه یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین بیماری‌های گندم در بسیاری از کشورهای جهان بوده است. این بیماری که معمولاً در شرایط مرطوب و درجه حرارت‌های بالا توسعه پیدا می‌کند، خسارت‌زاترین زنگ از میان زنگ‌های گندم بوده و میزان خسارت ناشی از آن ممکن است تا نابودی کامل مزارع گندم در سطح وسیع نیز برسد (Singh et al. 2008b; Roelfs et al. 1992; Pardey et al. 2013). گندم، جو، تریتیکاله و چند گونه نزدیک دیگر به‌عنوان میزبان‌های اولیه^۱ این بیماری و گیاه زرشک^۲ به‌عنوان میزبان واسطه^۳ آن به‌شمار می‌روند (Roelfs et al. 1992).

در سال‌های دور اپیدمی‌های گسترده‌ای از زنگ سیاه در بسیاری از مناطق گندم‌کاری جهان روی داده و خسارت سنگینی به این محصول وارد کرده است. خسارت این بیماری طی دوره‌های مختلف تاریخی در کانادا (Kolmer 2001)، مخروط جنوبی آمریکای جنوبی (German et al. 2007)، قاره اروپا، شبه قاره هند، استرالیا (Park 2007)، آفریقای جنوبی (Pretorius et al. 2007)، آفریقای شرقی (Wanyera et al. 2006) و چین (Knott 1989; Roelfs et al. 1992) قابل توجه بوده است. زنگ سیاه که احتمالاً از زمان‌های قدیم در ایران وجود داشته

1. Primary host
2. Common barberry (*Berberis vulgaris*)
3. Alternative host

است، برای اولین بار در سال ۱۳۲۶ از کشور گزارش گردید (اسفندیاری ۱۳۲۶). طبق گزارشات موجود، این بیماری از آن زمان در کشور ما اهمیت داشته و در برخی مناطق کشور خسارت وارد می‌کرده است. تا سال ۱۳۵۵ چندین اپیدمی از این بیماری در مناطق عمده کشت گندم به خصوص در مناطق گرم جنوب و گرم و مرطوب شمال کشور به وقوع پیوسته و صدمات شدیدی به این محصول وارد نموده است (بامدادیان و ترابی ۱۳۵۷؛ شریف و همکاران ۱۳۴۹). همچنین، به دنبال اپیدمی شدن این بیماری در مناطق جنوب و جنوب شرقی کشور در سال ۱۳۵۵ که در اثر مساعد شدن شرایط اقلیمی برای ظهور و توسعه بیماری پدید آمد، میزان خسارت تا حد ۹۰٪ هم رسید (بامدادیان و ترابی ۱۳۵۷).

برنامه انهدام میزبان واسط این بیماری که به‌ویژه در اروپا و آمریکای شمالی با جدیت زیاد دنبال گردید، کمک زیادی به کاهش تعداد ترکیب‌های بیماری‌زایی قارچ عامل بیماری و کم شدن میزان زادمایه^۱ آن نمود. علاوه بر آن، کشت ارقام زودرس گندم در برخی مناطق، باعث کاهش مدت زمان برخورد مرحله گل‌دهی این گیاه و پرشدن دانه آن با دوره هوای گرم و به عبارت دیگر فرار آن از دوره اصلی رشد و توسعه قارچ عامل بیماری و خسارت ناشی از آن گردید. همچنین استفاده گسترده از ژن‌های مقاومت مؤثر در برابر زنگ سیاه و توسعه ارقام مقاوم به بیماری در سطح جهان باعث شد که خسارت ناشی از بیماری به طور بی‌سابقه‌ای کاهش یافته و نقش این بیماری به عنوان عامل مهم در تولید محصول تا حد زیادی تقلیل یابد. گرچه تغییر در بیماری‌زایی قارچ عامل بیماری باعث غیر مؤثر شدن تعداد زیادی از ژن‌های مقاومت و از دست رفتن کارایی ارقام مقاوم شده است، فرایند تولید ارقام مقاوم در جهان عموماً از تغییرات مربوط به قارچ عامل بیماری جلوتر بوده است (Roelfs et al. 1992). در

1. Inoculum

نتیجه اقدامات انجام شده برای کنترل زنگ سیاه، این بیماری از اواخر دهه ۱۹۵۰ در ایالات متحده آمریکا و سایر کشورهای آمریکای شمالی تحت کنترل بوده است (Singh et al. 2015). در هر حال، این بیماری در اواخر فصل رشد، در ارقام گندم دیرکاشت و دیررس و در مناطق دارای ارتفاع کمتر، همیشه اهمیت داشته است (Agrios 2005; Roelfs et al. 1992). در ایران نیز با وجود عدم خسارت جدی ناشی از این زنگ از اواسط دهه ۱۳۵۰ به بعد، این بیماری در بسیاری از مناطق کشور به صورت اندمیک^۱ (محلی) وجود داشته و در برخی سال‌ها در اواخر فصل رشد گندم به‌ویژه روی ارقام محلی به‌صورت پراکنده و گاه با خسارت جزئی تا متوسط قابل مشاهده بوده است.

پیدایش نژاد جدیدی از قارچ عامل بیماری به نام Ug99 در دو دهه گذشته نگرانی‌های زیادی را ایجاد کرده و این بیماری را مجدداً در کانون توجهات قرار داده است. این نژاد که برای اولین بار در سال ۱۹۹۸ بدون نامی مشخص از مزارع گندم کشور آفریقایی اوگاندا جمع‌آوری شد و در سال ۱۹۹۹ به نام Ug99 نام‌گذاری گردید (Pretorius et al. 2000)، بر روی ژن مقاومت *Sr31* پرازاری^۲ داشت. ژن *Sr31* ژن بسیار مهمی است که به همراه چند ژن دیگر برای چند دهه مقاومت گندم در برابر این بیماری را حفظ کرده بود (Singh et al. 2008a, 2008b). برخی مدارک نشان می‌دهند که نژاد Ug99 از سال ۱۹۹۳ در کشور همجوار اوگاندا یعنی کنیا وجود داشته و تا سال ۲۰۰۳ از اینجا به بیشتر مناطق گندم‌کاری کنیا و اتیوپی گسترش یافته است (Singh et al. 2008a). به هر حال، بعداً وجود این نژاد در سال ۲۰۰۴ از کنیا (Wanyera et al. 2006) و در سال ۲۰۰۶ از اتیوپی (Admassu et al. 2009) و سودان و یمن (Singh et al. 2008a) گزارش گردید. جالب است گفته شود که پرازاری قارچ عامل زنگ

1. Endemic
2. Virulence

سیاه روی ژن *Sr31* و به تبع آن به طور ضمنی وجود چنین نژادی در ایران هم‌زمان با مشاهده آن در اوگاندا، در سال ۱۳۷۷ توسط نصرالهی گزارش شده بود (نصرالهی ۱۳۷۷)، اما بعد از گزارش آن از اوگاندا و در پی هشدارهای جهانی در رابطه با خطر اپیدمی شدن بیماری زنگ سیاه، این بیماری در کشور مورد توجه مجدد قرار گرفته و به دنبال آن نژاد Ug99 در سال ۱۳۸۶ در ایران مشاهده و در سال ۱۳۸۸ وجود آن رسماً توسط نظری و همکاران (Nazari et al. 2009) گزارش گردید. طی دو دهه اخیر، جوهرهایی^۱ از نژاد اولیه و کلاسیک Ug99 در مناطق مختلف جهان شناسایی و گزارش شده‌اند که از نظر پرازاری/عدم پرازاری^۲ روی ژن‌های دیگری علاوه بر ژن *Sr31* با نژاد Ug99 تفاوت دارند. به همین علت، پیشنهاد شده است هر کدام از این جوهرها به نام نژاد^۳ و مجموع آنها به نام گروه نژادی Ug99^۴ یا دودمان Ug99^۵ نامیده شوند (Singh et al. 2015). تاکنون ۱۳ جور یا نژاد مختلف از گروه نژادی Ug99 از کشورهای مختلف جهان گزارش شده است.

