



کنترل بیولوژیک بیماری لکه قهوه‌ای برنج (*Bipolaris oryzae*): مروری جامع بر راهکارهای میکروبی و چالش‌های آینده.

پریچهر قسمت پور^{۱*}، ولی‌الله بابایی‌زاد^۲، عباس علی تبار (شرکت کشت و صنعت زرین خوشه طبرستان)^۳

۱- کارشناس کنترل کیفی، مهندسی کشاورزی (گیاهپزشکی - بیماری‌شناسی گیاهی)، شرکت کشت و صنعت زرین خوشه‌ی

طبرستان، بابل، ایران، p.ghesmatpour1373@gmail.com

۲- استاد، دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده‌ی علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

ساری، ایران، babaeizad@yahoo.com

۳- مدیر عامل، مهندس عمران (ژئوتکنیک)، شرکت کشت و صنعت زرین خوشه‌ی طبرستان، بابل، ایران،

zarin.khosheh.tabarestan@gmail.com

خلاصه

بیماری لکه قهوه‌ای برنج (Brown Spot Disease) ناشی از قارچ *Bipolaris oryzae* (معادل جنسی *Cochliobolus miyabeanus*) یکی از مخرب‌ترین عوامل خسارت‌زا در مزارع برنج در سطح جهان و ایران است. با توجه به محدودیت‌های زیست‌محیطی و افزایش مقاومت پاتوژن‌ها نسبت به سموم شیمیایی، توجه به راهبردهای کنترل بیولوژیک ضروری شده است. این مرور انتقادی به بررسی پیشرفت‌های اخیر در استفاده از عوامل بیولوژیک شامل میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست (مانند *Trichoderma* و باسیل‌ها) و همچنین نقش القای مقاومت گیاهی در مدیریت این بیماری می‌پردازد. شواهد نشان می‌دهد که عوامل بیولوژیک محلی پتانسیل مهار قابل توجهی دارند. با این حال، موفقیت بلندمدت نیازمند توسعه‌ی فرمولاسیون‌های تجاری پایدار و ادغام این روش‌ها در سیستم‌های مدیریت تلفیقی مواد مغذی (INM) است. تمرکز تحقیقات آتی باید بر روی مطالعات مزرعه‌ای گسترده و درک مکانیسم‌های مولکولی تعاملات میزبان-پاتوژن-کنترل‌کننده باشد تا راهکارهای بیولوژیک اثربخش و قابل اتکایی ارائه گردد.

کلمات کلیدی: القای مقاومت، *Bipolaris oryzae*، کنترل بیولوژیک، لکه قهوه‌ای برنج، مدیریت تلفیقی.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین غلات جهان، نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی نیمی از جمعیت سیاره ایفا می‌کند. این دانه نه تنها منبع غنی انرژی است، بلکه حاوی مقادیر قابل توجهی از ویتامین‌های گروه B نظیر نیاسین، ریبوفلاوین و تیامین بوده و اسیدهای آمینه ضروری مانند گلوتامیک و آسپارتیک اسید را فراهم می‌آورد [۳]. خانواده Gramineae شامل گونه‌های متعددی از جنس *Oryza* است، اما کشت جهانی عمدتاً بر دو گونه اصلی، یعنی *Oryza*



sativa (برنج آسیایی) و *Oryzae glaberrima* (برنج آفریقایی) متمرکز است که گونه‌ی آسیایی به دلیل کیفیت بالاتر، گونه‌ی غالب محسوب می‌شود [۳].

با وجود اهمیت اقتصادی، تولید برنج همواره با چالش‌های متعددی، به‌ویژه بیماری‌های گیاهی، مواجه است که می‌توانند بهره‌وری محصول را به شدت کاهش داده و حتی منجر به نابودی کامل مزارع شوند. این بیماری‌ها معمولاً به سه دسته اصلی قارچی، باکتریایی و ویروسی تقسیم می‌شوند. از میان بیماری‌های قارچی، لکه قهوه‌ای برنج (Rice Brown Spot Disease) به عنوان یکی از قدیمی‌ترین و شایع‌ترین تهدیدات در شالیزارهای سراسر جهان شناخته می‌شود. عامل اصلی این بیماری قارچ *Cochliobolus miyabeanus* است که مرحله‌ی غیرجنسی (آنامورف) آن با نام *Bipolaris oryzae* شناخته می‌شود [۱۱]. این بیماری بذرزداد، گیاه برنج را در تمامی مراحل رشد، از خزانه تا مزرعه، مورد حمله قرار داده و خسارات قابل توجهی وارد می‌کند [۲۳]. گونه‌های مختلف قارچی از جنس‌های *Bipolaris* و *Exserohilum* به عنوان عوامل ایجادکننده گزارش شده‌اند که با ایجاد ضایعات نکروزه بر روی برگ‌ها و آلوده کردن دانه‌ها، جوانه‌زنی بذر را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند [۷]. اولین گزارش از این بیماری در ایران توسط پتراک و همکاران در سال ۱۳۳۵ و سپس توسط شریف و ارشاد در سال ۱۳۴۵ از سواحل دریای خزر ارائه شد [۱۸].

