



Research Article

Reaction of four Iranian rice cultivars to bacterial leaf blight disease

Jafar Hematzadeh, Rasool Rezaei✉, Habiballah Charehgani, Fariba Ghaderi

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

Abstract

Rice is an important food crop in the world. Bacterial leaf blight, caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, is one of the important diseases of rice that is prevalent in different cultivars in the world. Identifying and planting resistant or semi-resistant cultivars is the most effective method of disease management. This study aimed to investigate the reaction of four Iranian rice cultivars; Shiroodi, Setayesh, Fajr, and Hashemi, to the disease under field conditions. Rice plants with the disease symptoms were sampled from different regions of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province in southwestern Iran, during 2012-2013. The pathogen was isolated from infected leaves after their surface disinfection, on Yeast extract-dextrose-CaCO₃(YDC) medium. The isolated bacterium was rod-shaped, gram-negative, obligate aerobic, oxidase negative, catalase positive, levan and lecithinase positive. It induced a hypersensitivity reaction in tobacco leaves and could not hydrolyze starch, but it hydrolyzed gelatin, ascoline, and Tween 80. Based on a comprehensive analysis of morphological, biochemical, pathogenicity, and genotypic traits, the pathogen was identified as *X. oryzae* pv. *oryzae*. The reaction of these four Iranian rice cultivars to the disease was evaluated by inoculating them with the pathogen, monitoring the progression of disease symptoms, and measuring the growth of the bacterial population in each cultivar. There was a significant difference among the cultivars in terms of the length of leaf necrosis and the bacterial population within the tissue, with the Hashemi cultivar exhibiting the highest sensitivity and the Shiroodi cultivar showing the lowest sensitivity to the disease. The occurrence of bacterial leaf blight disease in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province, as well as the reaction of these cultivars to the disease, are being reported for the first time.

Keywords: Fajr, Setayesh, Shiroodi, Hashemi, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

✉ Corresponding author: rrezaei@yu.ac.ir; Received: 2024.04.24; Revised: 2024.10.01; Accepted: 2024.10.22

مقاله پژوهشی

واکنش چهار رقم برنج ایرانی به بیماری سوختگی باکتریایی برگ

جعفر همت‌زاده، رسول رضائی[✉]، حبیب‌الله چاره‌گانی، فریبا قادری
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

چکیده

برنج یک محصول غذایی مهم در جهان است. بیماری سوختگی باکتریایی برگ، ناشی از *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* یکی از بیماری‌های مهم برنج است که روی رقم‌های مختلف در جهان شایع است. شناسایی و کاشت رقم‌های مقاوم یا نیمه‌مقاوم موثرترین روش مدیریت بیماری است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی واکنش چهار رقم برنج ایرانی شیرودی، ستایش، فجر و هاشمی به بیماری در شرایط مزرعه بود. طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲، نمونه‌برداری از بوته‌های برنج دارای علائم بیماری از مناطق مختلف استان کهگیلویه و بویراحمد، در جنوب غربی ایران انجام شد. بیمارگر، از برگ‌های آلوده پس از ضدعفونی سطحی آنها، روی محیط عصاره مخمر-دکستروز-کربنات کلسیم جداسازی شد. باکتری جداشده، میله‌ای شکل، گرم منفی، هوازی اجباری، اکسیداز منفی، کاتالاز مثبت، لوآن و لسیتیناز مثبت بود. آن باعث القای واکنش فوق حساسیت در برگ‌های توتون شد و توانایی هیدرولیز نشاسته را نداشت، ولی ژلاتین، آسکولین و توئین ۸۰ را هیدرولیز کرد. براساس مجموع خصوصیات مرفولوژیکی، بیوشیمیایی، بیماری‌زایی و ژنوتیپی، بیمارگر *X. oryzae* pv. *oryzae* شناسایی شد. واکنش این چهار رقم ایرانی برنج به بیماری، با مایه‌زنی بیمارگر و تعیین میزان پیشرفت علائم بیماری و رشد جمعیت باکتری درون بافت رقم‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. بین رقم‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های طول ناحیه نکروز برگ و جمعیت باکتری در بافت وجود داشت و رقم هاشمی بیشترین حساسیت و رقم شیرودی کمترین حساسیت به بیماری نشان دادند. وقوع بیماری سوختگی باکتریایی برگ برنج در استان کهگیلویه و بویراحمد و واکنش این رقم‌ها به بیماری برای نخستین بار گزارش می‌شوند.

