

دستورالعمل اجرایی

مدیریت بیماری زنگ زرد گندم

با عامل

Puccinia striiformis f. sp. *tritici*



تهیه و تنظیم:

حمید یدائی^۱، حسین جعفری^۲، همایون کاظمی^۲، حسن مومنی^۲، سعیده نوربخش^۱، علی ملیحی پور^۲،
فرزاد افشاری^۲، مظفر روستایی^۲، محمدعلی آقاجانی^۲، کیانوش حق‌نما^۱، محمود کیا^۱ و جاوید عباسی^۱

۱: سازمان حفظ نباتات کشور. ۲: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

دستورالعمل شماره: ۴۰۰۱۲۱۴۶ (بازنگری شده در تیرماه ۱۴۰۳)

اهمیت بیماری

زنگ زرد یا زنگ نواری گندم ناشی از قارچ *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*، در بسیاری از مناطق جهان یکی از مهم ترین بیماری های گندم به شمار می رود.

این بیماری به دلیل پراکنش گسترده، پتانسیل مهاجرت و پراکنش در مسیرهای طولانی، نو ترکیبی ژنتیکی و ظهور نژادهای جدید قارچ عامل بیماری و قدرت سازگاری با شرایط آب و هوایی مختلف، تهدیدی جدی برای امنیت غذایی بوده و در صورت عدم کنترل آن، می تواند منجر به اپیدمی های گسترده و کاهش شدید کمیت و کیفیت محصول گردد. میزان خسارت ناشی از این بیماری بسته به حساسیت رقم، زمان شروع آلودگی اولیه و شدت بیماری می تواند بین ۱۰ تا ۷۰ درصد متغیر باشد. این خسارت در اثر رشد قارچ عامل بیماری در برگ و سایر اندام های سبز، کاهش سطح سبز گیاه و تخلیه کربوهیدرات ها از گیاه روی می دهد. آلودگی های شدید گیاه به بیماری منجر به رشد ضعیف ریشه، کاهش ارتفاع گیاه، کاهش اندازه و تعداد سنبله های گل دهنده و حساسیت گیاه به تنش ها می شود.

مناطق انتشار

زنگ زرد که برای اولین بار در سال ۱۳۲۶ توسط اسفندیاری از ایران گزارش شده است، در حال حاضر یکی از مهم ترین بیماری های گندم در ایران است که تقریباً در تمام مناطق کشور وجود داشته و به ویژه در سال های اپیدمی در صورت عدم مدیریت به موقع می تواند خسارت سنگینی به این محصول وارد کند. استان های خوزستان، ایلام، فارس، لرستان، کرمانشاه، مرکزی، همدان، کردستان، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، مازندران، گلستان، خراسان شمالی و خراسان رضوی بیش از سایر مناطق کشور در معرض خطر این بیماری قرار دارند. این بیماری معمولاً از جنوب غرب کشور یعنی استان های خوزستان و ایلام شروع شده و به تدریج به سایر مناطق کشور توسعه می یابد. این بیماری با مساعد شدن شرایط آب و هوایی برای توسعه آن، هر چند سال یکبار به صورت اپیدمی در می آید. قارچ عامل بیماری زنگ زرد، همانند قارچ های عامل سایر زنگ های گندم، قادر است از طریق تولیدمثل جنسی یا روش های دیگر به طور مداوم تولید نژادهای جدید نماید. به علت احتمال شکسته شدن مقاومت ارقام گندم توسط این نژادها، این موضوع از نظر مدیریت محصول و اصلاح گندم اهمیت بسیار زیادی دارد.

گیاهان میزبان

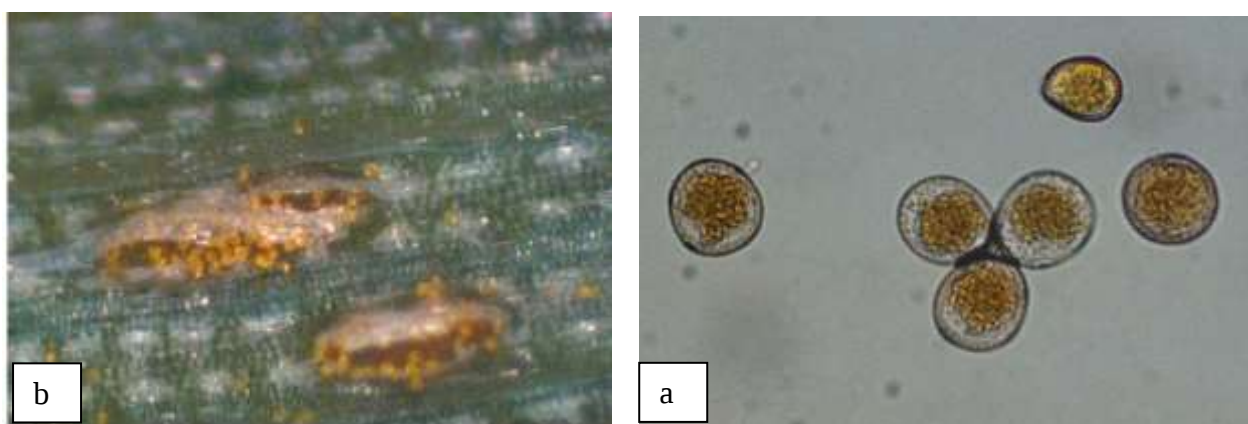
گندم، جو، چاودار، تریتیکاله و برخی علف های هرز از قبیل *Aegilops* sp. و *Agropyron* sp.، *Bromus* sp. جزو میزبان های اولیه قارچ عامل زنگ زرد به شمار می روند. بعضی از گونه های زرشک و گیاه ماهونیا به عنوان میزبان واسط قارچ عامل زنگ زرد معرفی شده اند.