مشاهدات نشان می‌دهند که بیشتر ارقام و لاین‌های گندم ایران در برابر نژاد Ug99 از قارچ عامل زنگ سیاه حساس هستند (Nazari and Mafi 2013؛ افشاری ۱۳۹۱؛ پاتپور و همکاران ۱۳۹۳). جدای از موضوع پیدایش نژاد Ug99، به نظر می‌رسد که وقوع بیماری زنگ سیاه در سال‌های اخیر در برخی مناطق کشور رو به گسترش است. براساس مشاهدات نگارنده، درصد قابل توجهی از ارقام و لاین‌های گندم ایران در برابر برخی از نژادهای محلی قارچ عامل بیماری نیز حساسیت بالایی دارند. طبق اطلاعات موجود، بیماری زنگ سیاه در برخی کشورهای

1. Variant
2. Virulence/avirulence
3. Race
4. Ug99 race group
5. Ug99 lineage

همسایه نیز بیشتر از قبل مشاهده می شود (ک. نظری، مذاکرات شخصی). با توجه به این موارد، در صورت عدم انجام اقدامات لازم برای کنترل این بیماری، ممکن است در آینده مجدداً با مشکل این بیماری مواجه شویم.

علائم بیماری

عامل بیماری تمام اندام‌های هوایی گندم را مورد حمله قرار می‌دهد. علائم بیماری معمولاً ۸ تا ۱۰ روز بعد از آلوده شدن گیاه، به صورت تاول‌ها یا جوش‌هایی که به نام یوریدیوم^۱ نامیده می‌شوند، موازی با محور اصلی ساقه، برگ، یا غلاف برگ ظاهر شده و روی این اندام‌ها گسترش می‌یابند (شکل ۱). این جوش‌ها همچنین ممکن است روی قاعده سنبله و پوشه (گلوم^۲) سنبله‌ها دیده شوند. اپیدرمی^۳ که روی جوش‌ها را می‌پوشاند به طور نامنظم پاره شده و به طرف بیرون باز می‌شود تا یک توده پودری از یوریدوسپورهای^۴ قرمز آجری را نمایان کند (شکل ۱). شکل جوش‌های یوریدیومی ممکن است بیضوی، دراز، یا دوکی شکل بوده و اندازه آنها از ۱ تا ۳ میلی‌متر در عرض و تا ۱۰ میلی‌متر در طول تغییر می‌کند (Agrios 2005). این جوش‌ها معمولاً در هر دو سطح برگ دیده می‌شوند، ولی اندازه آنها در سطح تحتانی ممکن است کمی بزرگ‌تر باشد. در پایان فصل زراعی و همزمان با رسیدن گندم، رنگ جوش‌ها به سیاهی می‌گراید. این بدان معناست که یوریدیوم‌ها به تلایوم‌های^۵ سیاه‌رنگی تبدیل می‌شوند که در آنها به جای یوریدوسپور، تلایوسپور^۶ تولید می‌شود. گاهی اوقات ممکن است تلایوم به طور مستقل

-
1. Uredium
 2. Glume
 3. Epidermis
 4. Uredospore
 5. Telium
 6. Teliospore

از یوریدیوم به وجود آید. تعداد یوریدیوم‌ها و تلیوم‌های روی گیاه گندم ممکن است به قدری زیاد باشد که بخش بزرگی از گیاه به‌صورت قسمت‌های پاره پاره دیده شود که پر از یوریدوسپورهای قرمز رنگ، تلیوسپورهای سیاه‌رنگ، یا ترکیبی از هر دو هستند. به این بیماری به‌خاطر تولید تلیوسپورهای سیاه براق فراوانی که در پایان فصل رشد یا در اثر شرایط نامساعد محیطی عمدتاً روی ساقه‌ها تشکیل می‌شوند، زنگ سیاه، زنگ ساقه، یا زنگ تابستانه^۱ گفته می‌شود (Roelfs et al. 1992).

عمده خسارت ناشی از بیماری زنگ سیاه در اثر آلودگی ساقه‌ها و قبل از پرشدن کامل دانه ایجاد می‌شود. آلودگی ساقه گندم به بیماری باعث صدمه به سیستم انتقال مواد غذایی به دانه، کاهش تعداد دانه، کاهش وزن هزاردانه و در آلودگی‌های شدید باعث شکسته شدن ساقه و از بین رفتن ماده خشک گیاه می‌گردد. گیاهان آلوده به زنگ سیاه معمولاً ساقه‌های کمتری داشته و بذر کمتری در هر سنبله تولید می‌کنند. دانه‌های تولید شده در گیاهان آلوده، کوچک و چروکیده بوده، و کیفیت آرد و ارزش غذایی آنها نیز پایین است. در موارد نادر، آلودگی شدید گیاهچه‌ها در گندم زمستانه ممکن است گیاهان را ضعیف کرده و آنها را به آسیب‌های ناشی از سرمای زمستان و حملات عوامل بیماری‌زای دیگر حساس کند. در اثر آلودگی شدید گندم به بیماری زنگ سیاه، گیاهان آلوده ممکن است بمیرند. در کل، میزان خسارت زنگ سیاه ممکن است از خیلی کم تا انهدام کامل مزارع گندم در سطح وسیع تغییر کند (Agrios 2005).

1. Summer rust



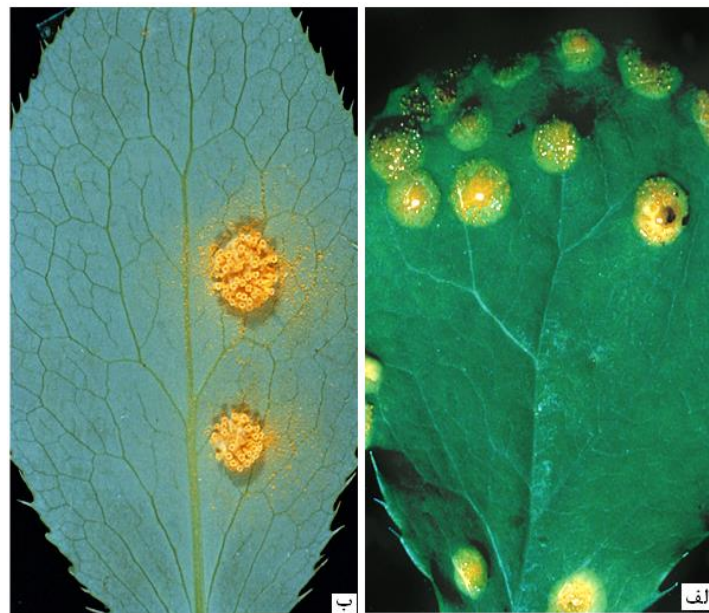
شکل ۱- علایم زنگ سیاه گندم. الف- علایم بیماری روی ساقه، ب- علایم بیماری روی ساقه در مراحل

پیشرفته‌تر و پ- علایم بیماری روی برگ.