واژگان کلیدی: فجر، ستایش، شیرودی، هاشمی، *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Introduction

مقدمه

برنج از قدیمی‌ترین گیاهانی است که در دنیا کشت می‌شود و پس از گندم بیشترین سطح زیر کشت اراضی کشاورزی را در جهان به خود اختصاص داده و نقش بارز و چشمگیری در تغذیه، درآمد و اشتغال مردم جهان و نیز کشور ایران دارد. یکی از بیماری‌های مهم برنج که در سال‌های اخیر از استان گیلان گزارش شده، بیماری سوختگی باکتریایی برگ ناشی از *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Ishiyama 1922 (Xoo) است (Yasmin et al. 2017). این بیماری اولین بار در جنوب ژاپن مشاهده گردید و به دلیل گسترش زیاد رقم‌ها برنج با عملکرد محصول بالا و حساسیت زیاد به نیتروژن، در سه دهه‌ی گذشته به یک بیماری مهم در اکثر

کشورهای برنج‌خیز جهان و به خصوص در کشورهای گرمسیر آسیا تبدیل شده است (Naqvi 2019). این بیماری بعد از بیماری قارچی بلاست، دومین بیماری مهم برنج در جهان می‌باشد که در آلودگی‌های شدید باعث خسارت به ۶۰ تا ۸۰ درصد محصول می‌شود (Liu et al. 2014). اولین گزارش از وقوع سوختگی باکتریایی برنج در ایران در سال ۱۳۸۵ از مزارع استان گیلان می‌باشد (Koshkdaman et al. 2014). باکتری *Xoo* طیف وسیعی از فاکتورهای بیماری‌زایی شامل EPS، آنزیم‌های برون‌سلولی، سیدروفور و محرک‌های وابسته به سیستم ترشحی نوع سه را تولید می‌کند که به‌طور کلی برای بیماری‌زایی ضروری هستند (Cao et al. 2020; Mishra et al. 2013). سوختگی باکتریایی برگ برنج یک بیماری آوندی نیز می‌باشد. باکتری از طریق روزنه‌های آبی موجود در پهنک برگ وارد گیاه می‌شود، در فضای بین‌سلولی زیر اپیدرم تکثیر یافته و سپس وارد آوند چوبی شده و در گیاه گسترش می‌یابد (Kottapalli et al. 2010; Pradhan et al. 2015). در طول چند روز سلول‌های باکتری و پلی‌ساکاریدهای خارج‌سلولی، آوندهای چوبی را اشغال می‌کنند. همچنین، باکتری از طریق زخم‌های ایجاد شده در ریشه‌ها، به آوند چوبی دسترسی پیدا می‌کند (Safitri et al. 2016). علائم بیماری ابتدا به صورت نقاط آب‌سوخته در نوک برگ دیده می‌شود و سپس نواحی رگبرگی شروع به زرد شدن می‌کنند (Mansfield et al. 2012). این بیماری در مراحل مختلف رشد برنج رخ می‌دهد و با علائم سوختگی برگ و پژمردگی حاد گیاهان جوان ظاهر می‌شود. لکه‌ها با حاشیه‌های موج از نوک برگ شروع می‌شوند، زیرا روزنه‌های آبی در حاشیه قسمت‌های بالایی برگ قرار دارند. این لکه‌های آب‌سوخته از نظر اندازه بزرگ شده، زرد می‌شوند و در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌شوند (Jyufuku et al. 2009). در شرایط مزرعه، علائم بیماری معمولاً در مرحله پنجه‌زنی ظاهر می‌شوند. این علائم به صورت لکه‌های خاکستری مایل به برنزه تا سفید در امتداد رگبرگ‌ها پیشرفت می‌کنند و باعث خشک شدن سریع برگ‌های آلوده می‌شوند (Liu et al. 2007). اقدامات کنترلی برای بیماری سوختگی برگ برنج شامل انتخاب روش مناسب کشت، کنترل شیمیایی و بیولوژیکی، پیش‌آگاهی بیماری و استفاده از رقم‌ها مقاوم است (Adhikari et al. 1999; Jeung et al. 2006). از آنجایی که تنها روش قابل اعتماد برای کنترل این بیماری، معرفی و کشت رقم‌ها مقاوم است، در این تحقیق واکنش برخی از رقم‌ها برنج به بیماری سوختگی باکتریایی ارزیابی شده است.