عامل بیماری و علائم آن

زنگ زرد گندم توسط قارچ بازیدیومیست *Puccinia striiformis* ایجاد می شود که یک انگل (پارازیت اجباری) است. قارچ بیمارگر یوریدیوسپورهایی به رنگ زرد روشن - نارنجی با قطر ۲۰ تا ۳۰ میکرومتر تولید می کند. سپس این اسپورها ضخیم شده و به صورت جوش هایی به نام یوریدی در قسمت های مختلف گیاه ظاهر می شوند

(شکل ۱). به دنبال تولید یوریدی‌ها، جوش‌های تلوم به عنوان مرحله مقاوم قارچ، به رنگ تیره در اواخر فصل رشد تولید می‌شوند.

زنگ زرد گندم زودتر از سایر زنگ‌ها ظاهر می‌شود. علائم بیماری به صورت جوش‌ها (پوستول‌های) زرد است که عمدتاً روی برگ‌ها ظاهر می‌شوند. این جوش‌ها در ابتدا به صورت لکه‌های گرد، کوچک و سبز زرد هستند اما به تدریج به صورت نوارهای مشخص در سطح بالایی و به‌ندرت در سطح زیرین برگ‌ها قابل مشاهده هستند (شکل ۱). جوش‌های مذکور که در اوایل فصل ظاهر می‌شوند و مملو از اسپورهایی به نام یوردوسپور هستند، جوش‌های یوریدی فارچ می‌باشند. نام این بیماری از نوارهای ویژه یوریدیومی که یوردوسپورهای زرد رنگ را تولید می‌کنند گرفته شده است.



شکل ۱- اشکال مختلف مراحل زندگی قارچ: الف- یوریدیوسپورهای بیمارگر، ب- جوش‌های بیمارگر

در آلودگی‌های شدیدتر یا ارقام حساس به زنگ زرد علائم بیماری (جوش‌ها) ممکن است روی ساقه، غلاف برگ، پوشینه (گلوم) و ریشک هم ظاهر شوند. با گرم شدن هوا و ایجاد شرایط نامساعد برای توسعه بیماری، در محل جوش‌های یوریدیومی، جوش‌های تلومی مملو از تلوسپور ظاهر می‌شوند که در ابتدا گرد و زیر اپیدرمی بوده و به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه دیده می‌شوند. با گذشت زمان، تعداد این جوش‌ها به تدریج افزایش یافته و آنها هم به شکل خطوط کشیده و تقریباً موازی با رگبرگ‌ها در می‌آیند. بافت‌های آلوده ممکن است همزمان با رشد و بلوغ گیاه به رنگ قهوه‌ای درآمده و خشک شوند. آلودگی شدید در اول فصل منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود. همچنین، دانه‌های حاصل از خوشه‌های آلوده کوچک، چروکیده و غیرقابل استفاده می‌باشند.



شکل ۲- علایم بیماری زنگ زرد گندم روی برگ

توسعه بیماری

قارچ عامل بیماری در پایان فصل زراعی و با گرم شدن هوا روی بقایای گندم آلوده تولید تلیوسپورهای دو سلولی و دو هسته‌ای دارای دیواره ضخیم می‌نماید. با گذشت زمان و به دنبال جوانه‌زنی تلیوسپورها، چهار بازیدیوسپور یک سلولی تک‌هسته‌ای روی آنها به وجود می‌آید. مدت ۷۲ ساعت طول می‌کشد تا بازیدیوسپورها میزبان‌های واسط خود یعنی گونه‌های زرشک و گیاه ماهونیا را آلوده کنند. در هر حال، با توجه به نبود دوره نهفتگی در قارچ عامل زنگ زرد و جوانه‌زنی فوری تلیوسپورها بعد از پایان فصل زراعی و به تبع آن فرصت زمانی بسیار محدود برای در دسترس بودن بازیدیوسپورهای تولید شده و قرار گرفتن آنها روی میزبان واسط، احتمالاً میزبان واسط نباید نقش مهمی در بقای قارچ داشته باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد که در چرخه زندگی این قارچ عمدتاً دو مرحله یوردیومی و تلیومی وجود دارد. با توجه به اینکه احتمالاً تلیوسپورها در بقای زمستانه قارچ نقشی ندارند، در مناطقی که دما خیلی پایین نیست قارچ عامل بیماری در طبیعت بیشتر به شکل یوردیوسپور و میسلیم روی میزبان‌های اولیه و غلات فعالیت دارد. یوردوسپورها در صورت مهیا بودن شرایط، در طول فصل زراعی و تا زمان برداشت محصول می‌توانند به‌طور مکرر باعث ایجاد آلودگی گندم شده و چرخه‌های متعددی از بیماری را ایجاد نمایند (شکل ۳).

