دانش بیماری‌شناسی گیاهی (شاپای ا: ۶۲۹۰-۲۵۸۸، شاپای چ: ۹۲۷۰-۲۲۵۱)
سال هشتم، جلد ۲، بهار و تابستان ۱۳۹۸
Plant Pathology Science (eISSN:2588-6290, pISSN:2251-9270)
Vol. 8(2), 2019

Extensional Article

Integrated Management of Diseases Caused by Graminicolous Fungi

SEPIDEH FEKRIKOHAN, REZA MOSTOWFIZADEH-GHALAMFARSA✉
Department of Plant Protection, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 07.03.2019 Accepted: 30.07.2019

Fekrikohan S and MostowfizadehGhalamfarsa R (2019) Integrated management of diseases caused by graminicolous fungi. Plant Pathology Science 8(2):58-69. DOI: 10.2982/PPS.8.2.58

Abstract

Wheat is one of the most important cereals grown as human and animal food in the world, including Iran. This crop is infected by various pathogens such as fungi. Graminicolous fungi are important pathogens which cause root and crown rot, leaf blight and black spot on wheat. Some methods, with high efficiency and safety for human and environment, have been employed for controlling these diseases. Since the activity of these fungi depends on some factors such as soil temperature, pH, moisture and nutrients, the proper agricultural practices before planting and suitable irrigation and good fertilization would be effective in pathogen control. Various species of *Trichoderma*, arbuscular endomycorrhizal fungi and some bacterial species may control the disease through some mechanisms such as biofilm production, plant growth promotion and enzyme production. Generally, integrated management with the aid of simultaneous application of several control measures would give the best results.

Key words: Wheat, *Pleosporaceae*, Root rot, leaf spot

✉ Corresponding author: rmostofi@shirazu.ac.ir

مقاله ترویجی

مدیریت تلفیقی بیماری‌های ناشی از قارچ‌های گندمیان‌زی

سپیده فکری‌کهن و رضا مستوفی‌زاده قلمفرسا✉
بخش گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۶ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۸
فکری کهن س و مستوفی‌زاده‌قلمفرسا ر (۱۳۹۸) مدیریت تلفیقی بیماری‌های ناشی از قارچ‌های گندمیان‌زی. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۸(۲):۶۹-۵۸. DOI: 10.2982/PPS.8.2.58

چکیده

گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که به طور گسترده در ایران و جهان برای غذای انسان و دام کشت می‌شود. این محصول توسط عوامل مختلفی از جمله قارچ‌ها مورد حمله قرار می‌گیرد. قارچ‌های گندمیان‌زی بیمارگران مهمی هستند که در گندم پوسیدگی ریشه و طوقه، لکه برگی و نقطه سیاه ایجاد می‌کنند. روش‌هایی با کارایی زیاد و ایمن برای انسان و محیط زیست برای مبارزه با آن‌ها به کار گرفته شده است. از آن‌جا که فعالیت این قارچ‌ها به عواملی مانند دما، اسیدیته، رطوبت و مواد غذایی موجود در خاک بستگی دارد، انجام درست عملیات زراعی قبل از کاشت و آبیاری و کوددهی مناسب، در مهار این عوامل بسیار مؤثر خواهد بود. از طرف دیگر انواعی از گونه‌های *Trichoderma* و قارچ‌ریشه‌های آربوسکولی و برخی باکتری‌ها به روش‌هایی مانند تولید بیوفیلم، افزایش رشد گیاه و تولید آنزیم بیماری را مهار می‌کنند. به طور کلی مبارزه تلفیقی با استفاده از چند روش به طور هم‌زمان بهترین نتیجه را می‌دهد.

واژگان کلیدی: گندم، *Pleosporaceae*، پوسیدگی ریشه، لکه‌برگی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) از محصولات مهمی است که به طور وسیع در ایران و جهان به دو صورت آبی و دیم کشت می‌شود. این گیاه غذای بیش از یک سوم مردم دنیا را تأمین می‌کند. گندم چه از نظر تولید و چه از نظر تغذیه از سایر گندمیان مهم‌تر است. گیاه گندم در درجه اول برای تغذیه انسان و در درجه دوم برای تغذیه دام و مصارف صنعتی کاربرد دارد. میزان سالانه تولید گندم در ایران ۱۴ میلیون تن است (FAOSTAT 2017). تاکنون بیماری‌های مختلفی شامل زنگ‌ها، سیاهک‌ها، سفیدک پودری، سفیدک کرکی، لکه‌برگی‌ها، سوختگی برگ، نقطه سیاه و پوسیدگی ریشه و طوقه روی این گیاه گزارش شده است. قارچ‌های گندمیان‌زی (Graminicolous) مانند گونه‌های *Alternaria*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Curvularia* و *Exserohilum* از بیمارگرهای مهم گندم هستند(Mirabolfathy and Ershad 2006) . این قارچ‌ها اغلب فقط با تولیدمثل غیرجنسی و تشکیل کنیدیوم تکثیر می‌یابند. کنیدیوم‌برهای این قارچ‌ها تیره‌رنگ و به صورت مستقیم به حالت منفرد یا خوشه‌ای تشکیل می‌شوند. کنیدیوم‌ها روی کنیدیوم‌برها به صورت جانبی رشد می‌کنند و حالت انفرادی داشته و به صورت استوانه‌ای خمیده و یا گرزی وارونه تشکیل می‌شوند. این قارچ‌ها در هر دو حالت پوده‌رُست و انگل در طبیعت وجود دارند. در حالت انگلی موجب سوختگی برگ‌ها و کله‌برگی و پوسیدگی طوقه و ریشه در تیره گندمیان می‌شوند (Alcorn 1988, Shoemaker 1959).