منبع عکس الف: http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/ad_hoc/36400500Cerealrusts/stemrust_inset.jpg

منبع عکس‌های ب و پ: نگارنده

در گیاه زرشک علایم بیماری به صورت لکه‌های زرد کم‌رنگ تا نارنجی دیده می‌شود که در ابتدا روی برگ‌ها به وجود می‌آیند. در داخل لکه‌ها، معمولاً در سطح فوقانی برگ‌ها، تعدادی اندام ظریف فلاسکی شکل نارنجی‌رنگ به نام اسپرماگونیوم^۱ یا پیکنیوم^۲ به وجود می‌آید که معمولاً قطره کوچکی از یک نوع مایع یا شهد^۳ تولید می‌کنند. زیر اسپرماگونیوم در سطح تحتانی برگ، و گاهی اوقات در کنار آن، دستجاتی از اندام‌های شیپوری یا فنجان‌ی شکل نارنجی-زرد به نام ایسیوم^۴ تشکیل می‌شوند (شکل ۲). بافت آلوده میزبان در اثر رشد ایسیوم غالباً متورم می‌شود.



شکل ۲- اسپرماگونیوم‌ها و ایسیوم‌های قارچ *Puccinia graminis f.sp. tritici* عامل زنگ سیاه گندم

به ترتیب در سطح فوقانی (الف) و تحتانی (ب) برگ زرشک (Schumann and Leonard 2000).

-
1. Sporangium
 2. Pycnium
 3. Nectar
 4. Aecium

عامل بیماری

زنگ سیاه گندم توسط قارچ *Puccinia graminis* Pers. f.sp. *tritici* Eriks. & Henn. ایجاد می شود. این قارچ متعلق به تیره Pucciniaceae، راسته Uredinales، شاخه Basidiomycota و سلسله قارچ ها (Fungi) است. عامل بیماری یک قارچ چندمیزبانه^۱ و ماکروسایکلک^۲ با پنج مرحله اسپوری مجزا شامل اسپرماگونیوم، ایسیوم، یوریدیوم، تلیوم، و بازیدیوم^۳ می باشد. دو مرحله اسپوری اسپرماگونیوم و ایسیوم در این قارچ روی میزبان واسط (زرشک) و دو مرحله یوریدیوم و تلیوم روی گندم و سایر گندمیان تشکیل می شوند. بازیدیوم ها هم به نوبه خود از جوانه زنی تلیوسپورها به وجود می آیند (شکل ۳).

در هر اسپرماگونیوم دو اندام به نام های هیف گیرنده^۴ و اسپرماسیوم^۵ یا پیکنیوسپور^۶ به تعداد نسبتاً زیاد تولید می شوند که به ترتیب به عنوان گامت های ماده و نر عمل می کنند. هر ایسیوم تعداد زیادی ایسیوسپور یک سلولی با دو هسته هاپلوئید^۷ جدا از هم (n+n) که در باره آنها از اصطلاح دیکاریوتیک^۸ یا دو هسته ای نیز استفاده می شود، تولید می کند که می توانند گندم را آلوده کنند. در هر یوریدیوم نیز تعداد زیادی یوریدوسپور تولید می شود که یک سلولی و دو هسته ای، تخم مرغی یا بیضوی شکل و به ابعاد ۲۱-۴۰ x ۱۵-۲۴ میکرومتر می باشند (Wiese 1987). تلیوسپورها که در داخل تلیوم ها تولید می شوند، دو سلولی، بیضوی تا چماقی شکل و به ابعاد ۴۰-۶۰ x ۱۵-۲۰ میکرومتر بوده و هر دو سلول آنها نیز دو هسته ای می باشد (Wiese 1987). تلیوسپورها نقش اصلی را

-
1. Heteroecious
 2. Macrocytic
 3. Basidium
 4. Receptive hyphae
 5. Spermatium
 6. Pycniospore
 7. Haploid
 8. Dicarvotic

زمستان‌گذرانی قارچ عامل بیماری انجام می‌دهند. با فرا رسیدن بهار، هر سلول تلوسپور جوانه زده و تولید چهار بازیدیوسپور^۱ یک سلولی با یک هسته هاپلوئید^۲ (n) می‌کند (شکل ۳). بازیدیوسپورها عامل آلودگی زرشک هستند. قارچ *P. graminis* f.sp. *tritici* یک فرم مخصوص^۳ از گونه *P. graminis* است که در گندم ایجاد زنگ سیاه می‌کند. این قارچ از طریق تولید مثل جنسی یا هر روش دیگر می‌تواند به‌طور مداوم تولید نژادهای جدید نماید. با توجه به احتمال شکسته شدن مقاومت ارقام گندم توسط نژادهای جدید، این موضوع از نظر کشاورزی و اصلاح گندم اهمیت بسیار زیادی دارد.

توسعه بیماری

قارچ عامل بیماری در بسیاری از مناطق روی بقایای گندم آلوده به‌صورت تلوسپورهای دو سلولی و دو هسته‌ای (n+n) زمستان‌گذرانی می‌کند. طی این مدت، ادغام دو هسته^۴ موجود در هر سلول تلوسپور انجام شده و هر سلول تلوسپور دارای یک هسته دیپلوئید^۵ (2n) می‌شود. با فرا رسیدن بهار و بالا رفتن دمای هوا هر سلول تلوسپور جوانه زده و تولید یک بازیدیوم چهار سلولی می‌نماید و هم‌زمان عمل میوز^۶ در آنها انجام می‌شود. در ادامه، هر سلول بازیدیوم تولید یک استریگما می‌کند و روی هر استریگما یک بازیدیوسپور یک سلولی هاپلوئید (n) به‌وجود می‌آید (شکل ۳). با انجام عمل میوز در بازیدیوم، ترکیب‌های جدیدی از خصوصیات ژنتیکی قارچ از

-
1. Basidiospore
 2. Haploid
 3. Forma specialis
 4. Karyogamy
 5. Diploid
 6. Meiosis