Materials and Methods

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و جداسازی باکتری عامل بیماری

طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ از گیاهان برنج دارای علائم سوختگی برگ از مزارع مختلف در استان گهگیلویه و بویراحمد نمونه‌برداری انجام شد. در مجموع تعداد ۱۰ نمونه شامل شش نمونه از منطقه تنگ تامرادی (رقم‌ها شمیم و فجر)، دو نمونه از چرام (رقم‌ها هاشمی و شمیم) و دو نمونه از حومه یاسوج (رقم چمپا) جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. جهت جداسازی باکتری، ابتدا برگ‌های آلوده در زیر هود با سدیم هیپوکلریت ۰/۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی سطحی شدند و سپس با آب مقطر سترون کاملاً شسته و در هاون چینی

سترون عصاره‌گیری شدند. از عصاره برگ‌ها به روش ۱۶ خطی روی تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت YDC کشت و به انکوباتور در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از گذشت ۴۸ ساعت پرگنه‌های زردرنگ، لعابی و محدب مشکوک به Xoo خالص‌سازی شدند (Schaad et al. 2001).

آزمون بیماری‌زایی

به منظور بررسی آزمون بیماری‌زایی، جدایه‌ها به برگ رقم هاشمی در اتاقک رشد (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۸۵ درصد) مایه‌زنی شدند. از کشت ۴۸ ساعته باکتری روی محیط کشت آگار مغذی (NA) سوسپانسیونی به غلظت 10^7 واحد تشکیل دهنده کلنی در میلی‌لیتر (چگالی نوری ۰/۵ در طول موج ۶۰۰ نانومتر) تهیه و هر جدایه به سه گیاه مایه‌زنی گردید. بعد از ۱۵ روز علائم بیماری مورد بررسی قرار گرفت.

شناسایی باکتری عامل بیماری

برای شناسایی عامل بیماری آزمون‌های فنوتیپی شامل تست گرم، رشد بی‌هوازی، اکسیداز، کاتالاز، رنگ پرگنه روی محیط کشت YDC، تولید رنگدانه فلورسنت روی محیط کشت King's B (KB)، هیدرولیز آسکولین، هیدرولیز نشاسته، هیدرولیز Tween80، ذوب ژلاتین، تحمل نمک طعام ۳ و ۵ درصد، لوان، لیستیناز و استفاده از قند ملی‌بیوز انجام شد. برای بررسی واکنش فوق حساسیت (HR)، جدایه‌ها به برگ‌های شمعدانی مایه‌زنی شدند (Schaad et al. 2001). به منظور ردیابی ملکولی جدایه‌ها از جفت آغازگر XOF و XOR با ترادفهای XOR: 5'- TGGCCTTGTCGTACGAGCTC-3'، XOF: 5'- ATGCCGATCACCATGCCGAT-3' استفاده گردید واکنش PCR با استفاده از دستگاه ترموسایکلر BIO-RAD صورت پذیرفت (Lee et al. 2004).