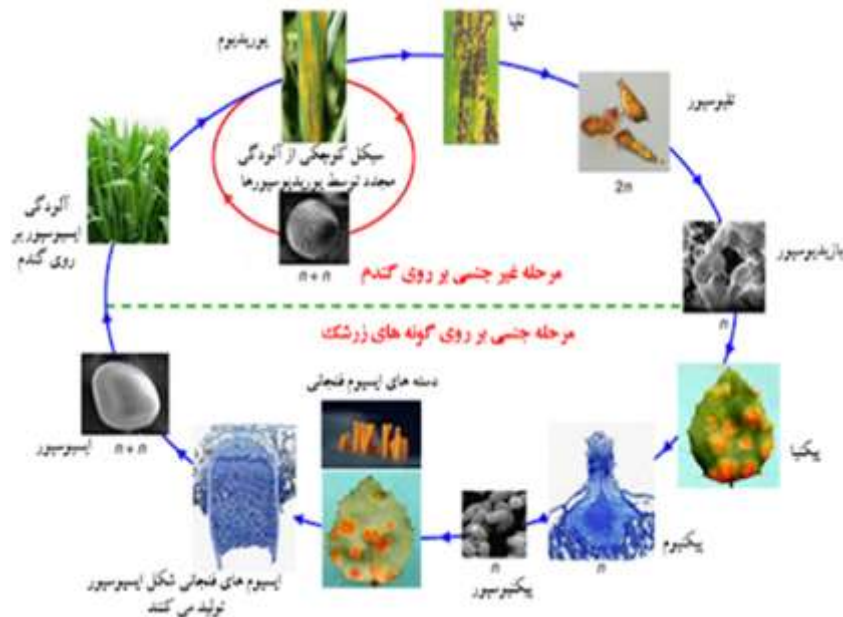
گیاه گندم از مرحله رشد گیاهیچه تا مرحله بلوغ در برابر زنگ زرد آسیب پذیر بوده و آلودگی‌های شدید باعث کاهش عملکرد آن می‌شود.

زنگ زرد در مقایسه با سایر زنگ‌های گندم در دمای پایین‌تری ایجاد می‌شود. جوانه زنی یوردیوسپور قارچ عامل بیماری در دمای ۷-۱۵ درجه سلسیوس بوده و گسترش آلودگی و بیماری بین ۱۶-۱۰ درجه سلسیوس رخ می‌دهد. ولی دمای بهینه برای جوانه‌زنی یوردیوسپورهای قارچ عامل بیماری بین ۹ تا ۱۳ درجه سلسیوس، برای نفوذ به داخل گیاه ۸ تا ۱۳ درجه و برای رشد و اسپورزایی آن ۱۲ تا ۱۵ درجه سلسیوس است.

به نظر می‌رسد که دمای شب در مقایسه با دمای روز نقش مهم‌تری در توسعه زنگ زرد دارد. با توجه به اینکه در طول شب، هم دما پایین‌تر بوده و هم تشکیل شبنم اتفاق می‌افتد، احتمال ایجاد آلودگی در مقایسه با روز بیشتر است. شب‌های خنک سبب توسعه بیشتر بیماری و بقای قارچ عامل بیماری می‌شود. برعکس، هوای گرم مخصوصاً شب‌های گرم، توسعه بیماری و بقای قارچ عامل بیماری را محدود می‌کند. گرم شدن بیشتر هوا، رشد و توسعه قارچ را محدود و حتی ممکن است آن را متوقف کند. در صورت ثابت ماندن دمای محیط در ۲۱-۲۳ درجه سلسیوس از شیوع بیماری کاسته شده و توان زنده ماندن قارچ عامل بیماری در دمای بالای ۲۵ درجه سلسیوس به شدت کاهش می‌یابد.

یوریدیوسپورها از طریق جریان باد به گیاهان سالم منتقل شده و می‌توانند آلودگی‌های جدیدی را آغاز کنند. رطوبت هوا روی استقرار اسپور، جوانه زنی، ایجاد آلودگی و بقای قارچ عامل بیماری تأثیر دارد. بالا بودن رطوبت نسبی کارایی اتصال اسپور به سطوح گیاه را افزایش می‌دهد. یوریدیوسپورهای قارچ جهت جوانه زنی و آلوده نمودن گیاه حداقل به سه ساعت رطوبت مداوم در سطح گیاه نیاز دارند. مشخص شده است که برای انجام اسپورزایی رطوبت نسبی باید از ۵۰ درصد فراتر رود و اینکه با افزایش رطوبت نسبی تولید یوریدیوسپور به طور تصاعدی افزایش می‌یابد. مناطق مرطوب که در طول فصل رشد شبنم بیشتری دارند برای ایجاد زنگ زرد مستعدتر هستند. از آنجایی که رطوبت بالا روی ایجاد آلودگی تأثیر مثبت دارد، مزارع آبی بیشتر در معرض خطر بیماری هستند. البته در مزارع دیم نیز بارندگی‌های سبک می‌تواند شرایط ایده‌آلی را برای ایجاد آلودگی فراهم کنند. بعد از بارندگی، وجود رطوبت بالا در هوا و خاک اغلب باعث تشکیل شبنم به مدت چند شب شده و بدین ترتیب شرایط مساعدی برای ایجاد آلودگی فراهم می‌شود. بارندگی همچنین با پخش اسپورهای قارچ عامل بیماری سبب گسترش بیشتر بیماری می‌شود. مشخص شده است که اگر میانگین دما طی پنج روز متوالی بین ۸-۱۵ درجه سلسیوس (حداقل دما بیش از ۷ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی حاصل از بارندگی‌های مکرر بیش از ۷۰ درصد و با تشکیل شبنم همراه باشد، احتمال بروز آلودگی در ۳-۵ روز بعد وجود خواهد داشت.