طریق باز ترکیب ژنتیکی^۱ ایجاد می شود. بازیدیوسپورها با فشار به هوا پرتاب شده و سپس به وسیله جریان هوا تا چند صد متر دورتر منتقل می شوند. بازیدیوسپورهایی که روی برگ های جوان میزبان واسط خود یعنی گیاه زرشک قرار می گیرند جوانه زده و به داخل سلول های اپیدرمی نفوذ می کنند. بعد از آن، میسلیم^۲ عمدتاً به صورت بین سلولی رشد می کند. طی سه تا چهار روز میسلیم در داخل بافت گیاهی تبدیل به یک اسپرماگونیوم می شود که اپیدرم را پاره کرده و دهانه آن در سطح بافت گیاهی آشکار می شود. در داخل هر اسپرماگونیوم هیف های گیرنده و اسپرماسیوم ها یا پیکنیوسپورها به وجود می آیند که به ترتیب به عنوان گامت های ماده و نر عمل می کنند. طول هیف های گیرنده تا بیرون دهانه اسپرماگونیوم می رسد و اسپرماسیوم ها هم که در داخل مایع چسبناکی در داخل اسپرماگونیوم قرار گرفته اند از دهانه آن به بیرون می ریزند (شکل ۳). هیف های گیرنده و اسپرماسیوم هایی که داخل یک اسپرماگونیوم به وجود می آیند از نظر ژنتیکی از یک تیپ آمیزشی^۳ مشابه هم هستند (هر دو از نوع + یا -) که با هم ناسازگارند. به منظور انجام لقاح بین یک هیف گیرنده و یک اسپرماسیوم لازم است اسپرماسیوم یک تیپ آمیزشی خاص (مثلاً از نوع +) به هیف گیرنده تیپ آمیزشی مخالف خود (مثلاً از نوع -) که سازگار با آن است منتقل شود. انتقال اسپرماسیوم ها غالباً توسط حشرات که جذب شهد تولید شده توسط اسپرماگونیوم می شوند، انجام می گیرد. اسپرماسیوم ها همچنین ممکن است توسط حیوانات بزرگ تر، آب باران، و شبنمی که در سطح برگ گیاه جاری می شود منتقل شوند. وقتی که یک اسپرماسیوم در تماس با هیف گیرنده سازگار قرار می گیرد عمل لقاح روی می دهد. هسته اسپرماسیوم وارد هیف گیرنده می شود اما با هسته آن ادغام نمی شود. در عوض، این هسته وارد سلول میسلیم هاپلوئید شده مبادرت به تقسیم شدن می کند تا سلول های مادر ایسیوم را به وجود آورد. بدین ترتیب،

1. Genetic recombination
2. Mycelium
3. Mating type

زمینه برای دو هسته‌ای شدن فراهم شده و میسلیم و ایسیومی که قرار است از آن به وجود آیند دو هسته‌ای خواهند بود. این میسلیم بعداً به‌طور بین سلولی به طرف سطح تحتانی برگ رشد کرده و در آنجا صفحه میسلیمی ضخیمی به وجود می‌آورد که به ایسیوم تبدیل می‌شود. در ضمن، سلول‌های گیاه میزبان که میسلیم را احاطه می‌کنند تحریک به بزرگ شدن می‌شوند که این امر همراه با افزایش حجم اندام‌های قارچی داخل گیاه منجر به متورم شدن ناحیه آلوده سطح تحتانی برگ می‌شود. ایسیوم‌ها به‌صورت گروهی تشکیل شده و به‌طور قابل توجهی برجسته‌تر از سطح برگ گیاه زرشک دیده می‌شوند. ایسوسپورها که یک سلولی بوده و دارای دو هسته مجزا از هم و از دو تیپ آمیزشی مخالف هستند به‌صورت زنجیری در داخل ایسیوم تشکیل می‌شوند (شکل ۳).

ایسوسپورها اواخر بهار از ایسیوم آزاد شده و توسط جریان هوا روی گیاهان گندم مجاور منتقل می‌شوند. این اسپورها روی گندم جوانه زده و ساقه‌ها، برگ‌ها، یا غلاف‌ها را از طریق روزنه‌ها آلوده می‌کنند. بعد از این که میسلیم مدتی به‌صورت بین سلولی رشد می‌کند، رشد آن به سمت زیر اپیدرم افزایش یافته و توده‌ای از میسلیم‌ها زیر اپیدرم تشکیل می‌شوند. در ادامه، تعداد زیادی اسپوروفورهای^۱ کوتاه و یوریدوسپورهای قارچ در آنجا تولید می‌شوند که به اپیدرم فشار وارد می‌آورند. در اثر این فشار، اپیدرم به طرف بیرون فشار داده شده و تشکیل جوش‌های یوریدیومی می‌دهد. در نهایت، اپیدرم در محل این جوش‌ها به‌صورت نامنظم پاره شده و چند صد هزار یوریدوسپور قارچ عامل بیماری زنگ سیاه را آزاد می‌کند که ظاهری پودری شکل به جوش‌ها می‌دهند.

1. Sporophore

یوریدوسپورها که به آسانی به وسیله جریان هوا پخش می‌شوند، ممکن است تا کیلومترها و حتی صدها کیلومتر دورتر از منبع اولیه نیز منتقل شوند. این اسپورها در صورت وجود شبنم، لایه نازکی از آب، یا رطوبت نسبی نزدیک به نقطه اشباع می‌توانند دوباره گیاهان گندم را آلوده کنند. لوله‌های تندشی^۱ یوریدوسپورها در چنین شرایطی از طریق روزنه وارد گیاه می‌شود. در خلال ۸ تا ۱۰ روز بعد از آغشتگی این اسپورها به گیاه، میسلیم تولید یک یوریدیوم و تعداد زیادی یوریدوسپور می‌کند (شکل ۳). یوریدوسپورها تا زمان رسیدن گیاهان گندم و برداشت محصول به‌طور مکرر باعث ایجاد آلودگی گیاه می‌شوند. عمده خسارت وارده به رشد بوته‌های گندم و محصول آن از چنین آلودگی‌های یوریدیومی که ممکن است ساقه، برگ، غلاف‌های برگ، و پوشه‌ها را به‌طور کامل بپوشانند ناشی می‌شود (Agrios 2005).

وقتی که گیاه گندم می‌رسد یا وقتی که گیاه در اثر آلودگی شدید می‌میرد، یوریدیوم‌ها به جای یوریدوسپور تولید تلیوسپور می‌کنند، یا این‌که ممکن است آلودگی‌های یوریدوسپوری منجر به تشکیل تلیوم‌های جدید شده و آنها تلیوسپور تولید کنند. تلیوسپورها که دو سلولی بوده و سلول‌های آن دو هسته‌ای هستند بلافاصله بعد از تشکیل شدن، جوانه نمی‌زنند و گیاه را آلوده نمی‌کنند بلکه تا بهار سال بعد در بقایای گیاهی زمستان‌گذرانی می‌کنند. طی این مدت، ادغام دو هسته انجام شده و تلیوسپورها دیپلوئید می‌شوند تا مجدداً تولید بازیدیوسپور کنند (شکل ۳). در مناطق گرم، قارچ عامل بیماری معمولاً روی گندم‌هایی که در پاییز کاشته شده و توسط یوریدوسپورهای تولید شده در محصول سال قبل آلوده شده‌اند زمستان را طی می‌کند. در این مناطق، آلودگی‌های شدید گندم در بهار نه تنها سبب خسارات سنگین محلی می‌شود بلکه یوریدوسپورهای تولید شده از آن می‌توانند توسط جریان باد به

1. Germ tube

مناطق خنک‌تر که کاشت گندم در آنها در تاریخ دیرتری انجام می‌شود، منتقل شده و سبب آلودگی این گیاهان شوند (Agrios 2005). بدین ترتیب، یوریدوسپورها ممکن است مسئول آلودگی مداوم مزارع گندم در طول سال در پهنه وسیعی از یک کشور یا حتی بین کشورهای مختلف باشند.