۱- میزبان‌های قارچ‌های گندمیان‌زی

مهم‌ترین میزبان قارچ‌های گندمیان‌زی گندمیان زراعی و وحشی هستند. از جمله گیاهانی که به عنوان میزبان

✉ مسئول مکاتبه:rmostofi@shirazu.ac.ir

برای این قارچ‌ها شناخته شده‌اند، علاوه بر گندم، جو، برنج، ذرت، ذرت‌خوشه‌ای و نیشکر، می‌توان به تعدادی از علف‌های هرز مانند اویارسلام (*Cyperus* sp. L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)، سورگوم (*Sorghum* spp. L.)، علف باغ (Dactylis spp. L.)، قمیش (*Arundo donax* L.)، قیاق (*Sorghum halepence* L.)، گل خرچنگی آویزان (*Heliconia rostrata* L.)، لویی (*Typha latifolia* L.)، مرغ (*Cynodon dactylon* L.)، علف ستاره (*Heteranthera zosterifolia* L.)، برخی از درختان مثل کاج (*Pinus* spp. L.) و برخی از گیاهان خوراکی مانند بامیه (*Abelmoschus esanlentus* (L.) Moench)، خیار (*Cucumis sativus* L.)، موز (*Musa sapientum* L.)، میوه اژدها (*Hylocereus undatus* L.) و گیاهانی از تیره‌های *Anacardiaceae*، *Uforbiaceae*، *Malvaceae*، *Rutaceae* و *Zingiberaceae* اشاره کرد (Ellis 1971, Ahmadpour *et al.* 2011, Manamgoda *et al.* 2011 and 2014, Oeurn *et al.* 2015, Singh *et al.* 2016).

۲-بیماری‌های ناشی از قارچ‌های گندمیان‌زی در گندم

این گروه از قارچ‌ها بیماری‌های نقطه سیاه بذر، مرگ بذر، پوسیدگی ریشه و طوقه و لکه برگی را روی گندم ایجاد می‌کنند (Shamim *et al.* 2008, Matusinsky *et al.* 2010). همچنین می‌توانند به سنبله حمله کرده، باعث سیاه شدن پوسته دانه شوند. در آلودگی‌های شدید دانه چروکیده و لاغر شده و یا اصلاً تشکیل نمی‌شود (Etebarian and Mohammadifar 2007). نتیجه بیمار شدن گیاه توسط آن‌ها کاهش کیفیت و کمیت دانه و حتی کاهش کیفیت علوفه تولید شده خواهد بود. معمولاً بوته‌های بیمار در مزرعه کوتاه‌تر از سایرین هستند. علاوه بر این آلودگی شدید ممکن است منجر به مرگ گیاهچه یا حتی مرگ بذر قبل از خروج از خاک شود. در نتیجه کچلی در مزرعه مشاهده می‌شود. جدول ۱ گونه‌های قارچ گندمیان‌زی ایجاد کننده بیماری در گندم در ایران را نشان می‌دهد. با توجه به اهمیت زیاد و اقتصادی بودن گندم و شدت خسارت وارد شده به آن توسط قارچ‌های گندمیان‌زی، بررسی روش‌های مهار و مبارزه با بیماری اهمیت قابل توجهی دارد. هدف از نگارش این مقاله بررسی روش‌های مهار بیماری‌های ناشی از این قارچ‌ها و ارائه مناسب‌ترین راه‌کار در شرایط ایران است.

۳-مدیریت بیماری‌های ناشی از قارچ‌های گندمیان‌زی در گندم

بیماری‌های ایجاد شده توسط این گروه از قارچ‌ها در گندم ممکن است توسط گونه‌های مختلف و یا حتی ترکیبی از چند گونه یا چند جنس ایجاد شود (Hashemi Alizadeh *et al.* 2013) از این رو روش‌های متفاوتی برای مهار آن‌ها وجود دارد. این روش‌ها به طور کلی در چهار دسته روش‌های زراعی، کشت رقم‌های مقاوم، مبارزه زیستی و مبارزه شیمیایی قرار می‌گیرند.

۳-۱- روش‌های زراعی

۳-۱-۱- مبارزه با علف‌های هرز : علف‌های هرز تیره گندمیان از میزبان‌های این قارچهای بیمارگر و محل زمستان‌گذرانی آنها هستند، بنابراین از بین بردن آنها پیش از کاشت گندم تاثیر زیادی در کاهش بروز و شیوع این بیماریها دارد.

۳-۱-۲-تنظیم تاریخ کاشت : خسارت این گروه از قارچ‌ها در مناطق گرم و خشک و در فصل‌های گرم سال افزایش می‌یابد. بهترین شرایط برای بروز لکه‌برگی ناشی از این قارچ‌ها دمای ۲۹ درجه سلسیوس و رطوبت بالای ۹۰% است (Viani 2014). بررسی فکری‌کهن و مستوفی‌زاده قلمفرسا (۱۳۹۸) نشان داد که گونه‌های مختلف جنس‌های گندمیان‌زی حداکثر رشد خود را در دماهای ۲۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس دارند. قدرت خسارت‌زایی آن‌ها در خاک‌های خشک و دارای تنش به مراتب بیش‌تر است (HashemiAlizadeh *et al.* 2013) به همین دلیل کشت پاییزه گندم در مناطق گرمسیر نقش مهمی در مهار بیماری‌های ناشی از این قارچ‌ها دارد. تنظیم تاریخ کشت در مهار پوسیدگی ریشه مؤثر است. کشت دیر هنگام به دلیل فراهم کردن زمان بیش‌تر برای از بین رفتن