باد از طریق خشک کردن یوریدیوسپورهای قارچ عامل زنگ زرد می‌تواند سبب کاهش جوانه‌زنی و آلودگی توسط آنها شود. اما در عین حال این امر می‌تواند دوره بقای این اسپورها را افزایش دهد. باد همچنین نقش مهمی در انتشار زادمایه این بیماری دارد. طبق گزارشات موجود، زنگ زرد توسط باد به صورت زنده تا بیش از ۸۰۰۰ کیلومتر هم می‌تواند جابه‌جا شود.



شکل ۳ - چرخه زندگی زنگ زرد گندم

دستورالعمل اجرایی مدیریت بیماری

در برخی سال‌ها به دلیل وقوع بارندگی‌های متناوب و بالاتر از میانگین بلندمدت و تداوم آب و هوای خنک در بعضی از مناطق گندم کاری کشور، در صورت عدم توجه به مدیریت مطلوب بیماری‌ها، ممکن است زنگ زرد و سایر بیماری‌های برگ و نیز بیماری بلایت (بادزدگی) فوزاریومی سنبله گندم توسعه بیشتری داشته باشند. راهکار اصلی مدیریت زنگ زرد گندم بر مبنای مدیریت تلفیقی بیماری شامل استفاده از ارقام مقاوم، روش‌های زراعی و روش‌های شیمیایی استوار است.

استفاده از ارقام مقاوم یا نیمه مقاوم به بیماری

مهم‌ترین روش برای کنترل زنگ زرد همانند دو بیماری زنگ سیاه و قهوه‌ای استفاده از ارقام مقاوم یا نیمه مقاوم به بیماری است. تاکنون تعداد زیادی ژن مقاومت در برابر زنگ زرد در گندم شناسایی شده‌اند که برخی از آنها برای ایجاد مقاومت به بیماری استفاده شده‌اند. آخرین واکنش ارقام تجاری مهم گندم آبی (جدول ۱) و گندم دیم (جدول ۲) مورد کاشت در کشور نسبت به این بیماری نشان می‌دهد که این ارقام در مناطق مختلف کشور دارای درجات مختلفی از واکنش در برابر بیماری می‌باشند. در ارتباط با این بیماری همانند دو زنگ سیاه و قهوه‌ای گندم، با توجه به اینکه بسیاری از ژن‌های مقاومت مورد استفاده در ارقام مقاوم از نوع نژاد اختصاصی هستند که با پیدایش نژادهای جدید و پراشار قارچ عامل بیماری ممکن است کارایی خود را از دست بدهند، روند تولید ارقام مقاوم به بیماری باید بطور پیوسته و دائمی باشد.

جدول ۱- واکنش ارقام تجاری مهم گندم آبی کشور نسبت به بیماری زنگ زرد

ارقليم/برنامه	شماره	نام رقم	آخرين وضعيت رقم در برابر بيماري
اقلیم گرم و مرطوب شمال*	۱	تکتاز	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۲	آراز	نیمه حساس تا حساس
	۳	آرمان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۴	معراج	نیمه مقاوم تا حساس
	۵	کلاته	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۶	تیرگان	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۷	احسان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
اقلیم گرم و خشک جنوب**	۱	راج	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۲	آزادگان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۳	جلال	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۴	اوج	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۵	داریون	نیمه حساس تا حساس
	۶	آینه	نیمه مقاوم تا حساس
	۷	سحر	نیمه حساس تا حساس
	۸	ستاره	نیمه حساس تا حساس
	۹	سارنگ	نیمه مقاوم تا حساس
	۱۰	خلیل	نیمه مقاوم تا حساس
	۱۱	شاوور	نیمه مقاوم تا حساس
	۱۲	برات	نیمه مقاوم تا حساس
	۱۳	مهرگان	نیمه مقاوم تا حساس
	۱۴	شوش	نیمه حساس تا حساس
	۱۵	چمران-۲	نیمه مقاوم تا حساس
اقلیم معتدل***	۱	بامداد	نیمه مقاوم تا حساس
	۲	سپهر	نیمه مقاوم تا حساس
	۳	دانش	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۴	امین	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۵	فرین	نیمه حساس
	۶	ترابی	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۷	طلایی	نیمه مقاوم تا حساس

ادامه اقلیم معتدل***	۸	رخشان	نیمه مقاوم تا حساس
	۹	بهاران	نیمه مقاوم تا حساس
	۱۰	سیروان	نیمه مقاوم تا حساس
اقلیم سرد****	۱	نگین	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۲	سیمین	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۳	حیران	نیمه حساس تا حساس
	۴	زرینه	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۵	حیدری	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۶	میهن	نیمه مقاوم
	۷	اروم	نیمه حساس
	۸	زارع	نیمه حساس
	۹	پیشگام	نیمه مقاوم
	۱	پریان	نیمه حساس تا حساس
	۲	برزگر	نیمه حساس تا حساس
	۳	نارین	نیمه حساس تا حساس
برنامه گندم شوری***	۴	افق	نیمه حساس تا حساس
	۱	ماهان	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۲	آوان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۳	تابان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
برنامه گندم دوروم***	۴	ثنا	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۵	آران	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۶	هانا	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۷	شبرنگ	نیمه مقاوم تا نیمه حساس