استفاده‌ی بی‌رویه از سموم شیمیایی در طول دهه‌های گذشته، علاوه بر آسیب‌های جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی، منجر به پدید آمدن سویه‌های مقاوم بیماری‌زا در برابر این ترکیبات گردیده است. این امر، رویکرد جهانی را به سمت توسعه و اجرای راهبردهای کنترل بیولوژیک برای کاهش مصرف سموم سوق داده است [۲۰]. گیاهان میزبان در طول تکامل، سازوکارهای دفاعی پیچیده‌ای را برای مقابله با پاتوژن‌ها کسب کرده‌اند که توسط گیرنده‌های سلولی فعال شده و منجر به فعال‌سازی مسیرهای سیگنال‌دهی دفاعی داخلی، از جمله مسیرهای وابسته به سالیسیلیک اسید (SA) و مسیرهای غیروابسته شامل جاسمونیک اسید (JA) و اتیلن، می‌شوند [۸]. این واکنش‌های دفاعی شامل تحریک بیان ژن‌های کدکننده پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی (PR proteins) است که پس از تشخیص پاتوژن فعال می‌شوند [۱۵].

در راستای توسعه کنترل بیولوژیک، مطالعات متعددی اثربخشی میکروارگانیسم‌ها را نشان داده‌اند. به عنوان مثال، رابطه همزیستی قارچ *Piriformospora indica* در تحریک رشد و افزایش احتمالی عملکرد برنج مورد تأیید قرار گرفته است [۱۳]. همچنین، تلقیح همزمان باکتری‌های محرک رشد (*Bacillus* و *Rhizobium*) به همراه قارچ *Trichoderma*، افزایش معنی‌داری در شاخص‌های رشد گیاه و جذب عناصر غذایی را به دنبال داشته است [۱۷]. تحقیقات خلیلی و همکاران (۲۰۱۲) نیز به طور خاص بر کنترل بیولوژیکی لکه قهوه‌ای برنج در ایران متمرکز شد که در آن جدایه‌های بومی *Trichoderma* توانایی مهار رشد *B. oryzae* را از طریق تولید متابولیت‌های فرار و غیرفرار نشان دادند [۹]. علاوه بر این، نقش ترکیبات القاکنده مقاومت مانند کیتوزان در افزایش تولید آنزیم‌های دفاعی و کاهش زخم‌های ناشی از بیماری‌ها نیز به اثبات رسیده است [۱، ۱۰]. با توجه به اهمیت روزافزون کنترل بیولوژیک در کشاورزی پایدار، این مقاله مروری با هدف ارائه‌ی یک دیدگاه جامع و نقدانه نسبت به راهبردهای زیستی موجود برای مدیریت بیماری لکه قهوه‌ای برنج (*Bipolaris oryzae*) تدوین شده است تا مسیرهای تحقیقاتی آینده در این حوزه مشخص گردد.

تلاش‌های پژوهشی اخیر در ایران بر جداسازی و ارزیابی سویه‌های بومی با پتانسیل آنتاگونیستی بالا متمرکز بوده‌اند. به عنوان مثال، مطالعاتی که بر روی کنترل بیولوژیکی *Bipolaris victoriae* (عامل دیگر لکه قهوه‌ای) در استان گیلان انجام شد، نشان داد که جدایه‌های غیربیماری‌زای گونه‌های *Alternaria*، از جمله *A. pellucida*، پتانسیل بسیار بالایی در مهار رشد میسلیومی پاتوژن در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای از خود نشان دادند؛ به‌طوری‌که *A. pellucida* با کاهش ۸۷ درصدی شدت بیماری مؤثرترین آنتاگونیست در شرایط گلخانه‌ای شناخته شد [۱۹]. این یافته بر وجود منابع غنی و ناشناخته



از عوامل کنترل بیولوژیک در اکوسیستم‌های کشاورزی ایران تأکید دارد.

