القای مقاومت گندم به بیماری پاخوره با کاربرد متیل جاسمونات و چند گونه قارچ میکوریز

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۲، شماره ۴، صفحات ۴۷ – ۳۹
(زمستان ۱۳۹۵)

احمد بانشی
کارشناس ارشد بیماری‌شناسی گیاهی
گروه بیماری‌شناسی گیاهی
واحد شیراز
دانشگاه آزاد اسلامی
شیراز، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
ahmad10fan@gmail.com

صدیقه محمدی*
استادیار گروه بیماری‌شناسی گیاهی
واحد شیراز
دانشگاه آزاد اسلامی
شیراز، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
mohammadi.pp@gmail.com
مسؤل مکاتبات*

چکیده بیماری پاخوره یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم می‌باشد که توسط قارچ خاکزی *Gaeumannomyces graminis* ایجاد می‌شود. این پژوهش با هدف تعیین تأثیر گونه‌های قارچ میکوریز و متیل جاسمونات در القای مقاومت گندم آلوده به قارچ مذکور انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل با ۳۲ تیمار در سه تکرار در شرایط گلخانه انجام گرفت. فاکتور اول وجود و عدم وجود بیمارگر، فاکتور دوم گونه‌های قارچ میکوریز شامل *Glomus hoi*، *G. mosseae* و *G. intraradices* و فاکتور سوم غلظت‌های متیل جاسمونات در مقادیر ۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار بود. عوامل القا کننده مقاومت فوق‌الذکر در مرحله گیاهچه به خاک اطراف ریشه اضافه و در بازه‌های زمانی ۲۴ و ۱۲۰ ساعت میزان فنل اندازه‌گیری و روند تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفت. میزان فعالیت فنل کل در اکثر تیمارهای سالم نسبت به تیمارهای بیمار القا شده بیش‌تر بود. میزان فنل کل در گیاهان بیمار با هر عامل القای مقاومت در بازه زمانی ۱۲۰ ساعت بیش‌تر از میزان آن در بازه زمانی ۲۴ ساعت بود ولی به طور کلی گیاهان سالم بیش‌ترین میزان فنل کل در دو بازه زمانی ۲۴ و ۱۲۰ ساعت را داشتند. کاربرد *G. intraradices* همراه با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات بیش‌تر تأثیر را در القای مقاومت داشت و پیشنهاد می‌شود از این ترکیب در مرحله گیاهچه به عنوان کود بیولوژیک جهت القای مقاومت برای مقابله با بیماری پاخوره گندم استفاده شود.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹۴**
تاریخ دریافت: **۹۵/۰۲/۲۸**
تاریخ پذیرش: **۹۵/۱۰/۲۲**

واژه‌های کلیدی:
- **فنل کل**
- **قارچ‌ریشه**
- **کنترل بیولوژیک**
- **مقاومت القایی**
- **مهار زیستی**