* براساس نتایج بررسی‌های شده در مناطق گرگان، ساری و مغان

** براساس نتایج بررسی‌های انجام شده در مناطق دزفول، بروجرد و زرقان

*** براساس نتایج بررسی‌های انجام شده در مناطق کرمانشاه، بروجرد و زرقان

**** براساس نتایج بررسی‌های انجام شده در مناطق همدان، میاندوآب و اردبیل

جدول ۲- واکنش ارقام تجاری مهم گندم دیم کشور نسبت به بیماری زنگ زرد

ارقليم/برنامه	شماره	نام رقم	آخرين وضعيت در برابر بيماري
اقلیم سرد و سرد معتدل	۱	دهقان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۲	شایان	نیمه حساس تا حساس
	۳	کیان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۴	نفیس	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۵	همتا	نیمه مقاوم
	۶	هومان	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۷	شاداب	نیمه مقاوم
	۸	هور	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۹	راد	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۱۰	جام	نیمه مقاوم
	۱۱	مهر	نیمه مقاوم الی نیمه حساس
	۱۲	واران	نیمه حساس
	۱۳	کمال	نیمه حساس تا حساس
	۱۴	شالان	نیمه حساس تا حساس
	۱۵	رحمت	نیمه حساس تا حساس
	۱۶	صدرا	نیمه حساس
	۱۷	سائین	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۱۸	هشترود	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۱۹	تک آب	مقاوم تا نیمه مقاوم
	۲۰	اوحدی	نیمه حساس الی حساس
	۲۱	باران	نیمه حساس
	۲۲	هما	حساس
	۲۳	رصد	نیمه مقاوم
	۲۴	آذر-۲	نیمه حساس
	۲۵	سرداری	حساس
اقلیم معتدل گندم نان	۱	ایوان	نیمه مقاوم
	۲	ریژاو	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۳	پرآو	نیمه مقاوم

اقلیم معتدل برنامه گندم دوروم	۱	آيسان	نیمه مقاوم
	۲	بارين	نیمه مقاوم
	۳	دامون	نیمه مقاوم
	۴	نقشين	نیمه مقاوم
	۵	ذهاب	نیمه مقاوم
	۶	ساجي	مقاوم
	۷	تابش	نیمه مقاوم
	۸	سپند	نیمه مقاوم
اقلیم گرمسیر و نیمه گرمسیر	۱	مهتاب	نیمه مقاوم
	۲	کبير	نیمه مقاوم
	۳	آبان	نیمه مقاوم
	۴	پایا	نیمه مقاوم
	۵	آسمان	حساس
	۶	آفتاب	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۷	قابوس	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۸	کریم	نیمه مقاوم
اقلیم گرمسیر و نیمه گرمسیر برنامه گندم دوروم	۹	کوهداشت	نیمه مقاوم
	۱	آروین	نیمه مقاوم تا نیمه حساس
	۲	ساورز	نیمه مقاوم
	۳	آبان	نیمه مقاوم
	۴	دهداشت	نیمه مقاوم

روش‌های زراعی مدیریت بیماری

برای مدیریت بیماری زنگ زرد استفاده از روش‌های زراعی متعددی قابل توصیه است که مهم‌ترین آنها به شرح زیر می‌باشند:

- تنظیم تاریخ کاشت و **کشت به موقع** بذر در مناطق با سابقه آلودگی به بیماری بر اساس دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقات دیم کشور.
- کاشت ارقام مقاوم در کانون‌های آلودگی.
- کشت میزان بذر مناسب در واحد سطح به منظور ایجاد تراکم مناسب بوته در مزرعه (رعایت تراکم کاشت).
- کشت ارقام متنوع در یک منطقه و خودداری از کشت یک رقم در سطح وسیع (تا در صورت بروز نژاد جدید و یا شکستن مقاومت رقم تحت کشت، از توسعه و خسارت بیماری جلوگیری شود).

- کنترل علف‌های هرز میزبان قارچ عامل بیماری و گندم‌های خودرو در مزرعه و حاشیه آن.
- تغذیه اصولی گیاه از طریق استفاده بهینه از کودهای ضروری و خودداری از مصرف بی‌رویه کودهای ازته.
- مدیریت آبیاری، استفاده از روش‌های نوین (نواری یا تیپ) و خودداری از آبیاری بیش از حد معمول.
- رعایت ترافیک مزرعه برای سهولت ورود ادوات کنترل شیمیایی (پیش‌بینی مسیرهای عبور و مرور ادوات سمپاشی).

پایش و تعیین زمان کنترل شیمیایی براساس اقلیم های مختلف کشور

- برای تعیین زمان دقیق کنترل شیمیایی و استفاده از قارچ‌کش‌ها برای کنترل بیماری سه روش زیر پیشنهاد شده است:
- (۱) استفاده از سیستم پیش‌آگاهی (در صورت وجود سامانه مربوطه) و بکارگیری اطلاعات و داده‌های هواشناسی و تطبیق آن‌ها با حساسیت ارقام کشت شده در هر منطقه برای تعیین زمان دقیق سمپاشی.
 - (۲) پایش منظم بیماری در فواصل زمانی هر دو هفته یک بار از زمان سبز شدن گیاه در طول پاییز و زمستان و هر هفته یک بار در اواخر زمستان و در طول بهار و انجام سمپاشی به محض مشاهده اولین علائم بیماری.
 - (۳) سمپاشی در صورت وجود شرایط مساعد بیماری، قبل از بروز علائم بیماری، برای محافظت ارقام حساس و نیمه حساس گندم در مراحل حساس رشدی آن، یعنی از مرحله طویل شدن ساقه (مشاهده گره دوم یا سوم، ظهور برگ پرچم) تا مشاهده یقه برگ پرچم.