تهیه رقم‌ها برنج و مایه‌زنی عامل بیماری

برای انجام این تحقیق، مزرعه‌ای در منطقه سپیدار (عرض جغرافیایی $30^{\circ}35'$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ}21'$ شرقی) در ۳۰ کیلومتری شهر یاسوج انتخاب گردید. رقم‌های هاشمی، فجر، ستایش و شیرودی از موسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شد. بذرها به مدت سه دقیقه با محلول سدیم هیپوکلریت ۰/۵ درصد ضدعفونی و با آب دوبار تقطیر شستشو شدند. سپس بذرها در آب خیسانده شده و در سینی نشا کشت و به اتاق رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۸۵ درصد منتقل شدند. پس از گذشت ۲۵ روز بوته‌های رقم‌ها مختلف برنج به مزرعه منتقل شدند. از کشت ۴۸ ساعته باکتری روی محیط کشت آگار مغذی (NA) سوسپانسیونی به غلظت 10^7 واحد تشکیل دهنده کلنی در میلی‌لیتر (چگالی نوری ۰/۵ در طول موج ۶۰۰ نانومتر) در آب مقطر سترون تهیه گردید. برگ‌های رقم‌ها مختلف برنج، با ۴۰ میلی لیتر از سوسپانسیون باکتری محلول پاشی شدند (Zhang et al. 2013). برای هر رقم ۴۰ گیاه برای مایه‌زنی در نظر گرفته شد. در تیمار شاهد از آب مقطر سترون استفاده گردید.

ارزیابی واکنش رقم‌ها

به منظور ارزیابی مقاومت رقم‌ها از دو شاخص جمعیت باکتری در برگ رقم‌ها مختلف و طول ناحیه نکروز برگ پس از مایه‌زنی باکتری استفاده گردید (Zhang et al. 2013). برای تعیین جمعیت باکتری، از بافت برگ گیاهان مورد آزمایش عصاره‌گیری انجام گرفت. نمونه‌برداری از برگ رقم‌ها مختلف برنج در زمان‌های یک، پنج، ده، پانزده و بیست روز پس از مایه‌زنی انجام گرفت. برای هر زمان چهار گیاه و سه برگ از هر گیاه گرفته شد. از عصاره حاصل سری رقت تهیه و از رقت‌های مناسب کشت انجام گرفت. پس از گذشت ۴۸ ساعت پرگنه‌های رشد کرده در هر تشتک پتری شمارش شدند. از فرمول زیر جهت شمارش پرگنه باکتری استفاده گردید (Zinniel et al. 2003):

$$N = \Sigma c \times d / V$$

N: تعداد پرگنه باکتری در هر گرم بافت برگ، Σc : تعداد پرگنه باکتری در هر تشتک پتری، d: رقت شمارش شده، V: حجم سوسپانسیون استفاده شده در محیط کشت جهت بررسی بیماری‌زایی باکتری در برگ رقم‌ها مختلف برنج، ۳۵ روز پس از مایه‌زنی، طول ناحیه نکروز برگ محاسبه گردید (Zhang et al. 2013).

محاسبه‌های آماری

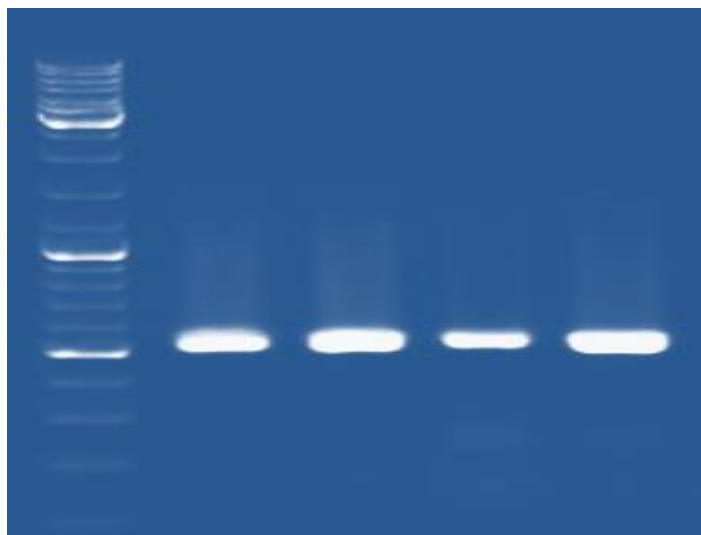
داده‌ها با استفاده از رویه ANOVA و با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۴ مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. بررسی دینامیک جمعیت باکتری Xoo در رقم‌ها مختلف و همچنین بررسی شدت بیماری‌زایی باکتری در رقم‌ها مختلف به صورت تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