مقدمه گندم در حدود ۲۰٪ کالری غذایی جهان را تأمین و غذای اصلی ۴۰٪ جمعیت جهان است.[۲۰] بیماری پاخوره یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم توسط قارچ خاکزی *Gaeumannomyces graminis* ایجاد می‌شود. خسارت این بیماری در مزارع آبی به خصوص در سال‌های پرباران به خصوص در مناطق معتدل قابل توجه است.[۱۸] نزدیک به یک و نیم قرن از شناخت بیماری پاخوره گندم می‌گذرد اما هنوز روش مؤثری جهت مهار آن وجود ندارد و این بیماری عامل محدودکنندهٔ تولید غلات در جهان باقی مانده است. در مورد مهار زیستی بیماری پاخوره، گزارش‌هایی از استفاده از باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens* و *Bacillus* spp. و نیز قارچ‌های *Trichoderma* spp. و *Glomus* spp. در کاهش بیماری موجود است.[۲،۳،۴،۵،۱۵] قارچ‌های میکوریز به عنوان یک عامل بیولوژیک القای مقاومت باعث حفاظت از گیاهان در مقابل بیماری‌ها می‌شوند. این قارچ‌ها با ایجاد تغییرات ژنتیکی، فیزیولوژیکی و اکولوژیکی در گیاهان میزبان، عملکرد آن‌ها را در واحد سطح افزایش می‌دهند. همزیستی با قارچ‌های میکوریزی وزیکولار-آربسکولار[1] باعث بهبود رشد و نمو در گیاهان با افزایش جذب عناصر، بهبود رابطه آبی گیاهان، کاهش تنش‌های خاک و افزایش تولید محصول می‌گردد. به دلیل اهمیت زیاد همزیستی گونه‌های *Glomus* spp. با گیاهان عالی، به نقش آن‌ها در مهار عوامل بیماریزای خاکزاد توجه زیادی شده است.[۵] ترکیبات فنلی به همراه سایر آنزیم‌ها و مواد دفاعی نظیر پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز در مقاومت به بیمارگرهای گیاهی به صورت سیستمیک دخالت داشته و در مقدار و میزان این مواد در میزبان تغییراتی پدید می‌آورند.[۱۳] برخی ترکیبات فنلی از جمله سالیسیلیک اسید[2] و جاسمونیک اسید[3] علاوه بر نقش مستقیم در القای مقاومت، نقش ایجاد سیگنال در مقاومت سیستمیک و نقش محرک در بروز مقاومت به ویژه القای پروتئین‌های مرتبط با بیماریزایی و افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز[4] را ایفا می‌کنند.[۲۱] *مورالز و همکاران (۲۰۱۲)* از *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Gigaspora rosea* به عنوان محافظ‌های زیستی جهت مهار بیماری پاخوره در جو استفاده کردند. گونه‌های *Glomus* توانایی بالایی در تسخیر کردن ریشه میزبان داشتند و میزان زخم ریشه را کاهش دادند. در حالی که درصد اشغال ریشه توسط *G. rossea* کمتر از ۳٪ بود. در پژوهشی که توسط *فلاحیان و همکاران (۲۰۰۷)* روی اثر *Glomus etunicatum* بر میزان آنزیم‌های دفاعی گیاه گندم آلوده به *G. graminis* انجام گرفت مشخص شد میزان و فعالیت پروکسیداز، فنیل آمونیالیاز و ترکیبات فنلی در گیاه آلوده تلقیح شده با میکوریز به طور چشمگیری افزایش یافت.[۷،۱۱] پژوهش‌های *بن (۲۰۰۸)* نیز نشان داد کاربرد *G. mosseae* و *P. fluorecens* باعث افزایش مقاومت گندم به بیماری پاخوره می‌شوند اما ترکیب این دو عامل با هم تأثیر بیش‌تری در افزایش مقاومت میزبان مقابل بیماری داشت.[۳] قارچ‌های شبه میکوریزی *Priformospora indica* و *Sebacina verimifera* همچنین *Trichoderma harzianum* و *Trichoderma viride* از پیشرفت بیماری پاخوره روی گندم جلوگیری و باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه شدند.[۹] کاربرد متیل جاسمونات می‌تواند با القای واکنش‌های دفاعی و افزایش ترکیبات فنلی و آنزیم‌های دفاعی نظیر پروکسیداز[5] و لیپوکسیژناز[6] مقاومت گیاه گندم را برابر

[1] vesicular arbuscular
[2] salicylic acid
[3] jasmonic acid
[4] Phenyl Alanine Amonialase (PAL)
[5] peroxidase
[6] lipoxygenase