جدول ۱- گونه‌های گندمیان‌زی بیمارگر گندم در ایران

Table 1. Graminicolous wheat pathogene species in Iran

بیماری ایجاد شده	گونه	محل گزارش بیماری	منابع
پوسیدگی ریشه و طوقه			
	Bipolaris sorokiniana	آذربایجان غربی، ایلام، خراسان شمالی، زنجان، فارس، کرمان، گلستان، لرستان، مرکزی	Irani and Ershad 2000, Mansouri *et al*. 2001, Mirabolfathy and Ershad 2006, Safaei *et al.* 2008, Abbasi and Aliabadi 2009, Ershad 2009, Amarloo *et al*. 2012, Dehghan *et al*. 2015, Mehraabi *et al.* 2015
	Curvularia australiensis	آذربایجان شرقی، فارس	Mohammadipour and Ershad 2002
	C. papendorfi	فارس	
	C. spicifera	آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، فارس، گلستان	Irani and Ershad 2000, Mohammadipour and Ershad 2002, Saaneei *et al.* 2011
	C. verruculosa	فارس	
	Exserohilum rostratum	فارس	
لکه‌برگی			
	B. sorokiniana	آذربایجان غربی، ایلام، خراسان شمالی، زنجان، فارس، کرمان، لرستان، مرکزی	Irani and Ershad 2000, Mansouri *et al*. 2001, Mirabolfathy and Ershad 2006, Ershad 2009, Safaei *et al.* 2008, Abbasi and Aliabadi 2009, Amarloo *et al.* 2012, Mehraabi *et al.* 2015,
	B. spicifera	آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، گلستان	Irani and Ershad 2000, Mohammadipour and Ershad 2002, Saaneei *et al.* 2011
	C. australiensis	فارس	
	C. papendorfi	فارس	
	E. rostratum	فارس	

عامل بیماری در بقایا و باقی گذاشتن زمان کم‌تر برای نفوذ ریشه‌های تازه به اعماق خاک و در نتیجه، آلوده شدن کمتر آن‌ها توسط عامل بیماری می‌تواند مفید باشد. به طور کلی باید از کاشت بذر در عمق زیاد خودداری کرد. البته در این مورد توجه به آب‌وهوای منطقه بسیار مهم است. بنابراین توصیه می‌شود برای تعیین بهترین تاریخ کشت از اطلاعات مراکز مربوطه در منطقه استفاده شود (Adesemoye *et al*. 2015).

۳-۱-۳- برقراری تناوب زراعی : یکی از راه‌های مهار بیماری پوسیدگی ریشه در گندم برقراری تناوب است. به این منظور می‌توان از گیاهانی غیر از گندمیان مانند آفتاب‌گردان (*Helianthus annuus* L.)، باقلا (*Vicia faba* L.)، چغندر (*Beta vulgaris* L.)، خردل (*Sinapis arvensis* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)، کلزا (*Brassica napus* L.)، ماش (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) استفاده کرد. در سال‌های اخیر استفاده از کلزا در تناوب با گندم بسیار رایج شده است، زیرا این گیاه، میزبان عامل بیماری نبوده و علاوه بر این

می‌تواند موادی ترشح کند که رشد عامل بیماری را سرکوب کند (Fernandez and Conner 2011a). بهترین دوره تناوب با این گیاه، تناوب دو ساله است. آیش گذاشتن زمین به مدت یک سال نیز می‌تواند مفید باشد (Moore and Conner 2011a, Fernandez *et al.* 2005, Mansouri 2012). البته در هنگام به کار بردن تناوب یا آیش گذاشتن زمین باید دقت زیادی در حذف علف‌های هرز یا استفاده از گیاهان فاقد بذر علف هرز در تناوب نشان داد، زیرا این علف‌های هرز نیز می‌توانند میزبان مناسبی برای عامل بیماری باشند. از طرفی وجود آن‌ها در زمین می‌تواند به عنوان منبع زادمایه عمل کرده و منجر به افزایش احتمال آلودگی شود (Adesemoye *et al.* 2015). چنانچه تناوب امکان‌پذیر نباشد می‌توان با زیر خاک کردن بقایا، پایداری تابستانه عامل بیماری را کاهش داد، زیرا این کار باعث سرعت بخشیدن به تجزیه بقایا می‌شود. علاوه بر این وقتی زمین خالی از بقایا باشد نور خورشید بیش‌تری را جذب کرده، گرم‌تر شده و میزان رطوبت آن کاهش می‌یابد، در نتیجه شرایط برای بقای عامل بیماری نامساعد خواهد شد (Mansouri 2012، Burrows 2013).

۳-۱-۴- آبیاری بهینه: میزان و زمان آبیاری بسیار مهم است. آبیاری مناسب پس از مرحله خوشه‌دهی می‌تواند بیماری ریشه و طوقه را تا حد زیادی مهار کند؛ زیرا بیش‌ترین خسارت در شرایط تنش آبی در این مرحله به همراه گرمای شدید هوا دیده شده است. به طور کلی کشت گیاه در بستر دارای زهکشی مناسب و رعایت فاصله مناسب در کشت رطوبت را مهار کرده و باعث جلوگیری از بروز بیماری‌های ناشی از گندمیان‌زی‌ها خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به گرم و خشک بودن اکثر مناطق گندم‌کاری در ایران، آبیاری منظم و کافی نقش مهمی در مهار بیماری ناشی از گونه‌های گندمیان‌زی خواهد داشت. البته نکته‌ای که باید مورد توجه قرار بگیرد عدم آبیاری به صورتی است که منجر به تراکم بیش از حد گیاه شود؛ زیرا در غیر این صورت برگ‌های بزرگ گیاه باعث سایه‌اندازی شده و شرایط رطوبتی مناسب را برای رشد قارچ و خسارت‌زایی ایجاد خواهند کرد (HashemiAlizadeh *et al.* 2013).