در جبهه میکروبی، پژوهش‌ها بر درک مکانیسم‌های مولکولی و تولید ترکیبات ثانویه متمرکز شده‌اند. بررسی پتانسیل آنتاگونیستی سویه‌های *Bacillus* علیه *B. oryzae*، شناسایی ژن‌های بیوسنتزی آنتی‌بیوتیکی متعددی مانند باسیلومایسین و ایتورین را در سویه‌ی مؤثر *Bacillus amyloliquefaciens* (سویه BS5) به همراه داشت [۱۶]. اثربخشی این سویه در شرایط مزرعه‌ای نیز تأیید شد و با تحلیل پروتئومیکس، ارتباط مستقیم بین بیان این پروتئین‌ها و پاسخ‌های دفاعی گیاه مشخص گردید. این رویکرد مولکولی، گامی مهم در جهت توسعه‌ی محصولات بیوکنترل استاندارد محسوب می‌شود.

همچنین، تأثیرات غیرمستقیم عوامل بیولوژیک از طریق تقویت سیستم ایمنی گیاه مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال، تیمار برنج با قارچ *Piriformospora indica* منجر به افزایش چشمگیر فعالیت آنزیم‌های دفاعی مانند پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در پاسخ به بیماری پوسیدگی طوقه گردید [۲]، که نشان‌دهنده‌ی القای مقاومت سیستمی توسط عامل همزیست است. این یافته با نتایج تحقیقاتی که اثر هورمون‌های گیاهی مانند اسید سالیسیلیک در افزایش مقاومت در برابر *B. oryzae* را تأیید کردند، همسو است [۴، ۵].

مدیریت مؤثر بیماری لکه قهوه‌ای دیگر متکی بر یک راهکار واحد نیست، بلکه بر مدیریت تلفیقی (Integrated Management) استوار است. در حالی که قارچ‌کش‌های شیمیایی ممکن است سرعت مهار بالاتری را در کوتاه‌مدت ارائه دهند، مطالعات اخیر قویاً استفاده از عصاره‌های گیاهی و عوامل زیستی را به دلیل مزایای زیست‌محیطی و سلامت انسان توصیه می‌کنند [۱۴]. تحقیقات نشان داده‌اند که عصاره‌هایی نظیر زنجبیل و سیر دارای فعالیت ضد قارچی قابل توجهی علیه *H. oryzae* هستند [۶]. علاوه بر این، استفاده از گونه‌های *Trichoderma* نه تنها بیماری را سرکوب می‌کند، بلکه منجر به بهبود خصوصیات زراعی مانند تعداد پنجه زایشی و عملکرد دانه نیز می‌شود [۲۱]. در نهایت، دستیابی به بهترین نتیجه مستلزم یک رویکرد جامع است که شامل استفاده از ارقام مقاوم (مانند ارقام شناسایی شده در ژاپن، ماتسوموتو و همکاران، ۲۰۲۱) در کنار کاربرد استراتژیک عوامل بیولوژیک و اصلاحات تغذیه‌ای (سورندهار و همکاران، ۲۰۲۱) باشد [۱۲، ۲۲].

۲. مواد و روش‌ها

متون مورد بررسی در این مطالعه با استفاده از پلتفرم‌های علمی مختلف مانند Science Direct، Web of Science و Google Scholar جمع‌آوری شده است. اصطلاحات کلیدی مورد استفاده شامل «بیماری لکه قهوه‌ای برنج»، «کنترل بیولوژیک بیماری لکه قهوه‌ای برنج»، «مدیریت تلفیقی برنج»، «عملکرد برنج»، «نقش استراتژی‌های چندگانه و ترکیبی در برنج»، «کودهای زیستی» و «تولید پایدار کشاورزی» و ... بود. مطالعات انتخاب شده شامل تحقیقات تجربی داوری شده هستند که کیفیت و مرتبط بودن داده‌های مورد بررسی در این مطالعه را تضمین می‌کنند.

۳. بحث و نتیجه‌گیری

مقاله مروری حاضر به بررسی جامع پیشرفت‌ها و چالش‌های به‌کارگیری روش‌های کنترل بیولوژیک در مدیریت بیماری لکه قهوه‌ای برنج، که عامل اصلی آن قارچ *Bipolaris oryzae* است، پرداخته است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که در دهه‌های اخیر، تمرکز تحقیقات از راهبردهای شیمیایی به سمت روش‌های پایدار و سازگار با محیط زیست تغییر یافته است، اما این گذار هنوز با موانعی روبرو است. عوامل بیولوژیک کلیدی شناسایی شده شامل سویه‌های متعددی از باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و قارچ‌های میکوپارازیتیک (مانند گونه‌های *Trichoderma*) است. به‌طور خاص، مکانیسم‌های عمل این عوامل مانند تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، القای مقاومت سیستمی اکتسابی (SAR) در گیاه برنج، و رقابت بر سر فضا و مواد مغذی به‌خوبی



مستند شده‌اند. با این حال، نوسانات عملکرد این عوامل در شرایط مزرعه‌ای متغیر (به‌ویژه در مزارع غرقابی ایران که شرایط محیطی ناپایدار است) همچنان یک چالش عمده است. این نوسانات در تضاد با کارایی قابل پیش‌بینی سموم شیمیایی قرار دارد.