بیماری‌های خاکزاد افزایش دهد این مسأله به این دلیل است که متیل جاسمونات می‌تواند ژن‌ها یا پروتیئن‌های دخیل در سنتز فنل‌ها را تنظیم کند، بنابراین فنل کل در گیاه با این تیمار افزایش می‌یابد.[۱۴] نتایج پژوهش‌های *مطلبی و همکاران (۲۰۱۵)* نشان داد که کاربرد متیل جاسمونات میزان فنل کل و آنزیم‌های دفاعی نظیر کاتالاز[1]، پروکسیداز و لیپوکسیژناز را در گیاه گندم رقم فلات و پیشتاز آلوده به *Fusarium culmorum* افزایش داده است.[۱۲] *زیدان و همکاران (۲۰۱۱)* کاربرد میکوریز را به منظور مهار بیماری پژمردگی و پوسیدگی ریشه گیاه کنجد بررسی و نشان دادند که قارچ .*Glomus* spp به طور قابل توجهی وقوع این بیماری را کاهش می‌دهد. همچنین کاربرد هم‌زمان مایکوریز با سایر عوامل زیستی از قبیل *T. viride* و *B. subtilis* در القای مقاومت نسبت به بیمارگر مؤثرتر بود.[۲۲] *عبدل فتاح و همکاران (۲۰۱۱)* القای پاسخ‌های دفاعی در گیاهان لوبیا توسط قارچ‌های میکوریزی آربسکولار را بررسی و نشان دادند که کلونیزاسیون لوبیا با قارچ های آرباسکولار مایکورایزا[2] به طور قابل توجهی، محصول‌دهی و تجمع مواد مغذی را افزایش و شدت و وقوع بیماری را کاهش می‌دهد.[۱] *سهرابی و همکاران (۱۳۹۱)* اثرات دو قارچ *G. intraradices* و *G. mosseae* علیه نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne javanica* در گوجه‌فرنگی را بررسی و مشخص کردند که قارچ میکوریز باعث افزایش رشد در بخش‌های مختلف گیاه و همچنین کاهش چشمگیر خسارت نماتد گردید.[۱۷]

بنابراین هدف از انجام این آزمایش تعیین تأثیر متیل جاسمونات و مایکوریز برالقای مقاومت گیاهچه‌های گندم به پاخوره بود.

مواد و روش‌ها به منظور جداسازی عامل بیماری، از مرز قسمت سالم و قسمت سیاه شده ریشه آلوده گندم مشکوک به بیماری قطعاتی جدا و پس از ضدعفونی، کشت و جداسازی شد. خالص‌سازی به شیوه تک اسپور انجام شد. به منظور اثبات بیماری‌زایی جدایه بیمارگر چند بلوک از قارچ *Gaeumannomyces graminis* کشت شده در محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار[3] جدا و در لیوانی که پیش‌تر درون آن گندم رقم پیشتاز کاشته شده بود اطراف طوقه و ریشه را کنار زده و منتقل گردید. پس از چند هفته و بروز علایم بیماری، مقداری از ریشه و طوقه بیمار شده را با تیغ سترون جدا و پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱٪ به محیط کشت سیب زمینی دکستروز آگار منتقل و درون انکوباتور قرار داده شد؛ بعد از ۴۸ ساعت قارچ مذکور از اطراف قطعات بیمار جداسازی و با نمونه اول مطابقت داده شد.

جهت تهیه مایع تلقیح، بذرهای گندم به مدت ۲۴ ساعت درون ارلن ۱ لیتری خیس گردید، سپس آب اضافه از ارلن حاوی بذرها جدا و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلیسیوس در اتوکلاو در سه روز متوالی ضدعفونی گردید. سه قطعه ۱ سانتی‌متر مربعی از پرگنه فعال و در حال رشد بیمارگر بر روی محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار جدا و درون ارلن‌ها منتقل گردید. ارلن‌ها به مدت ۴-۳ هفته در دمای ۲۵ درجه سلیسیوس قرار گرفتند. سپس به منظور یکنواخت نمودن رشد بیمارگر، ارلن‌های حاوی گندم و قارچ هر هفته در دو نوبت خوب به هم زده و مخلوط گردید و تا زمان مورد نیاز برای تلقیح به خاک و جلوگیری از خشک شدن تحت جریان هوا در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

[1] catalysis
[2] arbuscular mycorrhiza
[3] Potato Dextrose Agar (PDA)

