نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۴۹-۶۸
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/EJCP.2021.18141.2344

ارزیابی واکنش چهار گونه علف‌هرز و برخی از ارقام برنج در برابر بیماری‌زایی قارچ‌های *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida*

محمدرضا صفری مطلق[1*]، پیمان شریفی[2]

[1]دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
[2]دانشیار، گروه زراعت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: علف‌کش‌ها از نهاده‌های ضروری در کشاورزی هستند که با وجود مزیت‌های فراوان در کنترل علف‌های هرز، می‌توانند خسارت‌هایی هم‌چون ایجاد مقاومت در علف‌های هرز، عوارض زیست محیطی و نیز تهدید سلامتی بشر را در پی داشته باشند. لذا برای کاهش مصرف یا کاهش غلظت آن‌ها، روش‌های جایگزین هم‌چون کنترل علف‌های هرز با بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌های زیستی پیشنهاد شده است که برای رسیدن به این هدف، نیاز به داشتن درک کاملی از روابط بیمارگر- میزبان است. دست‌یابی به چنین درکی به‌ویژه برای مجموعه داده‌های بزرگ با برهم‌کنش پیچیده ژنوتیپ در ترکیب بیمارگر- میزبان، می‌تواند دشوار و چالش برانگیز باشد. برای ارزیابی بیماری‌زایی قارچ‌ها در گونه‌های گیاهی، علاوه بر ارزیابی‌های کمّی و توصیفی مرسوم، از بای‌پلات ژنوتیپ میزبان-جدایه‌های بیمارگر در یک نمودار پراکنش واحد نیز می‌توان بهره برد. این تحقیق، برای ارزیابی میزان اثر بیماری‌زایی دو قارچ بر پنج رقم برنج و چهار گونه علف هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، اثر بیماری‌زایی قارچ‌های *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida* بر پنج رقم برنج (بی‌نام، علی‌کاظمی، هاشمی، خزر و سپیدرود) و دو گونه سوروف (*Echinochloa oryzicola* و *E. crus-galli*)، تیرکمان‌آبی (*Sagitaria trifolia*) و قاشق‌واش (*Alisma plantago–aquatica*) به‌صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، در سال ۱۳۹۷ بررسی شد. تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های دو طرفه ژنوتیپ میزبان-بیمارگر انجام شد. نمودار بای‌پلات حاصل از دو محور مؤلفه اصلی اول (PC1 و PC2) با استفاده از بسته GGEBiplotGUI در نرم‌افزار R رسم شد.

یافته‌ها: تجزیه واریانس برای گونه‌های علف‌هرز و ارقام برنج جداگانه انجام شد و نشان داده شد که بین ارقام برنج در شرایط مایه‌زنی با *C. lunata* از نظر کاهش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک بوته و در شرایط مایه‌زنی با *A. pellucida* از نظر کاهش ارتفاع بوته و وزن خشک بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین، در بین گونه‌های علف‌هرز در شرایط تیمار با *C. lunata* از نظر شدت بیماری، کاهش ارتفاع بوته و وزن تر بوته و تحت تیمار با *A. pellucida* از نظر هر چهار صفت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام هاشمی و علی‌کاظمی بیش‌ترین شدت بیماری، کاهش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک بوته را در تیمار با قارچ *C. lunata* داشتند. تجزیه بای‌پلات، روابط بین قارچ‌ها (به‌عنوان بیمارگر) و گونه‌های علف‌هرز و ارقام برنج (به‌عنوان ژنوتیپ میزبان) را در یک نمای بیمارگر- میزبان از نظر صفات نشان داد.

*مسئول مکاتبه: ssafarimotlagh@yahoo.com

نمای تستر متوسط (میانگین نمرات PC1 و PC2 برای تمام ژنوتیپ‌ها) بای‌پلات نشان داد از نظر شدت بیماری، علف‌های هرز *A. plantago–aquatica* و *E. crus-galli* حساس‌ترین و سپیدرود متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در برابر دو قارچ بودند. بر پایه شدت بیماری برای ژنوتیپ‌های علی‌کاظمی و بی‌نام می‌توان قارچ *C. lunata* را علیه گونه *E. crus-galli* و *A. plantago–aquatica* به‌کار برد. همچنین، بر پایه همین صفت، برای رقم هاشمی می‌توان قارچ *A. pellucida* را در برابر *S. trifolia* استفاده کرد. بر پایه وزن خشک، قارچ *C. lunata* می‌تواند برای مبارزه بیولوژیک با *S. trifolia* در تمام ژنوتیپ‌ها به‌کار برده شود.