با نگاه به کانون‌های تحقیقاتی داخلی، به نظر می‌رسد که تحقیقات هنوز عمدتاً بر غربالگری و جداسازی عوامل محلی تمرکز دارند. اگرچه شناسایی سویه‌های بومی دارای مزیت انطباق‌پذیری بالا است، اما کمبود مطالعات عمیق در زمینه فرمولاسیون‌سازی تجاری و تأیید کارایی در مقیاس بزرگ، انتقال این یافته‌ها از آزمایشگاه به مزرعه را کند کرده است. مقایسه مطالعات ما نشان می‌دهد که نیاز مبرمی به پژوهش‌هایی در زمینه انتخاب سویه‌های مقاوم به تنش‌های محیطی (مانند شوری یا دمای بالا) وجود دارد که می‌توانند تحت شرایط اقلیمی ایران عملکرد بهتری داشته باشند. همانطور که در زمینه کودها نیز مشاهده شد، آینده کنترل بیولوژیک در گرو ادغام آن با سایر روش‌های پایدار است. مطالعات نشان می‌دهند که بهینه‌سازی مدیریت مواد مغذی (مانند بهبود جذب فسفر توسط AMF یا استفاده از سیانوباکتری‌ها) می‌تواند مقاومت ذاتی گیاه برنج به *B. oryzae* را تقویت کند. تمرکز صرف بر عامل بیولوژیک در غیاب مدیریت صحیح تغذیه گیاه، پتانسیل این روش‌ها را محدود می‌سازد.

بیماری لکه قهوه‌ای برنج همچنان یک تهدید اقتصادی جدی برای تولیدکنندگان برنج در جهان، از جمله ایران، محسوب می‌شود. این مرور نشان می‌دهد که کنترل بیولوژیک به عنوان یک جزء ضروری در استراتژی‌های مدیریت پایدار ظهور کرده است. ما به این نتیجه رسیدیم که عوامل بیولوژیک و به ویژه سویه‌های میکروبی بومی، پتانسیل قابل توجهی برای کاهش وابستگی به قارچ‌کش‌های شیمیایی دارند. برای موفقیت در کاربرد عملی، تحقیقات آینده باید از مرحله شناسایی به سمت فرمولاسیون‌های پایدار، مطالعه اثرات سینرژیک با سایر عوامل کنترل، و ارزیابی طولانی‌مدت اثرات اکولوژیکی در مزارع برنج تغییر مسیر دهد. دستیابی به کنترل مؤثر و پایدار تنها با ادغام کامل استراتژی‌های بیولوژیک با اصول مدیریت تلفیقی مواد مغذی و بهداشت گیاهی امکان‌پذیر خواهد بود.

در نهایت، موفقیت در مدیریت *Bipolaris oryzae* در گرو یک رویکرد چندوجهی و مبتنی بر علم دقیق است که ظرفیت‌های بیولوژیک محلی را در چارچوب‌های عملیاتی قوی بگنجاند.

۴. مراجع

1. Amborabe, B. E., Bonmort, J., Fleurat-Lessard, P., and Roblin, G. (2008). Early events induced by chitosan treatment in suspension-cultured rice cells (*Oryza sativa* L.): Involvement of plasma membrane, respiration and oxidative burst. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(11), 937–947.
2. Bagheri, M., Ghorbanian, M., and Ghorbanian, M. (2015). Enhanced defense response of rice plants pre-inoculated with *Piriformospora indica* against sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Journal of Plant Interactions*, 10(3), 268–276.
3. Gulati A. and Narayanan S. (2002). Rice trade liberalization and poverty missed discussion. *Molecular-Plant Microb Interactions*, 12(5):59-65.
4. Imran M., Atiq M., Talib Sahi Sh., Nadeem Asghar M. and Mustafa Sh. (2022). Ecofriendly applications of plant hormones to enhance rice resistance against brown spot of



rice disease. Department of Plant Pathology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan and Pest Warning & Quality Control of Pesticides, Punjab, Lahore, Pakistan. 23: 15-16.