قارچ‌های میکوریز *G. intraradices*، *G. mosseae* و *G. hoi* از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک همدان تهیه گردید. برای انجام آزمایش از رقم پیشتاز گندم استفاده گردید. برای کاشت بذر داخل گلدان از مخلوطی از خاک و کوکوپیت[1] استفاده گردید. بدین صورت که تعداد ۲۰-۱۵ بذر داخل گلدان‌های آزمایش قرار داده شد. بعد از سبز شدن تعداد نشاها را به حدود ۱۲-۱۰ کاهش یافت تا فضای کافی جهت رشد میسر باشد. پس از رسیدن گیاه به مرحله‌ی دوبرگی، به منظور تلقیح عامل بیماری و عوامل القای مقاومت، خاک اطراف ریشه کنار زده شده و عامل بیماری به صورت چند بلوک قارچی کنار ریشه و طوقه و عوامل القای مقاومت یعنی گونه‌های قارچ‌های میکوریزه مقدار ۱۰۰ گرم کود بیولوژیک حاوی اسپورهای میکوریز مخلوط با خاک کنار ریشه و متیل جاسمونات به صورت سوسپانسیون تهیه شده در سه غلظت مختلف شامل ۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اضافه گردید. بررسی تأثیر گونه‌های میکوریز و ماده متیل جاسمونات در دو گروه برای گیاهان سالم و بیمار انجام گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل انجام گرفت. فاکتور اول وجود و عدم وجود بیمارگر دارای دو سطح، فاکتور دوم گونه‌های قارچ میکوریز دارای سه سطح *Glomus hoi*، *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* و فاکتور سوم غلظت‌های متیل جاسمونات دارای چهار سطح ۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار بود که اثرات مستقل و متقابل آن‌ها در مجموع با ۳۲ تیمار در سه تکرار انجام و میزان فنل کل گیاه بررسی شد.

برای اندازه‌گیری میزان فنل از روش *مالیک و سینگ (۲۰۰۷)* استفاده گردید. ابتدا به ۱ گرم از عصاره گیاه ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ اضافه نموده و به مدت یک ساعت در شرایط تاریکی روی دستگاه شیکر روتاتور[2] با سرعت ۵۰ دور در دقیقه قرار داده شد و سپس ۱۰ دقیقه در سانتریفوژ[3] با دور ۳۵۰۰ قرار داده شده و ۵۰ میکرولیتر از عصاره با ۴۵۰ میکرولیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین[4] (۰/۱٪) مخلوط و ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۷/۵٪ اضافه شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۵ درجه سلسیوس قرار داده شد تا زمانی که به دمای اتاق برسد. در نهایت نیز در طول موج ۷۶۵ نانومتر طول موج اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث در بازه زمانی ۲۴ ساعت اختلاف بین تیمارهای غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات، گونه‌های مایکوریز، وجود و عدم وجود بیمارگر، اثر متقابل غلظت متیل جاسمونات-گونه مایکوریز، غلظت متیل جاسمونات-وجود و عدم وجود بیمارگر، اثر متقابل گونه مایکوریز-وجود و عدم وجود بیمارگر و اثر متقابل هر سه عامل با هم، در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان فنل در طول موج ۷۶۵ نانومتر در بازه زمانی ۲۴ ساعت، مربوط به تیمار گیاهچه بیمار القا شده با متیل جاسمونات در غلظت ۰/۵ میلی مولار همراه با *G. hoi*، تیمار گیاهچه سالم با متیل جاسمونات در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار فاقد مایکوریز و تیمار همراه با جاسمونات در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار همراه با *G. mosseae* بود. در این بازه زمانی مشخص شد میزان فنل در اغلب گیاهان سالم نسبت به گیاهان مبتلا به پاخوره القا شده توسط عامل یکسان، بیش‌تر بود (جدول ۲). هم‌چنین در بازه زمانی ۱۲۰ ساعت اختلاف بین تیمارهای غلظت‌های مختلف متیل

[1] cocopeat
[2] Hettich (EBA-20, Germany)
[3] Rotator (PTT 10LO, Iran)
[4] Folin-Ciocalteu reagent

جدول ۱) تجزیه واریانس فنل کل گیاهچه گندم سالم و مبتلا به پاخوره ۲۴ ساعت پس از تلقیح با متیل جاسمونات و مایکوریز

Table 1) Variance analysis of total phenol in healthy and take all-infected wheat seedlings inoculated by methyl jasmonate and mycorrhiza 24 hours after inoculation

Source of variation	df	mean of square
Presence or absence of pathogen	1	0.05655 **
Species	3	0.3944 **
Presence or absence of pathogen * species	3	0.0057 **
Concentration	3	0.0021 **
Presence or absence of pathogen * concentration	3	0.0070 **
Species*concentration	9	0.0031 **
Presence or absence of pathogen * species * concentration	9	0.0069 **
Error	64	0.0001 **
Total	95	