۳-۱-۵- کوددهی بهینه: کاهش استفاده از کودهای نیتروژنه تا حد امکان می‌تواند در مهار پوسیدگی معمولی ریشه و طوقه گندم مؤثر باشد. علاوه بر این استفاده از کودهای فسفاته به دلیل تولید ریشه‌های زیادتر به جبران خسارت ناشی از این بیماری کمک می‌کند (Moore *et al.* 2005, Adesemoye *et al.* 2015).

۳-۲- کشت رقم مقاوم

راه‌حل دیگر برای مبارزه با این بیماری‌ها کشت رقم مقاوم است. تاکنون بررسی‌هایی در دنیا انجام شده و ارقام یا رگه (line) هایی به عنوان مقاوم، نیمه‌مقاوم یا حساس معرفی شده‌اند. منظور از ارقام نیمه‌مقاوم آن‌هایی هستند که توسط این گروه از قارچ‌ها خسارت می‌بینند، اما میزان کاهش کیفیت و کمیت محصول در آن‌ها کمتر از ارقام حساس است. بررسی مقاومت چند رقم به پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از قارچ *Bipolaris sorokiniana* در ایران نشان داده رقم‌های سبلان، زرین و نیک‌نژاد مقاوم، ارقام پیشتاز، الوند، گاسپارد، الموت، داراب، مرودشت و لاین‌های C-78-14 و M-79-6 نیمه مقاوم و ارقام مارون، بک کراس روشن و کویر حساس هستند (Samiei *et al.* 2008). پژوهش لی و همکاران نشان داده که رقم‌های گندم دارای دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر و تحمل بالاتر نسبت به سرمازدگی، مقاومت بیشتری به بیماری نقطه سیاه نشان می‌دهند (Li *et al.* 2019).

۳-۳-مبارزه زیستی

۳-۳-۱-استفاده از قارچ‌های متعارض : تاکنون قارچهای متعددی به عنوان عامل مهار زیستی گونه‌های مختلف *Bipolaris* (از جمله *B. ellisi* (Danquah) Alcorn، *B. hawaiiensis* (Bugnic. ex M.B. Ellis) J.Y. Uchida and Aragaki، *B. sorokiniana* و *B. spicifera*) شناخته شده‌اند. از جمله آن‌ها می‌توان به بعضی قارچ‌ریشه‌های آربوسکولی و گونه‌های *Trichoderma* (از جمله *T. harzianum* J.H. Rifai 1969، *T. virens* (Giddens Mill. and A.A. Foster) Arx و *T. viride* Pers. 1794) اشاره کرد (Etebarian and Mohammadifar 2007, HashemiAlizadeh *et al.* 2013, Singh *et al.* 2016). روش اثر هر

یک از مهارکننده‌های زیستی متفاوت است. قارچ‌های آربوسکولی با بهبود روابط خاک و گیاه، جذب آب و عناصر مهم (مانند روی، فسفر و مس) و موادغذایی، تغییرات در مواد شیمیایی بافت‌های گیاه، تغییر ساختار ریشه، کاهش تنش‌های محیطی، رقابت با سایر بیمارگرها بر سر محل استقرار و موادغذایی و افزایش جمعیت باکتری‌های مفید خاک به کاهش و مهار بیماری کمک می‌کند (Hashemi Alizadeh *et al*. 2013). گونه‌های مختلف *Trichodeerma* نیز با کاهش یا حتی توقف رشد ریسه قارچ و فعال کردن مسیر مقاومت سیستمیک اکتسابی (با اثر افزایش در تولید آنزیم‌هایی مانند فنیل پروپانوید، آمونیالایز، پراکسیداز، کیتیناز و سایر آنزیم‌های مرتبط با این مقاومت) مشابه با شرایط حمله بیمارگر در گیاه در مهار بیماری‌های ناشی از قارچ‌های *Bipolaris* مؤثر هستند (Singh *et al*. 2016). گونه *T. viride* با تولید مواد فرار مانند استالدئید باعث مهار بیمارگرها می‌شود (Dennis and Webster 1971). میزان اثرگذاری گونه‌های مختلف *Trichoderma* روی گونه‌های مختلف بیمارگرها متفاوت است. برای مثال بررسی اعتباریان و محمدی‌فر (2007) نشان داده که سویه M *T. harzianum* بیش‌ترین اثر را روی *B. spicifera* دارد. همچنین جدایه UBSTH-*T. harzianum* 501 بالاترین بازدارندگی از رشد ریسه *B. sorokiniana* داشته است (Singh *et al*. 2016). لازم به ذکر است که غلظت قارچ مورد استفاده نیز اهمیت زیادی دارد. برای مثال کم‌ترین غلظت لازم برای مهار زیستی به‌وسیله سوسپانسیون اسپورهای *T. harzianum* ۱×۱۰^{۵} اسپور در میلی‌لیتر است (Etebarian and Mohammadifar 2007).