مدیریت بیماری

برای کنترل زنگ سیاه و نیز سایر زنگ‌های گندم روش‌های مختلفی قابل استفاده است. البته کاربرد توأم روش‌های کنترل که با نام روش کنترل تلفیقی بیماری^۱ شناخته می‌شود می‌تواند علاوه بر تأثیر بهتر در کنترل بیماری، به‌علت صرفه‌جویی در هزینه‌ها و حفظ محیط زیست در اولویت قرار گیرد. مهم‌ترین روش‌های کنترل بیماری به شرح زیر قابل دسته‌بندی و توضیح می‌باشند:

الف- استفاده از ارقام مقاوم به بیماری: مؤثرترین و عملی‌ترین راه برای کنترل زنگ سیاه گندم استفاده از ارقام مقاوم به بیماری است. تاکنون کارهای بسیار زیادی برای تولید ارقام گندم مقاوم به بیماری در مناطق مختلف جهان انجام شده و یا در دست انجام است. مناسب‌ترین ارقام گندم که هم مقاوم به بیماری بوده و هم دارای صفات زراعی مطلوب باشند هر سال در مناطق زنگ‌خیز جهان توسط سازمان‌های کشاورزی مسئول توصیه شده و این ارقام به‌منظور اجتناب از شکسته شدن مقاومت آنها توسط نژادهای جدید زنگ، به‌طور دوره‌ای عوض می‌شوند. در ایران نیز با اینکه تعدادی از ارقام گندم معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با مقاومت بالا در برابر زنگ سیاه تشخیص داده شده‌اند (افشاری ۱۳۹۱؛ افشاری ۱۳۹۲؛ پاتپور و همکاران ۱۳۹۳؛ ملیحی‌پور

1. Integrated disease management (IDM)

و همکاران ۱۳۹۹)، اما به علت محدود بودن تعداد ژن‌های مقاومت مؤثر و احتمال غیر مؤثر شدن مقاومت این ژن‌ها (صفوی و افشاری، ۱۳۹۶؛ ملیحی‌پور و همکاران ۱۳۹۹)، تولید ارقام مقاوم به بیماری باید به‌طور مستمر ادامه یابد. بعداً در ادامه مباحث این نشریه مطالب بیشتری در ارتباط با واکنش ارقام گندم ایران در برابر این بیماری ارائه خواهد شد.

ب- ریشه‌کنی زرشک: در مناطقی که یوریدوسپورها نقش عمده‌ای در زمستان‌گذرانی قارچ عامل بیماری روی گندم و ایجاد آلودگی‌های اول فصل ندارند ریشه‌کنی زرشک می‌تواند از طریق حذف آلودگی‌های اول فصل خسارات ناشی از زنگ سیاه را کاهش دهد. همچنین، با توجه به اینکه نقش زرشک به‌عنوان میزبان واسط قارچ عامل این بیماری، انجام بخش مهمی از تولید مثل جنسی قارچ و تولید نژادهای جدید آن از طریق عمل بازترکیب^۱ است، حذف آن می‌تواند در کاهش امکان به‌وجود آمدن نژادهای جدید قارچ عامل بیماری و کاهش خسارات ناشی از بیماری نقش داشته باشد. این اقدام همچنین می‌تواند به تثبیت جمعیت نژادهای موجود زنگ و موفقیت در اصلاح گندم برای مقاومت به بیماری کمک کند.

ج- روش‌های زراعی: از آنجایی که زنگ سیاه معمولاً در اواخر فصل زراعی ظاهر می‌شود، کاشت ارقام زودرس گندم می‌تواند موجب فرار آنها از بیماری و در نتیجه فرار از خسارت احتمالی شود. کاشت زودهنگام گندم نیز موجب رسیدن زودتر آن در اواخر فصل زراعی شده و می‌تواند در فرار آن از بیماری نقش داشته باشد. همچنین، انجام اقدامات زراعی دیگر از جمله کشت مقادیر مناسب بذر در واحد سطح، خودداری از مصرف بیش از حد کودهای ازته و اجتناب از آبیاری بیش از حد نیاز مزرعه نیز ممکن است در کنترل بیماری مؤثر باشند.

1. Recombination

د- استفاده از قارچ کش ها: قارچ کش هایی هستند که می توانند این بیماری را به خوبی کنترل کنند. انجام سم پاشی براساس پیش بینی شرایط آب و هوایی مناسب برای اپیدمی شدن بیماری و با استفاده از قارچ کش هایی که از هر دو خاصیت محافظتی^۱ و ریشه کن کننده^۲ برخوردار هستند، ممکن است خسارت ناشی از زنگ سیاه را تا ۷۵٪ کاهش دهد (Agrios 2005). حتی دو بار سم پاشی با این قارچ کش ها، اولی در زمان وقوع بیماری از مقدار ناچیز تا ۵٪ آلودگی و دومی ۱۰ تا ۱۴ روز بعد از سم پاشی اول می تواند کنترل اقتصادی زنگ را در پی داشته باشد (Agrios 2005). برخی قارچ کش های سیستمیک^۳ نیز اگر یک بار یا دو بار به فواصل یک تا سه هفته در طول مراحل اولیه توسعه بیماری به کار برده شوند، می توانند زنگ سیاه را کنترل کنند. امروزه بیشتر از این نوع قارچ کش ها که از جمله آنها می توان سایپروکونازول^۴ (با نام تجاری آلتو^۵)، تبوکونازول^۶ (با نام تجاری فولیکور^۷)، پروپیکونازول^۸ (با نام تجاری تیل^۹) و فلوتریافول^{۱۰} (با نام تجاری ایمپکت^{۱۱}) را نام برد، برای مبارزه با این بیماری استفاده می شود. در حال حاضر استفاده از مخلوط دو یا چند قارچ کش نیز به دلایل مختلف از جمله جلوگیری از پیدایش مقاومت قارچ عامل بیماری در برابر آنها توصیه می شود. در این مورد می توان به مخلوط دو قارچ کش آزوکسی استروبین^{۱۲} و سایپروکونازول (با نام تجاری آمیستار اکسترا^{۱۳}) و پروپیکونازول و سایپروکونازول (با نام تجاری آرتا^{۱۴}) یا

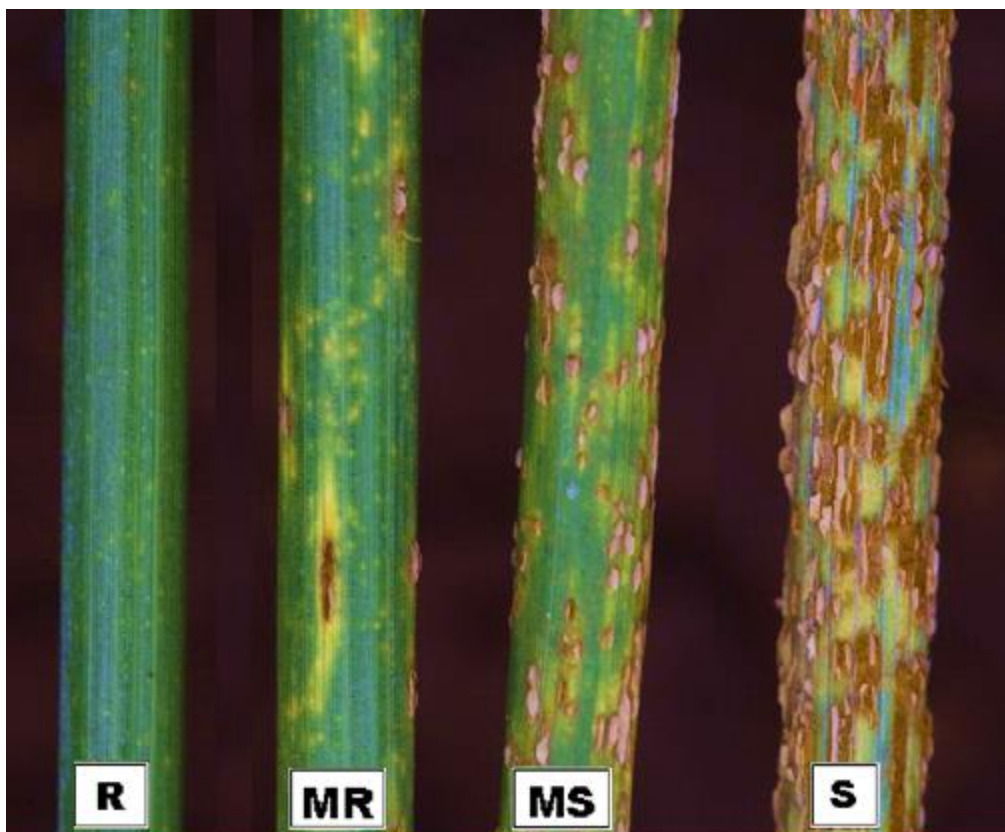
-
1. Protective
 2. Eradicative
 3. Systemic fungicide
 4. Cyproconazole
 5. Alto®
 6. Tebuconazole
 7. Folicur®
 8. Propiconazole
 9. Tilt®
 10. Flutriafol
 11. Impact®
 12. Azoxystrobin
 13. Amistar Xtra®
 14. Artea®