جدول ۲) میزان فنل کل در گیاهچه گندم سالم و مبتلا به پاخوره ۲۴ ساعت پس از تلقیح با متیل جاسمونات و مایکوریز

Table 2) total phenol in healthy and take all-infected wheat seedlings inoculated by methyl jasmonate and mycorrhiza 24 hours after inoculation

Pathogen	Mycorrhiza	jasmonic acid (mM)			
		0	0.5	1	1.6
Presence	*Glomus hoi*	0.1 hi	0.022 a	0.104 hi	0.56 gkl
	Glomus mosseae	0.086 ijk	0.05 m	0.14 de	0.091 hij
	Glomus intraradices	0.057 lm	0.108 gh	0.56 gkl	0.102 hi
Absence	*Glomus hoi*	0.13 ef	0.15 de	0.18 b	0.13 ef
	Glomus mosseae	0.16 bcd	0.21 a	0.12 fg	0.15 cde
	Glomus intraradices	0.15 de	0.14 def	0.067 klm	0.13 ef

جاسمونات، گونه‌های مایکوریز، وجود و عدم وجود بیمارگر، اثر متقابل غلظت متیل جاسمونات،گونه مایکوریز، غلظت متیل جاسمونات، وجود و عدم وجود بیمارگر، اثر متقابل گونه مایکوریز، وجود و عدم وجود بیمارگر و اثر متقابل هر سه عامل با هم، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان فنل در طول موج ۷۶۵ نانومتر در بازه زمانی ۱۲۰ ساعت، مربوط به تیمار گیاهچه سالم و بیمار فاقد عامل القای مقاومت و تیمار گیاهچه بیمار القا شده با متیل جاسمونات در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار همراه با *G. intraradices* بود. کم‌ترین میزان فنل مربوط به تیمار گیاهچه آلوده القا شده با متیل جاسمونات در غلظت ۱/۵میلی‌مولار همراه با *G. mosseae* بود (جدول ۴). میزان فنل کل در اکثر گیاهان سالم نسبت به گیاهان بیمار القاء شده توسط عامل یکسان بیش‌تر بود. میزان فنل کل در تیمارهای بیمار با هر عامل القای مقاومت در بازه زمانی ۱۲۰ ساعت بیش‌تراز میزان آن در بازه زمانی ۲۴ ساعت بوده است ولی به طور کلی تیمارهای سالم بیش‌ترین میزان فنل کل در دو بازه زمانی ۲۴ و ۱۲۰ ساعت را داشتند (شکل ۱). در این آزمایش تیمار گیاهچه سالم القا شده با متیل جاسمونات در غلظت ۰/۵ و ۱/۵ میلی مولار همراه با *G. mosseae* و فاقد آن و هم‌چنین تیمار بیمار القا شده با متیل جاسمونات در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به همراه *G. hoi* دارای بیش‌ترین میزان فنل در ۲۴ ساعت را داشتند. در بازه زمانی ۱۲۰ ساعت نیز تیمار شاهد سالم و بیمار یعنی تیماری که هیچ یک از عوامل القای مقاومت را همراه نداشت بیش‌ترین میزان فنل را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. آنچه باعث شده که فنل کل در این آزمایش افزایش نیابد، طبق نظریه *گوجو و همکاران (۲۰۰۱)* قابل توصیف می‌باشد. بر این اساس سن گیاهچه‌های گندم نقش مؤثری در میزان ترکیبات فنلی ایفا می‌نمایند. معمولاً ترکیبات فنلی در چند روز اول گیاهچه‌ای افزایش چشم‌گیری دارند و سپس کاهش می‌یابند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی داشته است.