۳-۳-۲-استفاده از باکتری‌های متعارض : تاکنون باکتری‌های متعددی از جمله *Bacillus* sp.، *Escherichia* sp.، *Paenibacillus* sp.، *Pseudomonas* sp.، *Achromobacter* sp. و *Stenotrophomonas* sp. به عنوان عامل مهار زیستی معرفی شده‌اند (Gozari *et al*. 2018, Villa-Rodríguez *et al*. 2019). از میان آن‌ها بررسی‌های زیادی در مورد گونه‌های مفید *Bacillus* و *Pseudomonas*، نحوه اثر آن‌ها و جدایه‌های مؤثرتر انجام شده است (Dal Belo 2003, Mohammadi *et al*. 2005, Hashemi Alizadeh *et al*. 2013, Khezri 2016, 2017, Singh *et al*. 2016, Gozari *et al*. 2018, Minaeva *et al*. 2018, Villa-Rodriguez 2019). باکتری *P. fluorescens* Flügge با تولید موادی مانند سیدروفور، سیانید هیدروژن، پروتئاز، فنازین، اسید کربوکسیلیک و اسید آنترالینیک روی رشد پوده‌رُستی و انگلی بیمارگر اثر گذاشته و باعث مهار بیماری می‌شود (Hashemi Alizadeh *et al*. 2013). این باکتری با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های اکسیداز و پراکسیداز در گیاه باعث مهار بیماری از طریق فعال کردن مقاومت سیستمیک اکتسابی می‌شود. میزان پراکسیداز بعد از تلقیح تا ۴۰% ممکن است افزایش یابد (Maksimov *et al*. 2015, Minaeva and Akimova 2013, Minaeva *et al*. 2018, Chowdhury *et al*. 2015). جدایه‌های مختلفی از *Bacillus subtilis* Ehrenburg و *B. amyloliquefaciens* Priest به عنوان عامل مهار زیستی گونه‌های *Bipolaris* شناخته شده‌اند (Singh *et al*. 2016). این باکتری‌ها با تولید بیوفیلم، افزایش طول ریشه و سرعت رشد گیاه و ممانعت از رشد ریسه قارچ بیمارگر باعث مهار آن می‌شوند (Singh *et al*. 2016). مهار بیماری از طریق بیوفیلم در پنج مرحله اتفاق می‌افتد. در ابتدا باکتری به صورت برگشت‌پذیر به ریشه متصل می‌شود. به مرور این اتصال برگشت‌ناپذیر خواهد شد. پس از آن باکتری بالغ شده، شروع به ایجاد بیوفیلم می‌کند. در نهایت باکتری پس از تکمیل ساختار بیوفیلم از ریشه جدا و در محیط خاک منتشر می‌شود (Sauer 2003). میزان بیوفیلم تولید شده توسط باکتری با قدرت آن برای مهار بیماری‌های ناشی از قارچ‌های گندمیان‌زی رابطه مستقیم دارد. بررسی‌هایی در مورد میزان بیوفیلم تولید شده در جدایه‌های مختلف *B. subtilis* و عوامل مؤثر در تولید آن صورت گرفته است (Khezri 2015,2017). جدایه‌های مختلف *B. subtilis* از طریق تولید مواد فرار ضدقارچی، آنزیم‌ها، ترشحات خارج سلولی و بیوفیلم باعث افزایش رشد گیاه و عبور آن از مرحله حساس می‌شوند (Bais *et al*. 2004, Fiddaman and Rosal, 1994, Jamil *et al*. 2007, Kloepper *et al*. 2004, Ongena *et al*. 2007, Zhao *et al*. 2014). بررسی خضری (2017) نشان داد که میزان تولید بیوفیلم به عواملی چون دما، فشار اسمزی، اسیدیته و میزان مواد موجود در خاک

بستگی دارد. طبق این بررسی بیش‌ترین مقدار بیوفیلم در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، اسیدیته ۷ و فشار اسمزی ۷۵% سوکروز اتفاق می‌افتد. لازم به ذکر است که افزایش گلیسرول موجب افزایش تولید بیوفیلم و کمبود آهن منجر به کاهش آن خواهد شد (Oglesby-Sherrouse 2006, Morikawa *et al*. 2014). با وجود لازم بودن قندهای متنوع برای تولید بیوفیلم، مقدار قند رامنوز و گالاکتوز موجود در محیط تأثیری در تولید بیوفیلم ندارد (Khezri 2015). با توجه به موارد ذکر شده احتمال می‌رود که استفاده از باکتری *B. subtilis* در اکثر مناطق کشت گندم در ایران کارایی داشته باشد. البته این موضوع مشروط به خنثی بودن خاک از لحاظ اسیدیته و کافی بودن آهن در آن است. بررسی خضری (2017) روی جدایه‌های *B. subtilis* نشان داد که بیش‌ترین میزان تولید بیوفیلم در جدایه‌های B1، B3 و B4 اتفاق می‌افتد. که از میان آن‌هاجدایه‌های B3 و B4 ریشه را بهتر کلونیزه کرده، در نتیجه در مهار بیماری‌های ناشی از گندمیان‌زی مؤثرتر عمل می‌کنند.