Results and Discussion

یافته‌ها و بحث

خصوصیات باکتری عامل بیماری

در مجموع ۷ جدایه از گیاهان دارای علائم جداسازی گردید. تمام جدایه‌های مورد بررسی گرم منفی، هوازی اجباری، اکسیداز منفی و کاتالاز مثبت بودند. همه جدایه‌ها در محیط حاوی ۳ و ۵ درصد نمک رشد کردند. هیدرولیز آسکولین، لستیناز، هیدرولیز توئین ۸۰، تولید لوآن و هیدرولیز ژلاتین در تمام جدایه‌ها مثبت بود. جدایه‌ها توانایی استفاده از قند ملی بیوز و هیدرولیز نشاسته را نداشتند. روی محیط کشت YDC جدایه‌ها پرگنه‌های زرد رنگ تولید کردند و در محیط کشت KB رنگدانه فلورسنت تشکیل نگردید. تمام جدایه‌ها روی برگ شمعدانی واکنش فوق حساسیت را القا کردند. در واکنش PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی XOF و XOR قطعه‌ی قابل انتظار ۵۳۴ جفت بازی تکثیر گردید (شکل ۱).



شکل ۱. نقوش الکتروفورزی محصول PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی XOF و XOR در جدایه‌های مختلف *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Figure 1. The electrophoretic patterns of the PCR products using the specific primers XOF and XOR in different isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*.

بر اساس خصوصیات فنوتیپی، ژنوتیپی، واکنش فوق حساسیت روی شمعدانی و بیماری‌زایی جدایه‌ها به عنوان *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* شناسایی شدند. این اولین گزارش از وقوع بیماری بلایت باکتریایی برنج در استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد.

بیماری‌زایی جدایه‌های باکتری

تمام جدایه‌ها، ۱۵ روز پس از مایه‌زنی به برگ رقم هاشمی، علائم سوختگی برگ را ایجاد کردند.

دینامیک جمعیت باکتری *Xoo* در رقم‌های مختلف

از جدایه بیماری‌زای *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* برای مطالعات بعدی استفاده گردید. میانگین دینامیسم جمعیت باکتری بیمارگر در برگ رقم‌ها مایه‌زنی شده برنج در جدول ۱ آورده شده است. جمعیت باکتری در رقم‌ها مختلف مورد آزمایش نشان داد که در رقم‌ها هاشمی و فجر، جمعیت باکتری در روز اول و دهم پس از مایه‌زنی به طور معنی‌داری از جمعیت باکتری در رقم‌ها ستایش و شیرودی بیشتر بود. در روز پنجم پس از مایه‌زنی، جمعیت باکتری در رقم ستایش به طور معنی‌داری از جمعیت باکتری در سایر رقم‌ها بیشتر بود. در روزهای ۱۵ و ۲۰ پس از مایه‌زنی، جمعیت باکتری در رقم هاشمی به طور معنی‌داری از جمعیت باکتری در سایر رقم‌ها بیشتر بود ($P \leq 0.01$). کمترین میزان جمعیت باکتری در تمام روزهای مورد بررسی پس از مایه‌زنی باکتری بیمارگر، در رقم شیرودی مشاهده گردید که به طور معنی‌داری از جمعیت باکتری در سایر رقم‌ها کمتر بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). به منظور معرفی رقم مقاوم و توسعه‌ی کشت رقم‌ها با مقاومت بیشتر نسبت به

جدول ۱. میانگین پویایی جمعیت در برگ رقم‌های برنج مایه‌زنی شده با باکتری *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