جدول ۳) تجزیه واریانس فنل کل گیاهچه گندم سالم و مبتلا به پاخوره ۱۲۰ ساعت پس از تلقیح با متیل جاسمونات و مایکوریز

Table 3) Variance analysis of total phenol in healthy and take all-infected wheat seedlings inoculated by methyl jasmonate and mycorrhiza 120 hours after inoculation

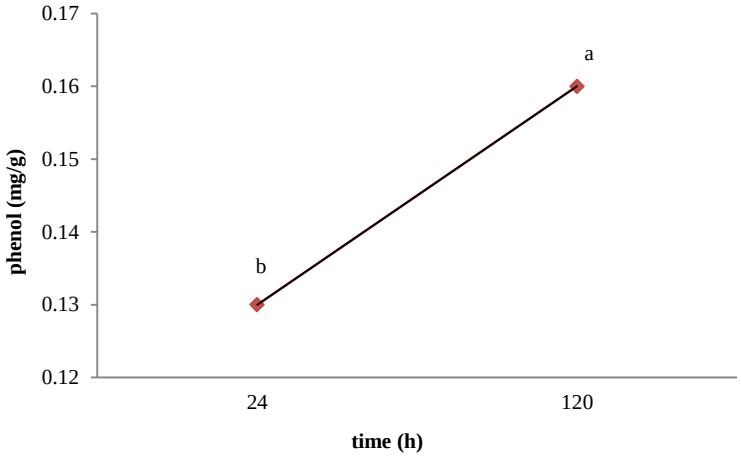
Source of variation	df	mean of square
Presence or absence of pathogen	1	0.0197 **
Species	3	0.0102 **
Presence or absence of pathogen * species	3	0.0097 **
Concentration	3	0.0090 **
Presence or absence of pathogen * concentration	3	0.0023 **
Species*concentration	9	0.0043 **
Presence or absence of pathogen * species * concentration	9	0.0040**
Error	64	0.00012 **
Total	95	

جدول ۴) میزان فنل کل گیاهچه گندم سالم و مبتلا به پاخوره ۱۲۰ ساعت پس از تلقیح با متیل جاسمونات و مایکوریز

Table 4) total phenol in healthy and take all-infected wheat seedlings inoculated by methyl jasmonate and mycorrhiza 120 hours after inoculation

Pathogen	Mycorrhiza	Jasmonic acid (mM)			
		0	0.5	1	1.6
Presence	*G. hoi*	0.13 n-q	0.10 s	0.11 rs	0.17 h-k
	G. mosseae	0.12 o-r	0.12 p-s	0.12 qrs	0.06 t
	G. intraradices	0.20 ef	0.16 j-m	0.11 rs	0.24 bc
Absence	*G. hoi*	0.19 fg	0.21 de	0.22 cd	0.16 jkl
	G. mosseae	0.17 g-j	0.13 n-q	0.16 i-l	0.18 f-i
	G. intraradices	0.18 fgh	o.15 k-n	0.19 fg	0.16 i-l

بررسی *بن (۲۰۰۵)* روی گندم آلوده به پاخوره نشان دهنده نقش قارچ میکوریز *G. mosseae* و باکتری *P. florecens* در کاهش خسارت و افزایش رشد و کیفیت محصول می‌باشد. در این مطالعه مشخص شده که ریشه گندم تیمار شده با *G. mosseae* یا *P. florecens* آسیب کمتری دیده است نسبت به ریشه آلوده‌ای که با موارد فوق تیمار نشده است. همچنین، ترکیب *G. mosseae* و باکتری *P. florecens* نشان دهنده نتیجه بهتری از کاهش خسارت نسبت به استفاده از هرکدام به تنهایی می‌باشد و با توجه به نتایج این تحقیق نیز افزایش ترکیبات فنلی در بازه زمانی ۲۴ تا ۱۲۰ساعت حاصل شده است. تحقیقات *فارکاس و کیرالی (۲۰۱۱)* نشان داد که در گیاهان بیمار ترکیبات فنلی تجمع نمی‌یابند و فعالیت پلی‌فنل اکسیداز نیز مشاهده نمی‌گردد. در صورتی که ترکیبات فنلی در شیره آوندی گیاهان بیمار نسبت به قسمت‌های سالم بیش‌تر می‌باشد. این پژوهشگران تأکید کردند که تغیرات فنل از بافتی به بافت دیگر متفاوت است. این امکان وجود دارد که مقدار ترکیبات فنلی در بافت‌های دیگر گیاه بیش‌تر از برگ‌های آن باشد. پس تجمع ترکیبات فنلی تابعی از سن گیاه و بافت آن می‌باشد. ترکیبات فنلی در مراحل مختلف فیزیولوژیکی به وفور نمایان می‌گردد. اگر هیچ تغییری در متابولیسم این ترکیبات رخ ندهد گیاه به شدت بیمار می‌گردد. فنل‌ها از جمله ترکیبات شناخته‌شده ضدقارچی، ضدویروسی و ضدباکتریایی می‌باشند که در گیاهان وجود دارند. اولین مرحله از سازوکارهای دفاعی گیاهان مربوط به تجمع سریع این ترکیبات در محل آلودگی می‌باشد که سبب محدود شدن یا کندی رشد بیمارگر می‌گردند. بنابراین میزان فنل کل در گیاهچه‌های گندم بیان کننده وضعیت مقاومت گندم نسبت به بیماری‌های مختلف می‌باشد.