۳-۴- مبارزه شیمیایی

قارچ‌های گندمیان‌زی ساکن خاک هستند. به همین دلیل مبارزه شیمیایی با آن‌ها مشکل خواهد بود. از طرف دیگر به دلیل اثرات زیان‌آور این روش برای محیط زیست و انسان در سال‌های اخیر سعی بر آن بوده که به جز مواقع اضطراری از این روش مهار استفاده نشود. برای مبارزه شیمیایی سموم متفاوتی معرفی شده است. از جمله می‌توان به کربوکسین + تیرام (به نسبت یک به یک)، وایتاواکس ۱ گرم در لیتر، کاربندازیم و تریادیمنول برای ضدعفونی بذر و پروپیکونازول، تیلت، تبوکونازول به صورت محلول‌پاشی روی برگ اشاره کرد (Sharma-Poudyal *et al*. 2016, Singh *et al*. 2014). در میان قارچ‌کش‌های بذری وایتاواکس به میزان ۲/۵ گرم در کیلوگرم علیه *B. sorokiniana* بهترین نتیجه را داشته است (Singh *et al*. 2014) اما در مورد بیماری نقطه سیاه با وجود افزایش رشد گیاه و وزن محصول، اثری در مهار بیماری نداشت. در این مورد، تیلت به میزان ۰/۵ گرم در لیتر بهترین نتیجه را داشت (Malaker and Mian 2009). لازم به ذکر است از آن‌جایی که قارچ‌های گندمیان‌زی ایجادکننده پوسیدگی معمولی ریشه و طوقه می‌توانند باعث ایجاد لکه‌برگی نیز شوند، سموم مورد استفاده قادر به مهار هر دو دسته بیماری هستند. در بررسی اثر قارچ‌کش‌های مختلف در مهار بیماری پوسیدگی معمولی ریشه و لکه‌برگی مشخص شده که روش اثرگذاری سموم متفاوت است. برای مثال تبوکونازول باعث کاهش شدت سوختگی و کاهش تعداد گیاهچه بیمار می‌شود. تریادیمنول و ترکیب کربوکسین با تیرام علاوه بر آن باعث افزایش تولید جوانه در گیاه می‌شوند. از طرف دیگر استفاده از قارچ‌کش برگی پروپیکونازول علاوه بر کاهش بیماری، وزن ۱۰۰۰ دانه را نیز افزایش می‌دهد (Sharma-Powdial *et al.* 2016). اثر قارچ‌کشی روغن ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در مهار گونه‌های *Bipolaris* و *Cochliobolus* به اثبات رسیده است. این مورد نیز همانند سایر روش‌ها تأثیرات متفاوتی روی گونه‌های مختلف قارچ بیمارگر می‌گذارد. برای مثال ۸۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر آن باعث توقف کامل رشد ریسه در تمام جدایه‌ها به خصوص جدایه‌های *B. ellisi* شد. همچنین این ماده با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر جوانه‌زنی اسپورهای *B. hawaiiensis* را به طور کامل متوقف کرد (Azzaz *et al*. 2018). یکی دیگر از مواد شیمیایی قابل استفاده بنزوتیادیازول است. این ماده اثر قارچ‌کشی مستقیم ندارد؛ اما در فعال شدن مقاومت سیستمیک اکتسابی در گیاه نقش دارد (Azami-sardooei *et al*. 2017). این ماده را می‌توان پای گیاه همراه با آب آبیاری و یا پاشیدن روی اندام هوایی گیاه استفاده کرد (Desmond *et al*. 2008).

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از بررسی‌های محققین نشان می‌دهد که روش‌های متنوعی برای مبارزه با بیماری‌های ناشی از قارچ‌های گندمیان‌زی در گندم وجود دارد که علاوه بر کارایی بالا (حتی مهار ۱۰۰ درصدی بیمارگر)، اثرهای سوء مواد شیمیایی برای محیط زیست و انسان را ندارند. مهم‌ترین روش‌هایی که می‌تواند مانع از بروز این بیماری‌ها در مزرعه شوند، روش‌های زراعی(تنظیم تاریخ کاشت، مبارزه با علف‌های هرز قبل از کشت و آبیاری و کوددهی مناسب)، کشت رقم مقاوم، استفاده بهینه از مهارکننده‌های زیستی و ضدعفونی بذر و خاک با سم-

های شیمیایی قبل از کاشت نیز می‌تواند بسیار مؤثر باشد. در صورت امکان‌پذیر نبودن سایر روش‌های غیرشیمیایی، استفاده از سم‌های شیمیایی جذبی به صورت محلول‌پاشی روی برگ نیز برای مبارزه به عنوان آخرین راه‌کار توصیه می‌شد. البته لازم به ذکر است که انتخاب یک روش به تن‌هایی معمولاً بیماری را مهار نکرده و یا نتیجه مطلوبی ندارد. به همین دلیل بهترین توصیه استفاده از چندین روش مبارزه به صورت تلفیقی است.

References **منابع**

1. Abbasi M and Aliabadi F (2009) The List of Fungi Reported in Proceedings of 12th to 18th Iranian Plant Protection Congress. Elm and Honar Publication, Tehran.
2. Adesemoye TO, Wegulo SN and Klein RN (2015) Common root rot and Fusarium foot rot of wheat. Available online at: http://extensionpublications.unl.edu/ assets/ pdf/g1998.pdf
3. Ahmadpour A, Donyaadust Chelaan M, Heydarian Z and Javan-Nikkhah M (2011) New species of *Bipolaris* and *Curvularia* on grass species in Iran. Rostaniha 12:39-49.
4. Alcorn JL (1988) The taxonomy of "*Helminthosporium*" species. Annual Review of Phytopathology 26:37-56.
5. Amarloo A, Ruhaani H and Mehdikhaani-Moghadam E (2012) Identification of basic stem rot and root rot fungi on wheat in Khorasan. Iranian Journal of Plant Protection 25:332-340.
6. Azami-sardooei Z, Fekrat F and Ghalavand F (2017) A review on the application of Benzothiadiazol in plant diseases management. Plant pathology science 6(2):33-42 (In Persian). Azzaz NA, Elsherbiny EA and El-Khateeb AY (2018) Chemical composition and fungicidal effects of *Ocimum basilicum* essential oil on *Bipolaris* and *Cochliobolus* species. Journal Agriculture Science Technology 18:1143-1152.
7. Bais HP, Fall R and Vivanco JM (2004) Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of arabidopsis roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. Plant Physiology 134:307-319.
8. Burrows M (2013) Guide to common root and crown diseases of cereal crops in Montana. Available online at: http://plantpath.msuextension.org/pdfs/crown-root.pdf
9. Chowdhury S, Singh K, Kumar J, Deepshikha KS, Vaish S, Chand R ... and Karwasra S (2015) Evaluation of sources of resistance to leaf blight (*Bipolaris sorokiniana* and *Alternaria triticina*) in wheat (*Triticum aestivum*) and Triticale. Indian Phytopathology 68:221-222.
10. Dal Bello GM, Sisterna MN and Monaco CI (2003) Antagonistic effect of soil rhizosphere microorganisms on *Bipolaris sorokiniana*, the causal agent of wheat seedling blight. International Journal of Pest Management 49:313-317.
11. Dehghan M, Ebrahim Nejad Sh and Barari H (2015) Identification of causing pathogens and associate of wheat root and crown rots in Gorgan region. Plant pathology 7:73-82. (In Persian with English Abstract).