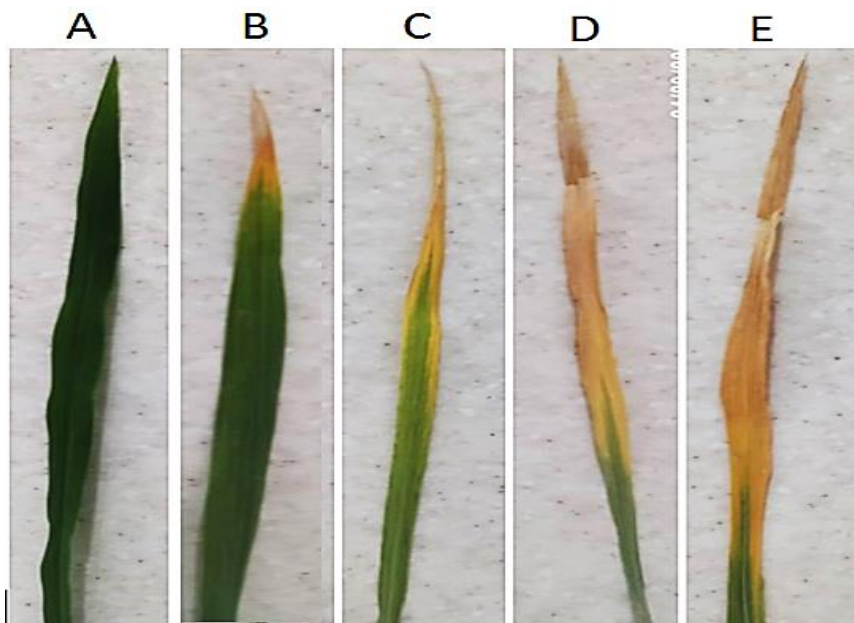
Table 1. Mean of the population dynamic ($\log_{10}$ cfu/leaf) on inoculated rice cultivars with *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Cultivar	Day 1	Day 5	Day10	Day15	Day 20
Hashemi	5.5471 a	5.9258 b	6.7006 a	7.1036 a	7.1292 a
Fajr	5.3920 a	5.8402 b	6.6893 a	7.0223 b	7.0366 b
Setaiesh	4.1619 b	6.2415 a	6.4978 b	6.9614 c	7.0072 b
Shiroudi	3.8191 c	4.3219 c	5.0209 c	5.2903 d	5.3111 c

باکتری *Xoo* نیاز به درک پویایی جمعیت بیمارگر و ژنتیک میزبان می‌باشد (Jeung et al. 2006). در تحقیقی برای بررسی مقاومت رقم‌ها به بیماری سوختگی باکتریایی برگ برنج از چهار رقم لنجان، گیلانه، هاشمی و فیروزان استفاده شده است. بعد از رسیدن به مرحله‌ی چهار تا پنج برگ، سوسپانسیون باکتری *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* روی برگ‌ها مایه‌زنی و در بازه‌های زمانی چهار، هشت، ۱۲ و ۱۴ روز پس از مایه‌زنی نمونه‌برداری از برگ‌ها برای عصاره‌گیری و کشت عصاره و شمارش پرگنه باکتری انجام گرفت. با آنالیز داده‌های حاصل از شمارش پرگنه‌ها، بیشترین میزان رشد جمعیت باکتری در رقم هاشمی و کمترین رشد در رقم لنجان گزارش شد (Akbari et al. 2019). در ابتدا بیمارگرهای باکتریایی در هم‌کنش‌های سازگار (بیماری) و ناسازگار (مقاومت) به یک اندازه تکثیر می‌یابند، ولی بعداً باکتری سازگار چندین برابر باکتری ناسازگار در گیاه میزبان تکثیر می‌یابد. مهم‌ترین تفاوت هم‌کنش سازگار و ناسازگار در دسترس بودن مواد غذایی برای سویه سازگار و عدم دسترسی آن برای سویه‌های ناسازگار می‌باشد (Hirano & Upper 2000). سویه ناسازگار توانایی غلبه بر سیستم‌های دفاعی گیاه را ندارند و بنابراین تکثیر در فضای بین سلولی گیاه محدود می‌شود. نرخ رشد باکتری در واکنش ناسازگار گیاه و بیمارگر در مقایسه با واکنش سازگار کاهش می‌یابد و رشد باکتری محدود می‌شود (Hirano & Upper 2000).