شکل ۱) روند تغییرات فنل در دو بازه زمانی ۲۴ و ۱۲۰ ساعت

Figure 1) The trend of phenol in the range of 24 and 120 hours

نتیجه‌گیری کلی کاربرد توأم قارچ‌های میکوریز و متیل جاسمونات تأثیر بالای در افزایش میزان فنل به عنوان مهم‌ترین ترکیب دفاعی میزبان داشته است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مرحله گیاهچه که زمان حساسیت گیاه به این بیماری می‌باشد، عوامل القاکننده فوق در خاک اطراف ریشه مورد استفاده قرار گیرد تا به عنوان القاکننده‌های طبیعی در کاهش آلودگی و افزایش عملکرد محصول موثر واقع شود. در برنامه مدیریت تلفیقی این بیماری می‌توان از ترکیب میکوریزهای مختلف نیز بهره برد هم‌چنین با اصلاح و بهبود روش‌های زراعی به ویژه کمک به افزایش میزان مواد آلی خاک و حفظ رطوبت خاک در حد مطلوب، می‌توان شرایط لازم جهت افزایش کارایی این قارچ‌ها در مزرعه را فراهم نمود.

References

1. Abdel-Fattah GM, El-Haddad SA, Hafez EE, Rashad YM (2011) Induction of defense responses in common bean plants by arbuscular mycorrhizal fungi. Microbiological Research 166(4): 268-281.
2. Alavi A, Ahounmanesh A (1997) Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens. Agricultural Research, Education and Extension Organization: Tehran. [In Persian]
3. Behn, O (2008) Influence of *Pseudomonas fluorescens* and arbuscular mycorrhizal on the growth, yield, quality and resistance of wheat infected with *Gaeumannomyces graminis*. Journal of Plant Diseases and Protection 115(1): 4-8.
4. Cook RJ (2003) Take-all of wheat. Physiological and Molecular Plant Pathology 62(2): 73-86.
5. Colbach N, Lucas P, Mynard JM (1997) Influence of crop management on take-all development and disease cycles on wheat. Phytopathology 87(1): 26-32.
6. Divya P, Puthusseri B, Neelwarne B (2013) The effect of plant regulators on the concentration of carotenoids and phenolic compound in foliage of coriander. Food Science and Technology 56(1):101–110.
7. Falahian F, Ardebili ZO, Fahimi F, Khavarinejad R (2007) Effect of mycorrhizal fungi on some defense enzymes against in wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences 10(14): 2418-2422.
8. Farkas GL, Kiraly Z (1962) Role of phenolic compounds in the physiology of plant disease and disease resistance. Journal of Phytopathology 44(2):105-150.
9. Ghahfarokhy MR, Goltapeh EM, Purjam E, Pakdaman BS, Modarres Sanavy SAM, Varma A (2011) Potential of mycorrhiza- like fungi and *Trichoderma* species in biocontrol of take-all disease of wheat under greenhouse condition. Journal of Agricultural Technology 7(1): 185-195.
10. Gogoi R, Singh DV, Sivastava KD (2001) Phenolic as a biochemical basis of resistance in wheat against karnal bunt. Plant Pathology 50(4): 470–476.
11. Morales VC, Navarro RC, Garrido JMG, Illana A, Ocampo JA, Steinkellner S, Virheiig S (2012) Bioprotection against *Gaeumannomyces graminis* in barley, a comparison between arbuscular mycorrhizal fungi. Plant, Soil and Environment 58(6): 256-261.
12. Motallebi P, Niknam V, Ebrahimzadeh H, Tahmasebi Enferadi S, Hashemi M (2015) The effect of methyl jasmonate on enzyme activities in wheat genotypes infected by the crown and root rot pathogen *Fusarium culmorum*. Acta Physiologiae Plantarum 37(11): 237.