12. Dennis C and Webster J (1971) Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: III. Hyphal interaction. Transactions of the British Mycological Society 57:363-369.
13. Desmond OJ, Manners JM, Schenk PM, Maclean DJ and Kazan K (2008) Gene expression analysis of the wheat response to infection by *Fusarium pseudograminearum*. Physiological and Molecular Plant Pathology 73:40-47.
14. Ellis MB (1971) *Dematiaceous Hyphomycetes*. England: Commonwealth Mycological Institute.
15. Ershad D (2009) Fungi of Iran. 3rd ed. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. (In Persian).
16. Etebarian H and Mohammadifar M (2007) Evaluation of some *Trichoderma* isolates for biological control of crown and root rot of wheat caused by *Bipolaris spicifera* (Bainier) Subram. Seed and Seedlings 32:343-356. (In Persian with English Abstract).
17. FAOSTAT (2017) FAO statistics Division 2016. Online: http://faostat.fao.org /en/data/QC.
18. Fernandez MR and Conner RL (2011a) Root and crown rot of wheat. Prairie Soils and Crops 4:151-157.
19. Fernandez MR and Conner RL (2011b) Black point and smudge in wheat. Prairie Soils and Crops 4:158-164.
20. Fiddaman PJ and Rossall S (1994) Effect of substrate on the production of antifungal volatiles from Bacillus subtilis. Journal of Applied Bacteriology 76:395-405.
21. Gozari M, Mohamaizadeh M, Gozari M and Rafati M (2018) Isolation, identification and evaluation of the Actinobacteria derived from wheat farms to perform for biological control of fungal diseases. Journal of Invironmental Science and Technology 20:11-25. (In Persian with English Abstract).
22. Hashemi Alizadeh S.K, Roohani H and Tarighi S (2013) Evaluation of Mutual effect of Mycorhizal fungi *Pseudomonas fluorescens* and *Glomus fluorescens* in biological control of common root rot of wheat by *Bipolaris sorokiniana*. Plant Protection 27:142-148. (In Persian with English Abstract).
23. Hernández-Restrepo M, Madrid H, Tan YP, da Cunha KC, Gene J, Guarro J and Crous PW (2018) Multi-locus phylogeny and taxonomy of *Exserohilum*. Persoonia 41:71-108.
24. Irani H. and Ershad D. 2000. Identification and prevalation of *Bipolaris* species the casual agents o foot and root rot of winter wheat in west Azarbaijan. Proceedings of the 14th Iranian Plant Protection Congress, Isfahan, P.221.
25. Jamil B, Hasan F, Hameed A and Ahmed S (2007) Isolation of *Bacillus subtilis* MH-4 from soil and its potential of polypeptidic antibiotic production. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences 20:26-31.

26. Khezri M (2016) Influence of some environmental and nutritional conditions on biofilm formation of probiotic *Bacillus subtilis* strains. Biological Control of Plant and Pest Diseases 4:157-165. (In Persian with English Abstract).
27. Khezri M (2017) Effect of biofilm by plant probiotic rhizobacteria on root colonization and growth of wheat. 6:93-102. (In Persian with English Abstract).
28. Kloepper JW, Ryu CM, Zhang SA (2004) Induced system resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. Phytopathology 94:1259-1266.
29. Li QY, Xu QQ, Jiang YM, Niu JS, Xu KG and He RS (2019) The correlation between wheat black point and agronomic traits in the North China Plain. Crop Protection 119:17-23.
30. Maksimov IV, Veselova SV, Nuzhnaya, TV, Sarvarova, ER and Khairullin, RM (2015) Plant growth promoting bacteria in regulation of plant resistance to stress factors, Russian Journal Plant Physiology 62:715-726.
31. Malaker PK and Mian IH (2009) Effect of seed treatment and foliar spray with fungicides in controlling black point disease of wheat. Bangladesh Journal of Agricultural Research 34:425-434.
32. Manamgoda DS, Cai L and Bahkali AH (2011) *Cochliobolus*: an overview and current status of species. Fungal Diversity 51:3-42.
33. Manamgoda DS, Rossman AY, Castlebury AL, Crous PW, Madrid H, Chukeatirote E, and Hyde KD (2014) The genues *Bipolaris*. Studies in Mycology 79:221-288.
34. Mansouri B, Ravanloo A, Noor Allahi Kh, Azarbakht N, Jafari H and Ghalandar M (2001) Common root and stem rot of wheat in west Azarbaijan, Ilam, Lorestan, Zanjan and Markazi provinces. Proceeding of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Kermanshah, Iran.
35. Mansouri B (2012) Common root and stem rot and control management in wheat farms in Iran. Available online at https://www.agrilib.ir/book_3597.pdf
36. Mathre DE, Johnston RH and Grey WE (2003) Diagnosis of common root rot of wheat and barley. Plant Health Progress 4:11.
37. Matusinsky P, Frei P, Mikolasova R, Svacinova I, Tvaruzek L and Spitzer T (2010) Species-specific detection of Bipolaris sorokiniana from wheat and barley tissues. Crop Protection 29:1325-1330.
38. Mehraabi R, Toraabi M, Rajabpour M, Karami N, Hasani A and Ebraahimi A (2015) Molecular identification of *Cochliobolus sativus*, the causal agent of wheat spot blotch disease, using its sequencing and its phylogenetic relationships with other *Cochliobolus* species. Seed and Plant Improvement Journal 2:399-417.
39. Minaeva O M, Akimova E E, Tereshchenko N N, Zyubanova TI, Apenysheva M V, and Kravets A V (2018) Effect of Pseudomonas Bacteria on Peroxidase Activity in Wheat Plants when Infected with *Bipolaris sorokiniana*. Russian Journal of Plant Physiology 65:717-725.
40. Minaeva OM and Akimova EE (2013) Effectiveness of applying bacteria *Pseudomonas* sp., strain B-6798, for anti-phytopathogenic protection of crops in Western Siberia, Vestn. Tomsk Gos. Universal, Biology 3:19–37.