نتیجه‌گیری: در مجموع، از نظر شدت بیماری و میزان کاهش صفات ارتفاع بوته، وزن خشک و تر بوته، *C. lunata* نسبت به قارچ دیگر عملکرد بهتری در مقابله با علفه‌های هرز داشت و آنتاگونیست بهتری به‌ویژه علیه علف‌هرز *A. plantago–aquatica* بود و بنابراین، می‌تواند هم‌چون یک علف‌کش قارچی برای کنترل علف‌های هرز در مزارع برنج در آینده به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات GGE، برنج، بیماری‌زایی، شدت بیماری، قارچ‌های آنتاگونیست.

مقدمه

علف‌های هرز، مهم‌ترین موانع بیولوژیکی و بازدارنده در تولید برنج هستند که بخش زیادی از هزینه تولید را به خود اختصاص می‌دهند (۲۲). همچنین، علف‌های هرز میزبانی برای آفات و عوامل بیماری‌زای برنج (*Oryza sativa* L.) هستند (۱۶، ۱۹). سوروف، قاشق‌واش و تیرکمان‌آبی از مهم‌ترین علف‌های مزارع برنج محسوب می‌شوند. یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل علف‌های هرز استفاده از علف‌کش‌ها است (۱۹، ۳۷). با این وجود، در سال‌های اخیر به‌دلیل افزایش هزینه تولید، خسارت علف‌کش‌ها به گیاه زراعی، ایجاد مقاومت در علف‌های هرز، نگرانی از عوارض جانبی ناشناخته و زیست محیطی علف‌کش‌ها و نیز نقش آن‌ها در تهدید سلامتی بشر، گرایش به سوی کاهش مصرف یا کاهش غلظت مصرفی آن‌ها بوده است (۵، ۱۶). بنابراین، کنترل علف‌های هرز با بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌های زیستی هم‌چون قارچ‌ها در جلوگیری از خطرهای زیستی بزرگ‌تر دارای اهمیت است (۱۷).

منابع مختلفی در مورد به‌کارگیری گونه‌های مختلف قارچی برای مبارزه بیولوژیک با علف‌های هرز مزارع برنج وجود دارند از جمله در تحقیقی، قارچ‌های جدا شده از علف‌هرز سنبل‌آبی (*Eichhornia crassipes*) هم‌چون *Alternaria eichhornie*، *Curvularia lunata* و *Fusarium* sp. برای کنترل رشد علف‌هرز *Eichhornia crassipes* به‌کار گرفته شدند و کاهش ۱۵–۲۰ درصد در رشد آن مشاهده گردید، اما ارقام برنج در برابر قارچ *C. lunata* واکنش معنی‌داری نشان ندادند (۲۵). همچنین در تحقیقی دیگر، بررسی واکنش ارقام برنج در فیلیپین در مقابل قارچ *C. lunata* جدا شده از *E. crus-galli* نشان داد که این قارچ **تأثیر** چندانی روی علف‌هرز سوروف (*E. crus-galli*) نداشت، اما بر روی برخی ارقام برنج علائمی از بیماری را پدید آورد (۳۹). در پژوهشی دیگر، قارچ *C. lunata* در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰ –۷۰ درصد، موجب کاهش ۸۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز سوروف شد (۳۴). همچنین، نشان داده شد که قارچ *C. lunata* در کنترل زیستی گونه *E. crus-galli* موثر است (۳۳). در پژوهش دیگری، **تأثیر** جدایه B6 قارچ *C. lunata* بر سوروف *E. crus-galli* بررسی شد و نشان داده شد که این جدایه قارچی زمانی‌که با غلظت $۱۰^{۴}$– $۱۰^{۶}$ کنیدی در میلی‌لیتر آب مقطر سترون در مزرعه به‌کار برده شد، نقش خوبی در کنترل علف‌هرز

داشت و روی برنج بیماری ایجاد نکرد (۱۵). در پژوهشی دیگر، امتزاج پروتوپلاسمی بین دو گونه قارچ *Helminthosporium gramineum* و *C. lunata* به شکل‌گیری نژاد جدیدی با ویژگی بهبودیافته در کنترل زیستی انجامید که نوعی توکسین به‌نام افیوبولین تولید می‌کرد که موجب کنترل مؤثر علف‌های هرز مزارع برنج گردید (۴۰).