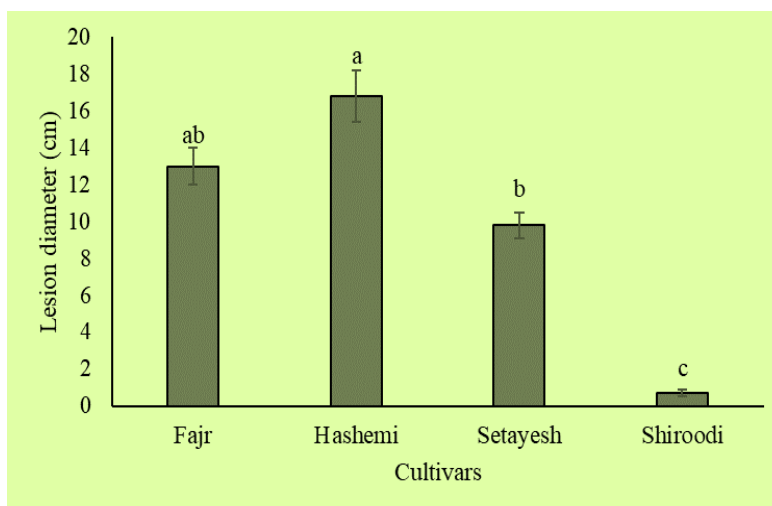
شدت بیماری سوختگی برگ در رقم‌های مختلف

نتایج ارزیابی مزرعه‌ای نشان داد رقم‌ها مختلف از نظر توسعه طول لکه نکروزه برگ به عنوان مهم‌ترین صفت ارزیابی بیماری اختلاف دارند. بررسی شدت بیماری در رقم‌ها مایه‌زنی شده با باکتری عامل سوختگی برگ برنج نشان داد که بیشترین طول ناحیه نکروز در برگ رقم هاشمی مشاهده شد که تنها با رقم فجر اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۲ و ۳). همچنین کمترین طول ناحیه نکروز برگ در رقم شیروودی مشاهده گردید که به طور معنی‌داری از طول ناحیه نکروز در سایر رقم‌ها کمتر بود (شکل ۲ و ۳). عملکرد پایین مدیریت شیمیایی سبب شده است که بیشتر مطالعات روی شناخت رقم‌ها مقاوم و درک سازوکارهای مقاومت از طریق مطالعه



شکل ۲. واکنش چهار رقم برنج به بیماری سوختگی باکتریایی ناشی از *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*: A. گیاه شاهد مایه‌زنی شده با آب سترون، B. علائم سوختگی باکتریایی در رقم شیروودی، C. رقم ستایش، D. رقم فجر، E. رقم هاشمی.

Figure 2. Reaction of four rice varieties to bacterial leaf blight caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*: A. Control plant inoculated with sterile water, B. Symptoms of leaf blight in the cultivar Shiroodi, C. Symptoms of leaf blight in the cultivar Setayesh, D. Symptoms of leaf blight in the cultivar Fajr, E. Symptoms of leaf blight in the cultivar Hashemi.



شکل ۳. واکنش رقم‌ها مختلف برنج به باکتری *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* یک ماه پس از مایه‌زنی. حروف مشابه روی هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

Figure 3. Response to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* infection in different rice cultivars one month post inoculation. Means in a column followed by the same letter(s) are not different ($P \leq 0.01$) based on Duncan's multiple range test (DMRT).

برهمکنش بیوشیمیایی و شناخت ژن‌های مقاومت تمرکز یابد (Khoshkdaman et al. 2014). تکثیر و سرعت رشد و گسترش بیمارگر و پیشرفت علائم بیماری باکتریایی با تعداد باکتری بیمارگر ارتباط مستقیم دارد. از آنجایی که مبارزه‌ی شیمیایی با بیماری‌های باکتریایی در مزارع، سخت و تا حدودی غیر ممکن است، بهترین راه مبارزه، پیشگیری از وقوع بیماری می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت این بیماری انتخاب رقم‌های مقاوم می‌تواند یکی از روش‌های مهم برای پیشگیری و مدیریت این بیماری باشد که علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید محصول، سبب کیفیت و افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

Conclusion

نتیجه‌گیری

بیماری سوختگی باکتریایی ناشی از *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* از بیماری‌های مهم برنج در ایران می‌باشد. این بیماری در استان کهگیلویه و بویراحمد برای نخستین بار گزارش می‌گردد. شناسایی و کشت رقم‌های مقاوم بهترین روش مدیریت تلفیقی بیماری به شمار می‌آید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقاوم‌ترین رقم به بیماری رقم شیروودی می‌باشد. بنابراین برای مدیریت این بیماری در مناطق آلوده و با سابقه بیماری، کشت این رقم را می‌توان توصیه کرد.