41. Mirabolfathy M and Ershad D (2006) *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera* and *Exserohilum* diseases of turfgrass in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 42:83-85.
42. Mohammadi K, Rahimian H, Etebarian H.N and Ghalandar M (2005) Biological Control of Common Root Rot of Wheat by Antagonistic Bacteria Isolated from Wheat Rhizosphere. Iranian Journal of Plant Pathology 41:383-402. (In Persian with English Abstract).
43. Mohammadipour M and Ershad DD (2002) Identification of *Bipolaris* species the causal agent of root and foot rot of wheat in east Azarbaijan. Proceedings of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Kermanshah, Iran. (In Persian with English Abstract).
44. Moore K, Manning B, Simpfendorfer S and Verrell A (2005) Root and crown diseases of wheat and barley in Northern NSW. Available online at: https://www.dpi.nsw. gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/159031/root-crown-rot-diseases.pdf.
45. Morikawa M (2006) Beneficial biofilm formation by industrial bacteria *Bacillus subtilis* and related species. Journal of Bioscience and Bioengineering 101:1-8.
46. Oeurn S, Jitjak W and Sanoamuang N (2015) Fungi on dragon fruit in Loei Province, Thailand and the ability of *Bipolaris cactivora* to cause post-harvest fruit rot. Asia-Pacific Journal of Science and Technology 20:405-418.
47. Oglesby-Sherrouse AG, Djapgne L, Nguyen AT, Vasil A and Vasil ML (2014) The complex interplay of iron, biofilm formation, and mucoidy affecting antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa.* Pathogens and Disease 70:307-320.
48. Ongena M, Jourdan E, Adam A, Paquot M, Brans A, Joris B, Arpigny JL and Thonart P (2007) Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants. Environmental Microbiology 9:1084-1090.
49. Saaneei J, Razavi E and Okhovat M (2011) Rice brown spot disease and identification of the causal agent fungi in Golestan province. Creal Research 1:65-74.
50. Safaei D, Okhovat M, Hajaroud Gh and Yunesi H (2008) Identification, comparison in pathogenisity and transmitance of *Bipolaris* sp. the factor of root rot and stem rot of wheat in Kermanshah province. Journal of Science and Technology of Agriculure and Natural Resources 12:207-214.
51. Samiei F, Javan-nikkhah M, Zamani Zadeh HR and Rafiei-Karahrudi Z (2008) Reaction of some wheat cultivars to *Bipolaris sorokiniana* the causal agent of common root rot. Journal of Plant Protection 22:211-219. (In Persian with English Abstract).
52. Sauer K (2003) The genomics and proteomics of biofilm formation. Genome Biology 4: 219.
53. Shamim I, Shahzad A, Anjum M and Iftikhar A (2008) Selection of in vitro technique for pathogenicity and screening of wheat cultivares agaist *Bipolaris sorokiniana*. Pakistan Journal of Botany 40:415-420.

54. Sharma-Poudyal D, Sharma RC and Duveiller E (2016) Control of *Helminthosporium* leaf blight of spring wheat using seed treatments and single foliar spray in Indo-Gangetic Plains of Nepal. Crop Protection 88:161-166.
55. Shoemaker RA (1959) Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris*, grass parasites segregated from *Helminthosporium*. Canadian Journal of Botany 37:879-887.
56. Singh DP, Kumar A, Solanki IS, Singh SP, Verma J, Mahapatra S, and Dutta S (2014). Management of spot blotch of wheat caused by *Bipolaris sorokiniana* in wheat using fungicides. Indian Phytopathology 67:308-310.
57. Singh UB, Malviya D, Singh S, Imran M, Pathak N, Alam M, and Sharma AK (2016) Compatible salt-tolerant rhizosphere microbe-mediated induction of phenylpropanoid cascade and induced systemic responses against *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker causing spot blotch disease in wheat (*Triticum aestivum* L.). Applied Soil Ecology 108:300-306.
58. Viani A (2014) Forecasting potential distribution of spot blotch in wheat under climate change scenario in Indo-Gangetic plains. Ph.D. thesis, Plant Pathology, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India.
59. Villa-Rodríguez E, Parra-Cota F, Castro-Longoria E, López-Cervantes J and Santos-Villalobos SDL (2019) *Bacillus subtilis* TE3: a promising biological control agent against *Bipolaris sorokiniana*, the causal agent of spot blotch in wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum). Biological Control 132:135-143.
60. Zhao Y, Selvaraj JN, Xing F, Zhou L, Wang Y, Song Y, Tan X, Sun L, Sangare L, Folly YME and Liu Y (2014) Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum*. PLoS ONE 9:e92486.