مخلوط سه قارچ کش تبوکونازول، اسپیروکسامین^۱ و تریادیمنول^۲ (با نام تجاری فالکون^۳) اشاره کرد که تأثیر خوبی روی کنترل بیماری دارند. ضد عفونی بذر با برخی قارچ کش های سیستمیک نیز ممکن است از آلودگی های اول فصل جلوگیری کند، گرچه این کار روی آلودگی های دیرگاه تأثیری نخواهد داشت.

واکنش ارقام گندم تجاری ایران در برابر بیماری

مهم ترین مأموریت بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اصلاح و معرفی ارقام گندم با عملکرد بالا و مقاوم به بیماری ها می باشد. در این بین موضوع مقاومت به بیماری زنگ سیاه و افزایش مقاومت ارقام جدید گندم در برابر این بیماری از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به این موضوع، همه ساله و به طور منظم همه ارقام تجاری کشور و لاین های آزمایشی تولیدی در مؤسسه از نظر مقاومت به این بیماری مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرند. نتایج به دست آمده از این نوع بررسی ها علاوه بر کمک به فرایند معرفی ارقام مقاوم به بیماری، نقش مهمی در افزایش دانش و اطلاعات ارقام و تصمیم گیری های مربوط به مدیریت بیماری در کشور خواهد نمود.

1. Spiroxamine
2. Triadimenole
3. Falcon®



شکل ۴- تیپ‌های آلودگی R (مقاوم)، MR (نیمه‌مقاوم)، MS (نیمه‌حساس) و S (حساس) بر اساس

روش رالفز و همکاران (Roelfs et al. 1992). این چهار تیپ آلودگی به همراه تیپ آلودگی 0

(مصون) که در آن هیچ‌گونه آلودگی روی ساقه دیده نمی‌شود، جهت یادداشت‌برداری زنگ سیاه و

مقایسه واکنش حساسیت یا مقاومت ارقام گندم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

منبع عکس: دیوید هانسن (David Hansen)، دانشگاه مینه‌سوتا، ایالات متحده آمریکا

آنچه که در اینجا ارائه می‌شود نتایج حاصل از بررسی آخرین واکنش ارقام گندم کشور در برابر زنگ سیاه

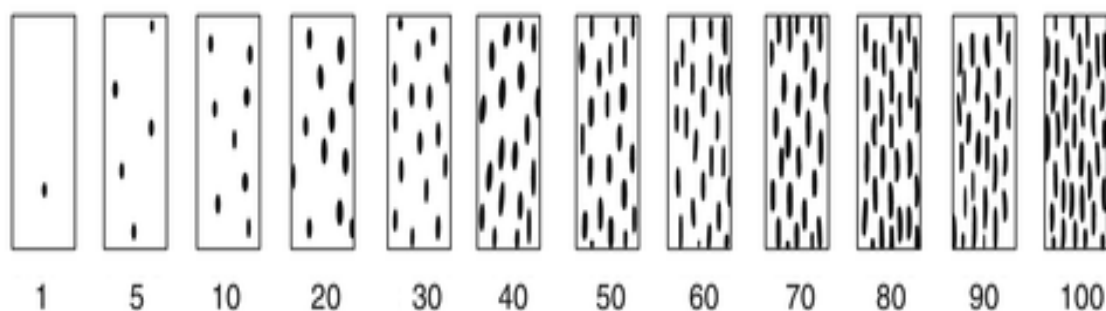
طی چهار سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶، ۱۳۹۶-۹۷، ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ در شرایط مزرعه در مناطق مختلف کشور

است. در این بررسی‌ها، به منظور اطلاع از میزان حساسیت یا مقاومت ارقام در برابر بیماری، در اواخر مرحله خمیری نرم که رنگ ساقه‌ها از سبز به زرد تغییر می‌یافت، همزمان از دو مشخصه زیر که هر دو با مقاومت گیاه میزبان ارتباط دارند، یادداشت‌برداری شده و ضمن ترکیب آن دو یک عدد که بیانگر میزان حساسیت یا مقاومت گیاه است جهت مقایسه ارقام مختلف گندم مورد استفاده قرار گرفت:

الف- یادداشت‌برداری از واکنش گیاه به آلودگی (تیپ آلودگی) بر اساس روش رالفز و همکاران (Roelfs et al. 1992)، مطابق توضیحات زیر و آنچه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود:

- تیپ آلودگی 0 (مصون): عدم وجود هر گونه علائم قابل رؤیت روی گیاهان
- تیپ آلودگی R (مقاوم): ظهور لکه‌های کلروتیک یا نکروتیک و نبود هر گونه جوش
- تیپ آلودگی MR (نیمه‌مقاوم): ظهور جوش‌های کوچک همراه با حاشیه‌های کلروتیک یا نکروتیک
- تیپ آلودگی MS (نیمه‌حساس): ظهور جوش‌های با اندازه متوسط که ممکن است توسط نواحی کلروتیک احاطه شده باشند.
- تیپ آلودگی S (حساس): ظهور جوش‌های بزرگ و فراوان که معمولاً دارای کلروز بسیار جزئی بوده و یا کلروز ندارند و هیچگونه نکروز هم ندارند.

ب- یادداشت‌برداری از میزان پوشیده شدن ساقه توسط هر کدام از تیپ‌های آلودگی اشاره شده در بند الف، مطابق دیاگرام معروف به دیاگرام کاب اصلاح شده (Peterson et al. 1948) در مقیاس ۰-۱۰۰ (شکل ۵).



شکل ۵- دیاگرام معروف به دیاگرام کاب اصلاح شده (Peterson et al. 1948) مورد استفاده جهت تخمین میزان

پوشیده شدن ساقه گندم توسط تیپ‌های آلودگی ناشی از زنگ سیاه.