13. Ogallo JL, McClure MA (1996) Systemic acquired resistance and susceptibility to root-knot nematode in tomato. Journal of Phytopathology 86(5): 498-501.
14. Patricia AO, Timothy CP (2005) Root defense responses to fungal pathogens: a molecular perspective. Plant and Soil 274(1): 2512-226.
15. Sedaghatfar H (2011) Exploring the possibility of biological control of take-all disease of wheat by bacteria antagonizing. Master Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch: Tehran, Iran. [In Persian with English abstract]
16. Singh HB (2007) Effect of substrates on growth and shelf life of *Trichoderma harzianum* and its use in biocontrol of diseases. Bioresource Technology 98(2): 470-473.
17. Sohrabi F, Fadaey Tehrani A, Rezaeydanesh Y (2012) Interaction between two arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) and root- knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in tomato. Iranian Journal of Plant Pathology 48(3): 393-401. [In Persian with English abstract]
18. Trolldenier G (1981) Influence of soil moisture. Soil acidity and nitrogen source on take-all of wheat. Journal of Phytopathology 102(2): 163-177.
19. Wang CY, Fung R, Ding C (2003) Reducing chilling injury and enhancing transcript levels of heat Shock proteins, pre-proteins and alternative oxidase by methyl jasmonate and methyl salicylate in tomatoes and peppers. Acta Horticulturae 682:481-486.
20. Wiese MV (1987) Compendium of Wheat Diseases (2nd Edition). American Phytopathological Society Press: Minnesota.
21. Yalpini N, Silverman P, Raskin I (1991) Salicylic acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis-related proteins in virus-inoculated tobacco. The Plant Cell 3(8): 809-818.
22. Ziedan EH, Elewa IS, Mostafa MH, Sahab AF (2011) Applications of mycorrhizae for controlling root rot diseases of sesame. Journal of Plant Protection Research 51(4): 354-361.

Induced resistance in take-all infected wheat using methyl jasmonate and *Glomus* spp.

Agroecology Journal

Volume 12, Issue 4, Pages: 39-47
winter, 2017

Ahmad Baneshi

Master of plant pathology
Department of Plant Pathology
Shiraz Branch
Islamic Azad University
Shiraz, Iran

Email ✉: ahmad10fan@gmail.com

Sedigheh Mohammadi*

Assistant professor of plant pathology
Department of Plant Pathology
Shiraz Branch
Islamic Azad University
Shiraz, Iran

Email ✉: mohammadi.pp@gmail.com
(corresponding author)

Received: 17 May 2016 **Accepted:** 11 January 2017

ABSTRACT Take-all is one of the most important wheat soil-borne diseases caused by *Gaeumannomyces graminis*. The research objective was determination of *Glomus* spp. and methyl jasmonate effect on resistance induction of wheat take-all infected seedlings. The experiment was carried out based on completely randomized design in factorial with 32 treatments and three replications in greenhouse condition. The factors were presence or absence of pathogen, mycorrhizal fungi species including *Glomus intraradices*, *G. mosseae* and *G. hoi* inoculation and methyl-jasmonate added in four concentrations of 0, 0.1, 0.5 and 1.5mM. Induced resistance factors were added to surrounding soil in seedling stage and total phenol were measured after 24 and 120 hours inoculation. Total phenol activity in healthy plants was more than infected and induced plant in most of the treatments. Total phenol in infected seedling after 120 hours was more than in 24 hours with all induced resistance factor. However, healthy seedlings had more total phenol after 24 and 120 hours. Application of *G. intraradices* along with 1.5 mM of methyl jasmonate had the greatest impact on induced resistance. Therefore, it is recommended to be used as fertilizer for resistance inducing to take all disease in wheat.

Keywords:
- biological control
- biological control
- induced resistance
- mycorrhizal fungi