5. Imran M., Khanal S., Zhou Sh., Antony-Babu S. and Atiq M. (2022) First Report of Brown Leaf Spot of Rice Caused by *Curvularia hawaiiensis* in the United States. APS Publications: 2-5.

6. Ismail M., Jiskani F., Asghar Tariq J., Muhammad Memon R., Akbar W. and Asif M.U. (2021). In vitro potential of some aqueous plant extracts for the management of brown spot of Rice. Mycopath: 19(1).

7. Kabore K.H., Diagne D., Milazzo J., Adreit H., Lebrun M.H. and Tharreau D. (2022). First Report of Rice Brown Spot Caused by *Exserohilum rostratum* in Mali. APS Publications: 23(4).

8. Kunkel B.N. and Brooks D.M. (2002). Cross talk between signaling pathways in pathogen defense. Plant Biology, 5:325-331.

9. Khalili E., Sadravi M., Naeimi S. and khosravi V. (2012). Biological control of rice brown spot with native isolates of three *Trichoderma* species. Brazilian Journal of Microbiology, 43(1):297-305.

10. Liu, J., Tian, S., Meng, X., and Xu, Y. (2012). Effects of chitosan on the resistance of rice seedlings to sheath blight (*Rhizoctonia solani*). Plant Physiology and Biochemistry, 61, 84-91.

11. Lumbush H.T. and Hundorf S.M. (2007). Outline of Ascomycota. Myconet, 13:1-58.

12. Matsumoto K., Ota Y., Yamakawa T., Ohno T., Seta S., Honda Y., Mizobuchi R. and Sato H. (2021). Breeding and characterization of the world's first practical rice variety with resistance to brown spot (*Bipolaris oryzae*) bred using marker-assisted selection. Breeding Science: 231-235.

13. Malla, R., Rai, M., Varma, A., and Sharma, R. (2004). Interaction between *Piriformospora indica* and rice roots: Growth promotion and yield enhancement. Plant Physiology and Biochemistry, 42(5), 403-409.

14. Parajuli M., Khadka G.B. and Chaurasia J. (2022). A review on comparative effect of chemicals and botanicals in management of brown spot diseases of rice (*Oryza sativa* L.). Archives of Agriculture and Environmental Science 7(1): 127-131.

15. Persson M. (2008). Cell death and defense Gene responses in plant-fungal interactions. Doctoral Thesis, swedish University of Agricultural sciences, 23:13-18.



16. Prabhukarthikey S.R., Manoj A., Yadava K., Anandanb A., Aravindana S., Keerthanaa U., RaghuaMathew S., Baitea S., Parameswaranb C., Panneerselvamc P. and Ratha P.C. (2019). Bio-protection of brown spot disease of rice and insight into the molecular basis of interaction between *Oryza sativa*, *Bipolaris oryzae* and *Bacillus amyloliquefaciens*. Elsevier, 137: 104-108.
17. Rudresh D.L., shivaprakash M.K. and Prasad R.d. (2005). Tricalcium phosphate solubilizing abilities of *Trichoderma* spp. In relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arie tinum* L.). Canadian journal of microbiology, 51:217-222.
18. Safari motlagh M.R. and kaviani B. (2008). Study of genetic variation in population of *Bipolaris victoriae*, the causal agent of rice brown spot disease, in Guilan province of Iran. African journal of Biotechnology, 7(22):4027-4030.
19. Safri Motlagh, M. (2017). Biological control of *Bipolaris victoriae*, the causal agent of rice brown spot disease, using *Alternaria* species in Gilan province. [Master's thesis, Islamic Azad University, Sari Branch, [In Persian]].
20. Saremi, A., and Noori, M. (2006). Investigation on biological control methods of rice blast disease. Rice Research Journal, 4(1), 45–58. [In Persian]
21. Seran Mau Y., Suhendra Prayetno R., Kaka H., Delfiyanti Naat K., Dengga Henuk J.B., Veronica Hahuly M., Widinugraheni S. and Yuliaty Gandut Y.R. (2022). Efficacy of indigenous *Trichoderma* isolates of West Timor, Indonesia, as biocontrol agents of brown spot (*Drechslera oryzae*) on two upland rice varieties. Springer: 12(9).
22. Surendhar M., Anbuselvam Y. and Johnny Subakar Ivin J. (2021). Status of Rice Brown Spot (*Helminthosporium oryza*) Management in India. Agricultural Reviews: 12(6).
23. Tauger M. (2003). Entitlement, shortage and the 1943 bengal famine an other look. Journal of peasant studies, 31:45-72.