براساس نتایج تحقیقات انجام شده طی چهار سال زراعی گفته شده در بالا در مناطق مختلف کشور، واکنش ارقام گندم تجاری چهار اقلیم گرم و مرطوب شمال، گرم و خشک جنوب، معتدل و سرد، برنامه گندم شوری و برنامه گندم دوروم نسبت به زنگ سیاه به ترتیب در جداول ۱ تا ۶ آورده شده‌اند. در این جداول حداکثر بیماری مشاهده شده روی ارقام مورد نظر طی چهار سال زراعی گفته شده در هر منطقه آورده شده است. مطابق نتایج یادداشت‌برداری‌های انجام شده و روش معمول در بخش تحقیقات غلات، ارقام با شدت آلودگی ۳۰ یا کمتر که همزمان واکنشی غیر از واکنش S (حساس) نشان دهند به عنوان ارقام دارای مقاومت قابل قبول در نظر گرفته می‌شوند. البته همیشه این احتمال وجود دارد که با پیدایش نژادهای جدید قارچ عامل بیماری در هر منطقه از کشور، نوع واکنش، شدت بیماری یا هر دوی آنها تغییر نمایند. همچنین، میزان زادمایه و شرایط محیطی می‌توانند روی این شاخص‌ها به‌ویژه روی شدت بیماری تأثیر گذاشته و سبب تغییر در آن شوند.

جدول ۱- واکنش ارقام گندم تجاری اقلیم گرم و مرطوب شمال نسبت به زنگ سیاه در مناطق مختلف کشور براساس حداکثر بیماری مشاهده شده طی

سالهای زراعی ۹۶-۱۳۹۵، ۹۷-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸

رقم	منطقه	کلاردشت	کرج	میاندوآب	همدان	بروجرد	اسلام آباد	اهواز	نظر نهایی در باره مقاومت یا حساسیت رقم
معراج		40MR	TR	60S	50MSS	10S	10MS	0	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
کلاته		20MR	TR	20MS	0	50S	10MS	20MS	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
تیرگان		20MR	20MS	20MR	20S	20S	5MS	30MS	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
احسان		90S	70S	30MS	0	60S	60S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
مروارید		40MS	TMS	60MS	40S	60S	40S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
گنبد		10R	TR	50MS	0	TMS	30MS	30MS	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی

جدول ۲- واکنش ارقام گندم تجاری اقلیم گرم و خشک جنوب نسبت به زنگ سیاه در مناطق مختلف کشور براساس حداکثر بیماری مشاهده شده طی

سالهای زراعی ۹۶-۱۳۹۵، ۹۷-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸

رقم منطقه	کلاردشت	کرج	میاندوآب	همدان	بروجرد	اسلام آباد	اهواز	نظر نهایی در باره مقاومت یا حساسیت رقم
سحر	20MR	60S	30S	80S	70S	40S	10MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
ستاره	70S	50S	10MS	0	40S	30S	30S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
سارنگ	60S	80S	40MS	20S	50S	50S	20S	حساس به بیماری در همه مناطق مورد بررسی
خلیل	40MS	-	80S	60S	60S	10S	40MS	حساس به بیماری در همه مناطق مورد بررسی
برات	50MS	-	60MS	45S	60S	30S	50S	حساس به بیماری در همه مناطق مورد بررسی
شاوور	50MS	80S	40MS	20S	70S	30S	30S	حساس به بیماری در همه مناطق مورد بررسی
شوش	80S	-	50MSS	15S	60S	30S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
مهرگان	70S	-	90S	10MSS	50S	40S	20MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
چمران-۲	30MR	TR	5R	0	20S	10S	30S	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
چمران	50MR	-	20MS	10MSS	60S	40S	10MS	دارای وضعیت بینابین از نظر واکنش به بیماری
افلاک	70S	10MS	80S	30S	70S	40S	60S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی

جدول ۳- واکنش ارقام گندم تجاری اقلیم معتدل نسبت به زنگ سیاه در مناطق مختلف کشور براساس حداکثر بیماری مشاهده شده طی سال‌های زراعی

۱۳۹۵-۹۶، ۹۷-۱۳۹۶، ۱۳۹۷-۹۸ و ۹۹-۱۳۹۸

رقم	منطقه	کلاردشت	کرج	میاندوآب	همدان	بروجرد	اسلام آباد	اهواز	نظر نهایی در باره مقاومت یا حساسیت رقم
امین		60MS	60S	40S	5MSS	30S	20S	30S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
فرین		60S	80S	30MS	5MSS	70MS	40S	20MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
طلایی		60MS	70S	40MS	20MSS	60S	10MS	50S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
ترابی		80S	5MS	30MS	50S	40S	10MS	20MS	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
رخشان		40MS	50S	60S	0	70S	10S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
بهاران		5S	TMR	50S	60S	30S	20S	40MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
سیروان		60MS	20MS	20MS	35MS	60S	10S	50S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
سیوند		60MS	20MR	40MS	25MSS	40S	50S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
بهار		80S	TMR	10MR	25MSS	60S	30MS	20S	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
پارسی		60S	0	10MR	30MSS	60MS	20S	10MS	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی

جدول ۴- واکنش ارقام گندم تجاری اقلیم سرد نسبت به زنگ سیاه در مناطق مختلف کشور براساس حداکثر بیماری مشاهده شده طی سالهای زراعی ۹۶-۹۷

۱۳۹۵، ۹۷-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸

رقم	منطقه	کلاردشت	کرج	میاندوآب	همدان	بروجرد	اسلام آباد	اهواز	نظر نهایی در باره مقاومت یا حساسیت رقم
حیران		90S	20S	30MS	20S	60S	20S	20MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
زربنه		70S	70S	50MSS	70S	80S	30S	40MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
حیدری		60S	60S	20MS	40S	60S	10S	-	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
پیشگام		60S	60S	70S	15S	60S	60S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
میهن		60S	70S	60S	45S	60S	40S	40S	حساس به بیماری در همه مناطق مورد بررسی
زارع		70S	10MS	30MS	10S	30MS	10S	30S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
اروم		90S	50S	60S	40S	90S	70S	20MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
سواسون		100S	60S	10S	25MSS	70S	40S	30S	حساس به بیماری در همه مناطق مورد بررسی
گاسکوبین		60S	30MS	20MS	0	10MS	10S	60S	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
گاسپارد		70S	60S	70S	0	60S	40S	-	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
MV-17		40S	TR	10MR	0	5S	10S	-	دارای وضعیت بینابین از نظر واکنش به بیماری

جدول ۵- واکنش ارقام گندم تجاری برنامه گندم شوری نسبت به زنگ سیاه در مناطق مختلف کشور براساس حداکثر بیماری مشاهده شده طی سال‌های

زراعی ۱۳۹۵-۹۶، ۱۳۹۶-۹۷، ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

رقم منطقه	کلاردشت	کرج	میاندوآب	همدان	بروجرد	اسلام آباد	اهواز	نظر نهایی در باره مقاومت یا حساسیت رقم
برزگر	50S	40S	20MS	25S	50S	10S	20MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
نارین	80S	40S	70S	30S	50S	40MSS	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
ارگ	70S	90S	70MS	25MSS	40S	100S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
افق	70MSS	60S	30MS	10MSS	40S	60S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
بم	70S	60S	30MS	20MSS	30S	60S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
سیستان	70S	40S	20MS	10MSS	40S	80S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
هامون	60MS	-	-	-	50S	100S	-	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی

جدول ۶- واکنش ارقام گندم تجاری برنامه گندم دوروم نسبت به زنگ سیاه در مناطق مختلف کشور براساس حداکثر بیماری مشاهده شده طی سال‌های