انتخاب هر یک از روش‌های فوق برای انجام عملیات سمپاشی بستگی به عوامل متعددی مانند تامین نیروی انسانی ماهر و تجهیزات لازم برای پایش مزارع، وجود شبکه‌های پیش‌آگاهی منسجم، دسترسی به اطلاعات هواشناسی، میزان دقت در پیش‌بینی‌های هواشناسی، تامین ناوگان سمپاشی، تهیه و تدارک سموم کافی، میزان حساسیت و تنوع ارقام کشت شده در منطقه، شرایط آب و هوایی و سابقه بیماری در منطقه دارد.

با توجه به این که استان‌های مختلف کشور از نظر موارد گفته شده در بالا شرایط متفاوتی دارند، تصمیم‌گیری در باره زمان و نحوه اجرای سمپاشی در آنها نمی‌تواند از نسخه واحدی تبعیت کند. با توجه به این امر، لازم است محققان و کارشناسان حفظ نباتات در هر استان با در نظر گرفتن شرایط خاص هر منطقه و با ملاحظات زیر در این باره تصمیم‌گیری نمایند:

الف) در کانون‌های آلودگی به زنگ زرد در کشور (مانند دارخوین شادگان در خوزستان، دشت عباس و

موسیان دهلران در ایلام، قصر شیرین و سرپل ذهاب در کرمانشاه و پلدختر در لرستان) **به هیچ وجه نباید ارقام حساس و نیمه حساس کشت شود** و در مورد سایر ارقام در صورتی که طی ۵ روز متوالی میانگین درجه حرارت بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی بیش از ۷۰ درصد و مناسب برای تشکیل شب‌نم باشد، احتمال بروز آلودگی در ۳ تا ۴ روز بعد وجود خواهد داشت. لذا بایستی ضمن پایش مستمر مزارع، تمهیدات لازم برای کنترل شیمیایی به ویژه کانون‌کوبی به عمل آید.

ب) در مناطقی از کشور مانند سایر مناطق استان‌های خوزستان و ایلام و استان‌های گلستان،

مازندران و منطقه پارس آباد در استان اردبیل که مستعد ظهور زنگ زرد بوده و بیماری به‌طور معمول در آنها شیوع پیدا می‌کند، کاشت ارقام مقاوم توصیه می‌شود و در صورت کاشت **رقم گندم حساس یا نیمه حساس به بیماری**، در صورت وجود شرایط آب و هوایی مساعد بروز بیماری (طبق نظر

کارشناس) می‌توان از **روش سوم** برای تعیین زمان سمپاشی استفاده کرد. در این مناطق با دو بار سمپاشی در مراحل حساس رشدی با استفاده از قارچ‌کش‌های مناسب ثبت شده در کشور می‌توان با جلوگیری از خسارت زنگ‌ها، عملکرد محصول را به طور مؤثری افزایش داد. نخستین سمپاشی از مرحله GS30 (طویل شدن ساقه) تا مرحله GS32 (مشاهده دومین گره ساقه) یا GS33 (مشاهده سومین گره ساقه) و سمپاشی دوم از مرحله GS37 (ظهور برگ پرچم) تا مرحله GS39 (مشاهده یقه برگ پرچم) قابل توصیه است.

لازم به ذکر است اگر در مناطق مستعد ظهور بیماری (مناطق گفته شده در بند ب) رقم گندم مقاوم

یا نیمه مقاوم کشت شده باشد، ممکن است استفاده از قارچ‌کش‌ها ضرورتی نداشته باشد ولی با توجه به اینکه این امکان وجود دارد که چنین ارقامی در اثر فشار بالای بیماری و یا ظهور نژادهای جدید قارچ بیمارگر حساسیت بالاتری نسبت به زمان معرفی خود نشان دهند، ضرورت دارد پایش و مراقبت‌های لازم از این مزارع نیز انجام گرفته و در صورت بروز آلودگی‌های بیش از حد معمول و مساعد بودن شرایط جوی برای توسعه بیماری، یک بار سمپاشی انجام شود.

توصیه: انتظار است کارشناسان و محققان گیاه پزشکی استان‌ها بروز آلودگی‌های غیر متعارف بر روی ارقام مقاوم و نیمه مقاوم را جهت بررسی‌های بیشتر برای یافتن دلیل بروز حساسیت ارقام در اسرع وقت همزمان به موسسه تحقیقات گیاه پزشکی و حسب مورد به موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (در مورد ارقام آبی) و یا موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (در مورد ارقام دیم) به صورت مکتوب گزارش نمایند.

ج) در برخی مناطق نظیر خداآفرین، اهر، هوراند و کلیبر (آذربایجان شرقی)، پلدشت، نقده، اشنویه، پیرانشهر (آذربایجان غربی)، رستم و نورآباد (فارس)، باشت و گچساران (کهگیلویه و بویراحمد)، مانه، سملقان، راز و جرگلان (خراسان شمالی) که جزو مناطق بینابین می‌باشند و همچنین استان‌های بوشهر و هرمزگان در صورتی که بارندگی‌های متوالی و میانگین دمای بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس طی ۵ روز متوالی و میانگین رطوبت نسبی بیش از ۷۰ درصد و مناسب برای تشکیل شبنم باشد، در صورت کشت ارقام حساس یا نیمه حساس، احتمال بروز آلودگی در ۳ تا ۴ روز بعد وجود خواهد داشت. لذا بایستی تمهیدات لازم برای کنترل شیمیایی با نظر کارشناس به عمل آید.