References

منابع

- Adhikari, T. B., Cruz, C., Zhang, Q., Nelson, R. J., Skinner, D. Z., Mew, T. W., and Leach, J. E. (1995). Genetic diversity of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Asia. *Applied and Environmental Microbiology*, 61, 966-971.
- Akbari M, Rezaei, R., and Charegani, H. (2019). Evaluation of resistance of some rice cultivars to bacterial blight disease caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science)*, 24 (3), 59-70 (In Persian with English Abstract).
- Cao, J., Chu, C., Zhang, M., He, L., Qin, L., Li, X., and Yuan, M. (2020). Different cell wall-degradation ability leads to tissue-specificity between *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. *Pathogens*, 9(3), 187-198.
- Hirano, S. S., and Upper, C. D. (2000). Bacteria in the leaf ecosystem with emphasis on *Pseudomonas syringae*: a pathogen, ice nucleus, and epiphyte. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64, 624-653.
- Jeung, J. U., Heu, S. G., Shin, M. S., Vera Cruz, C. M., and Jena, K. K. (2006). Dynamics of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* populations in Korea and their relationship to known bacterial blight resistance genes. *Phytopathology* 96, 867-875.
- Jyufuku, S., Furuya, N., Goto, T., Tsuchiya, K., and Yoshimura, A. (2009). Pathogenic and genetic diversity in Asian strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Journal of The Faculty Agriculture Kyushu University*, 54, 19-23.
- Khoshkdaman, M., Ebadi, A. A., Majidi-Shilsar, F., and Dariush, S. (2014). Preliminary evaluation of resistance genes in rice against bacterial leaf blight in Guilan province Iran. *Agricultural Sciences*, 5, 94-98.
- Kottapalli, K. R., Lakshmi Narasu, M., and Jena, K. K. (2010). Effective strategy for pyramiding three bacterial blight resistance genes into fine grain rice cultivar, samba mahsuri, using sequence tagged site markers. *Biotechnology Letters*, 32, 989-996.

9. Liu W, Liu J, Triplett L, Leach J. E, Wang G. L. (2014). Novel insights into rice innate immunity against bacterial and fungal pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 52, 213-241.
10. Liu, H., Yang, W., Hu, B., and Liu, F. (2007). Virulence analysis and race classification of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in China. *Journal of Phytopathology*, 155, 129-135.
11. Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., et al. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13, 614-629.
12. Mishra, D., Vishnupriya, M. R., Anil, M. G., Konda, K., Raj, Y., and Sonti, R. V. (2013). Pathotype and genetic diversity amongst Indian isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *PloS One*, 8 (11), e81996.
13. Naqvi, S. A. H. (2019). Bacterial leaf blight of rice: An overview of epidemiology and management with special reference to Indian subcontinent. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 32(2), 359-380.
14. Pradhan, S. K., Nayak, D. K., Mohanty, S., Behera, L., Barik, S. R., Pandit, E., et al. (2015). Pyramiding of three bacterial blight resistance genes for broad-spectrum resistance in deepwater rice variety, jalmagna. *Rice*, 8, 19.
15. Safitri, H., Purwoko, B. S., Dewi, I. S., Ardie, S. W. (2016). Anther culture to obtain rice lines tolerant to salinity. *Journal Agronomy Indonesia*, 44(3), 221-227.
16. Schaad, N. W., Jones, J. B., Chun, W. (2001). Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria (3th ed.). APS Press, Minnesota. p 373.
17. Yasmin, S., Hafeez, F. Y., Mirza, M. S., Rasul, M., Arshad, H. M. I., Zubair, M., Iqbal, M. (2017). Biocontrol of bacterial leaf blight of rice and profiling of secondary metabolites produced by rhizospheric *Pseudomonas aeruginosa* BRp3. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2-23.
18. Zhang, F., Du, Z., Huang, L., Cruz, C. V., Zhou, Y., Li, Z. (2013). Comparative transcriptome profiling reveals different expression patterns in *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strains with putative virulence-relevant genes. *PLoS ONE*, 8, e64267.
19. Zinniel, D. K., Lambrecht, P., Harris, N. B., Feng, Z., Kuczmarski, D., Higley, P., Ishimaru, C. A., Arunakumari, A., Barletta, R. G., Vidaver, A. K. (2002). Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(5), 2198-208.