زراعی ۱۳۹۵-۹۶، ۱۳۹۶-۹۷، ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

رقم منطقه	کلاردشت	کرج	میاندوآب	همدان	بروجرد	اسلام آباد	اهواز	نظر نهایی در باره مقاومت یا حساسیت رقم
ثنا	TR	-	0	-	30S	-	-	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی
تابان	50MS	-	-	-	10S	20MS	-	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
آران	40MS	60S	60S	0	50S	10MS	30S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
هانا	50S	30MS	50MS	60S	60S	30S	50S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
شبرنگ	20MS	60S	60S	45S	70S	30S	50S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
بهرنگ	30MS	60S	60S	30MSS	80S	40S	20S	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
دنا	30MS	60S	40MS	30S	40S	30S	30MS	حساس به بیماری در بیشتر مناطق مورد بررسی
یاواروس	TR	30MS	40MS	30MSS	50S	TMS	30MS	دارای مقاومت قابل قبول در بیشتر مناطق مورد بررسی

منابع مورد استفاده

- اسفندیاری، ا. ۱۳۲۶. زنگ‌های غلات در ایران. آفات و بیماری‌های گیاهی ۴: ۶۷-۷۶.
- افشاری، ف. ۱۳۹۱. ژنتیک بیماری‌زایی عامل بیماری زنگ سیاه گندم (*Puccinia graminis f.sp. tritici*) و واکنش ژنوتیپ‌های گندم نسبت به بیماری. دانش گیاهپزشکی ایران ۴۳: ۳۵۷-۳۶۵.
- افشاری، ف. ۱۳۹۲. تعیین تعداد ژن‌های مقاومت به عامل بیماری زنگ سیاه گندم (*Puccinia graminis f.sp. tritici*) نژاد Ug99 در دو رقم گندم. فناوری زیستی در کشاورزی ۱۲: ۲۷-۳۳.
- بامدادیان، ع. و ترابی، م. ۱۳۵۷. اپیدمیولوژی زنگ سیاه گندم در مناطق جنوبی ایران در سال ۱۳۵۵. بیماری‌های گیاهی ۱۴: ۱۴-۱۹.
- پاتپور، م.، نظری، ک.، علوی، س.م. و موسوی، ا. ۱۳۹۳. شناسایی منابع مقاومت به نژادهای غالب زنگ سیاه ایران در ارقام تجاری گندم. به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۰: ۱۳۳-۱۵۴.
- شریف، ق.، بامدادیان، ع. و دانش‌پژوه، ب. ۱۳۴۹. نژادهای فیزیولوژیکی زنگ سیاه گندم در ایران از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۴۹. آفات و بیماری‌های گیاهی ۶: ۷۳-۱۰۰.
- صفوی، ص. و افشاری، ف. ۱۳۹۶. اولین گزارش از بیماری‌زایی زنگ ساقه گندم (*Puccinia graminis f.sp.*) (*tritici*) روی ژن *Sr31* در اردبیل، شمالغرب ایران. بیماری‌های گیاهی ۵۳: ۱۱۹-۱۲۲.
- ملیحی‌پور، ع.، ابراهیمی، ا. و مصطفوی، خ. ۱۳۹۹. بررسی کارایی ژنهای مقاومت به زنگ سیاه گندم و آخرین واکنش ژنوتیپهای گندم اقلیم سرد کشور نسبت به بیماری. بیماری‌های گیاهی ۵۶: ۶۹-۹۷.

- نصرالهی، م. ۱۳۷۷. تعیین فاکتورهای بیماریزائی زنگ ساقه گندم و ارزیابی مقاومت ارقام و لاینهای پیشرفته گندم در مقابل آنها در مرحله گیاهچه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. دانشگاه تربیت مدرس، تهران، استان تهران، ایران.

- Admassu, B., Lind, V., Friedt, W., and Ordon, F. 2009. Virulence analysis of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* populations in Ethiopia with special consideration of Ug99. *Plant Pathology* 58:362-369.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*. 5th ed. Elsevier Academic Press, Burlington, MA, USA. 922 pp.
- German S., Barcellos A., Chaves M., Kohli M., Campos P., and Viedma L. 2007. The situation of common wheat rusts in the southern Cone of America and perspectives for control. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 620-630.
- Knott, D.R. 1989. *The Wheat Rusts-Breeding for Resistance*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 201 pp.
- Kolmer, J.A. 2001. Early research on the genetics of *Puccinia graminis* and stem rust resistance in wheat in Canada and the United States. Pages 51-82 *In: Stem rust of wheat: from ancient enemy to modern foe*. P. Peterson, ed. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Nazari, K. and Mafi, M. 2013. Physiological races of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Iran and evaluation of seedling resistance to stem rust in Iranian wheat cultivars. *Phytopathologia Mediterranea* 52: 110-122.
- Nazari, K., Mafi, M., Yahyaoui, A., Singh, R.P., and Park, R.F. 2009. Detection of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) race TTKSK (Ug99) in Iran. *Plant Disease* 93: 317.
- Pardey, P.G., Beddow, J.M., Kriticos, D.J., Hurley, T.M., Park, R.F., Duveiller, E., Sutherst, R.W., Burdon, J.J., and Hodson, D. 2013. Right-Sizing Stem-Rust Research. *Science* 340: 147-148.
- Park, R.F. 2007. Stem rust of wheat in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 558-566. DOI: 10.1071/AR07117.
- Peterson, R.F., Campbell, A.B., and Hannah, A.E. 1948. A diagramatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Canadian Journal of Research, Section C. Botanical Sciences* 26: 496-500.

- Pretorius, Z.A., Pakendorf, K.W., Marais, G.F., Prins, R. and Komen, J.S. 2007. Challenges for sustainable cereal rust control in South Africa. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 593-601.
- Pretorius, Z.A., Singh, R.P., Wagoire, W.W., and Payne, T. S. 2000. Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda. *Plant Disease* 84: 203.
- Roelfs, A.P., Singh, R.P., and Saari, E.E. 1992. *Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, Mexico D.F., Mexico. 81 pp.
- Singh, D., Park, R.F., McIntosh, R.A., and Bariana, H.S. 2008a. Characterisation of stem rust and stripe rust seedling resistance genes in selected wheat cultivars from the United Kingdom. *Journal of Plant Pathology* 90: 553-562.
- Singh, R.P., Hodson, D.P., Huerta-Espino, J., Jin, Y., Njau, P., Wanyera, R., Herrera-Foessel, S.A and Ward, R.W. 2008b. Will stem rust destroy the world's wheat crop? *Advances in Agronomy* 98: 272-309.
- Singh, R.P., Hodson, D.P., Jin, Y., Lagudah, E.S., Ayliffe, M.A., Bhavani, S., Rouse, M.N., Pretorius, Z.A., Szabo, L.J., Huerta-Espino, J., Basnet, B.R., Lan, C., and Hovmøller, M.S. 2015. Emergence and Spread of New Races of Wheat Stem Rust Fungus: Continued Threat to Food Security and Prospects of Genetic Control. *Phytopathology* 105: 872-884.
- Schumann, G.L. and Leonard, K.J. 2000. Stem rust of wheat (black rust). The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0721-01.
- Wanyera, R., Kinyua, M.G., Jin, Y., and Singh, R.P. 2006. The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, with virulence on *Sr31* in wheat in Eastern Africa. *Plant Disease* 90: 113.
- Wiese, M.V. 1987. *Compendium of Wheat Diseases*. 2nd ed. APS Press, St. Paul, MN, USA. 112 pp.