د) در استان‌هایی مانند زنجان، کردستان، همدان، چهارمحال بختیاری، مرکزی، اصفهان، کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان رضوی، سمنان، تهران، قزوین و البرز و نیز سایر مناطق استان‌های کرمانشاه، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، فارس، کهگیلویه و بویراحمد و خراسان شمالی که بیماری زنگ به صورت نامنظم بروز پیدا می‌کند، لازم است با در نظر گرفتن واکنش ارقام مورد کشت، اطلاعات سامانه پیش آگاهی و پایش مزارع، به محض بروز اولین علائم بیماری و اطمینان از تداوم روند توسعه بیماری یک بار سمپاشی انجام شود.

و) پایش‌های مستمر در خصوص سایر بیماری‌های گندم مانند بیماری فوزاریوم سنبله گندم، سپتوریوز، لکه خرمایی، زنگ قهوه‌ای و زنگ سیاه بر اساس دستورالعمل‌های قبلی انجام و در صورت لزوم از کنترل شیمیایی استفاده شود.

توجه:

۱- سمپاشی در مراحل بعد از مرحله خمیری نرم، هر چند که شرایط جوی مساعد باشد قابل توصیه نیست.

۲- کشت ارقام حساس و نیمه حساس در مناطق مندرج در بندهای الف، ب و جو توصیه نمی‌شود، چراکه در صورت مساعد بودن شرایط آب و هوایی برای بروز بیماری، علاوه بر تحمیل هزینه‌های مرتبط با کنترل شیمیایی، احتمال ایجاد خسارت وجود خواهد داشت.

۳- حذف و جایگزینی ارقام نیمه حساس و حساس در کانون‌های دائمی، با ارقام نیمه مقاوم و مقاوم جزو اولویت‌های برنامه‌های مدیریت کشت در نظر گرفته شود.

کنترل شیمیایی

آخرین ابزار برای مدیریت بیماری زنگ زرد گندم استفاده از قارچ‌کش‌ها است. استفاده از قارچ‌کش‌ها نقش مهمی در کاهش خسارت ناشی از بیماری روی ارقام حساس، به ویژه در مناطق مستعد بیماری دارد. در هر حال، این امر تابعی از عوامل مختلف می‌باشد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به واکنش رقم گندم در برابر بیماری، شرایط آب و هوایی و زمان کاربرد قارچ‌کش اشاره کرد. چنانچه رقم گندم در برابر بیماری، حساس و شرایط آب و هوایی برای توسعه بیماری مساعد باشد، با توجه به احتمال تشدید بیماری و افزایش خسارت ناشی از آن، استفاده از قارچ‌کش‌ها می‌تواند از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد. برعکس، در صورتی که رقم گندم در برابر بیماری حساسیت کمتری داشته باشد یا شرایط آب و هوایی برای توسعه بیماری مناسب نباشد، با توجه به احتمال پایین بودن میزان و خسارت بیماری، ممکن است استفاده از قارچ‌کش‌ها توجیه اقتصادی نداشته باشد. در هر حال، عوامل دیگری مانند فشار بیماری، تنوع ارقام گندم مورد کشت در منطقه، قیمت محصول، دسترسی کشاورزان به قارچ‌کش‌های مناسب نیز در اتخاذ تصمیم برای سمپاشی اهمیت دارد.

برای مدیریت مطلوب بیماری زنگ زرد می‌توان از قارچ‌کش‌های مختلفی که در کشور تصویب و توصیه شده‌اند، استفاده کرد (جدول ۳).

به دلیل کم بودن دوره حفاظت قارچ‌کش‌هایی از قبیل پروپیکونازول، در مواردی که شرایط مساعد آب و هوایی برای بیماری زنگ زرد تداوم دارد، بهتر است از قارچ‌کش‌هایی با دوره حفاظت طولانی‌تر (غیر از قارچ‌کش پروپیکونازول) که در جدول ۳ آورده شده‌اند، استفاده شود.

جدول ۳- قارچ کش‌های تصویب و توصیه شده در کشور برای کنترل زنگ زرد گندم

ردیف	نام سم	فرمولاسیون	میزان مصرف در هکتار
۱	پروپیکونازول+فلوکسپیروکسآد+پیراکلواستروبین (اینور)	EC 35.5%	۰/۵ لیتر
۲	اپوکسی کونازول+تیوفانات متیل (رکس دو)	SC 49.7%	۰/۵ لیتر
۳	آزوکسی استروبین+سیپروکونازول (آمیستار اکسترا)	SC 28%	۰/۷۵ لیتر
۴	اسپیروکسامین+تبوکونازول+تریادیمنول (فالکن)	EC 46%	۰/۶ لیتر
۵	فلوزیلافل+کاربندازیم (آلرت)	SC 37.5%	۱ لیتر
۶	سایپرکونازول+پروپیکونازول (آرتا)	EC 33%	۰/۴ لیتر
۷	پروپیکونازول (تیل)	EC 25%	۱ لیتر
۸	فلوتریافل (ایمپکت)	SC 12.5%	۱ لیتر
۹	تبوکونازول (فولیکور)	EW 25%	۱ لیتر
۱۰	سایپرکونازول (آلتو)	SL 10%	۰/۵ لیتر
۱۱	تبوکونازول (تایدتو)	SC 40%	۰/۴ لیتر

منابع:

- بی.نام. ۱۳۹۷. دستورالعمل فنی کشت گندم دیم در اقلیم سردسیر کشور. بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران. ۱۳ صفحه.
- بی.نام. ۱۳۸۲. مدیریت مزرعه و دستورالعمل فنی گندم. معاونت فنی و اجرایی. ۱۰۵ صفحه.
- جعفری، ح.، کاظمی، ه. و مؤمنی، ح. ۱۳۹۹. مدیریت شیمیایی بیماری زنگ زرد یا زنگ خطی گندم در سال زراعی ۹۸-۹۹. مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران، ایران. ۱۱ صفحه.
- رجبی، غ. و مهوش، ب. ۱۳۸۲. آفات و بیماری‌های مزارع گندم در ایران. دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی. ۱۸۲ صفحه.
- رضوی، م.، براری، ح.، نصر الهی، م. و رشیدی دودکش، ی. ۱۳۹۷. بررسی کارآیی چند قارچ کش در کنترل بیماری زنگ زرد گندم. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، تهران، ایران. ۲۵ صفحه.
- سبزعلی، ف. و کاظمی، ه. ۱۴۰۱. دستورالعمل اجرایی مبارزه با بیماری زنگ زرد گندم. سازمان حفظ نباتات، تهران، ایران. ۸ صفحه.
- سپهر، . و سجادی نائینی، م. ۱۳۷۲. زنگ‌های گندم. سازمان حفظ نباتات، تهران، ایران. ۱۲ صفحه.
- سجادی، م. و کاظمی، ه. ۱۳۹۷. دستورالعمل مدیریت بیماری‌های گندم. سازمان حفظ نباتات، تهران، ایران. ۵۲ صفحه.
- کاظمی، ه. و مؤمنی، ح. ۱۳۹۴. دستورالعمل مدیریت بیماری زنگ زرد یا خطی گندم. مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران، ایران. ۹ صفحه.
- نوربخش، س. ۱۴۰۲. فهرست آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مهم محصولات عمده کشاورزی. آفت‌کش‌ها و روش‌های توصیه شده جهت کنترل آنها. سازمان حفظ نباتات، تهران، ایران. ۲۲۵ صفحه.
- Byamukamam, M., Shaukat A, Kleinjan J., Yabwalo D. N., Graham C., Caffé-Treml M., Mueller, N. D., Rickertsen J. and Berzonsky W. A, 2019. Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall. The Plant Pathology Journal 35: 63-70.
- Chen, W., Wellings, C., Chen, X., Kang, Z., and Liu, T. 2014. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Molecular Plant Pathology 15: 433-446. DOI: 10.1111/12116.
- Chen, X. M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) on wheat. Canadian Journal of Plant Pathology 27: 314-337.
- Coakley, S. M., and Line, R. F. 1981. Quantitative relationships between climatic variables and stripe rust epidemics on winter wheat. Phytopathology 71: 461-467.
- El jarroudi, M. E., Kouadio, L., Bock, C. H., Junk, J., Pasquali, M., Marate, H. and Delfosse, P. 2017. A threshold-based weather model for predicting stripe rust infection in winter wheat. Plant Disease 101 :693-703.
- Gessese, M.K. 2019. Description of wheat rusts and their virulence variations determined through annual pathotype surveys and controlled multi-pathotype tests. Advances in Agriculture. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/2673706>.
- Grabow, B. S., Shah, D. A., and DeWolf, E. D. 2016. Environmental conditions associated with stripe rust in Kansas winter wheat. Plant Disease 100: 2306-2312.

- Hermansen, J.E. and Veterinary, R. 1968. Studies on the spread and survival of cereal rust and mildew diseases in Denmark. The Royal Veterinary and Agricultural College, Copenhagen, Denmark.
- Jin, Y., Szabo, L.J., and Carson, M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of Berberis as an alternate host. *Phytopathology* 100: 432-435.
- Kashyap, S., Pannu, P.P.S., Kaur, G. T., Sandhu, S. K. and Singh, P. 2018. Effect of weather parameters on occurrence and development of stripe rust of wheat in central Punjab. *Plant Disease Research* 33: 76-81.
- Newlands N. K. 2018. Model-based forecasting of agricultural crop disease risk at the regional scale, integrating airborne inoculum, environmental, and satellite-based monitoring data. *Frontiers in Environmental Science* 6: 63. DOI: 10.3389. 2018.00063.
- Rapilly, F. 1979. Yellow rust epidemiology. *Annual Review of Phytopathology* 17: 59-73.
- Rapilly, F. and Foucault, B. 1976. Premieres etudes sur la retention de spores fongiques par des epidermes foliaires. *Annales de Phytopathologie* 8: 31-40.
- 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, V. K., Mathuria, R. C., Gogoi, R. and Aggarwal, R. 2016. Impact of different fungicides and bioagents, and fungicidal spray timing on wheat stripe rust development and grain yield. *Indian Phytopathology* 69: 357-362.
- Sorensen, C. K., Thach, T., and Hovmoller, M. S. 2016. Evaluation of spray and point inoculation methods for the phenotyping of *Puccinia striiformis* on wheat. *Plant Disease* 100: 1064-1070.
- Stubbs, R.W. 1985. "Stripe Rust". In *The Cereal Rusts, Vol. II: Diseases, Distribution, Epidemiology, and Control*, edited by A.P. Roelfs and W.R. Bushnell, 61-101. Academic Press, Orlando, FL, USA.
- Tu, J.C. and Hendrix, J.W. 1967. The summer biology of *Puccinia striiformis* in southeastern Washington. I. Induction of infection during the summer. *The Plant Disease Reporter* 51: 911-914.
- Viljanen-Rollinson, S. L. H., Parkes, R. A., Armour, T. and Cromey, M. G. 2002. Fungicide control of stripe rust in wheat: protection or eradication. *New Zealand Plant Protection* 55: 336-340.
- Zadoks, J.C. 1961. Yellow rust on wheat studies of epidemiology and physiologic specialization. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 67: 69-256.