از قارچ *Alternaria alternata* بیشتر برای مبارزه با علف‌های هرز گیاهان زینتی و آپارتمانی استفاده شده است (۶). این قارچ همچنین به‌عنوان یک عامل بیولوژیک در کنترل بیماری‌های بسیاری از محصولات زراعی به‌کار گرفته می‌شود و میزان کاهش شدت بیماری و نحوه اثر قارچ عامل کنترل زیستی به نوع محصول زراعی و علف‌هرزی که قارچ از آن جدا شده است، بستگی دارد. گونه‌های آلترناریا از تنوع ژنتیکی بالایی برخوردار هستند، بنابراین واکنش ارقام زراعی نسبت به اثر آن‌ها متفاوت است (۱۳). اثر *A. alternate* بر وزن خشک علف‌هرز *sphenoclea Zeylanica* به غلظت‌های مختلف سوسپانسیون اسپور به‌کار برده شده بستگی داشت، بدین معنی که با افزایش غلظت، در نتیجه افزایش شدت بیماری، وزن خشک علف‌هرز کاهش یافت (۱۸). در مطالعه علف‌هرز *Amaranthus retroflexus* مشخص گردید که قارچ *A. altrenata* روی وزن تر و وزن خشک علف هرز تأثیر اندکی دارد، بر این اساس قارچ روی صفت ارتفاع نسبت به دو صفت دیگر اثر بیشتری داشت (۱۰).

برای ارزیابی برهم‌کنش‌های بیمارگر در میزبان (Host-by-pathogen)، افزون بر روش‌های رایج هم‌چون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها می‌توان روش بای‌پلات (Biplot) را نیز به‌کار برد (۳۶). از آنجا که درک روابط بیمارگر–میزبان بسیار مهم است، بای‌پلات به شناسایی بهترین ارقام مقاوم و سویه‌های دارای بیش‌ترین قدرت بیماری‌زایی کمک می‌کند (۳۷). مطالعات اندکی در این زمینه انجام شده است، از جمله با این روش، بیماری‌زایی و تحمل جدایه‌های قارچ *Botryodiplodia theobromae* علیه بیماری پوسیدگی ریشه کاساوا (*Manihot esculenta*) ارزیابی شد و تنوع قابل ملاحظه‌ای در قدرت تهاجمی جدایه‌های قارچ دیده شد (۲۳). برهم‌کنش ژنوتیپ‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus*) و جدایه‌های *Phoma macdonaldii* با روش GGE بای‌پلات ارزیابی شد و نشان داده شد که اختلاف قابل توجهی بین بیماری‌زایی جدایه‌ها وجود داشت (۸). با مایه‌زنی ۱۱ ژنوتیپ سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) با استفاده از پنج جدایه قارچی، نتایج تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در بیمارگر نشان داد که هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها به قارچ‌های *Phoma sorghina* و *Curvularia lunata* حساس نبودند، اما سه ژنوتیپ به قارچ *Fusarium thapsinum* حساس بودند (۲۱). با ارزیابی واکنش لاین‌های خالص انتخاب شده از گندم نان به *Tilletia foetida* با روش بای‌پلات ژنوتیپ در محیط، ۱۹ لاین خالص برای مقاومت به بیماری شناسایی شدند (۱). فعالیت آنتاگونیستی قارچ‌های *Fusarium equiseti* و *Colletotrichum graminicola* در مقابل دو گونه سوروف *E. oryzicola* و *E. crus-galli* با روش تجزیه بای‌پلات بررسی شد و نشان داده شد که می‌توان در مزارع برنج با رقم هاشمی از این دو قارچ علیه دو گونه سوروف استفاده کرد. همچنین، نشان داده شد که *C. graminicola* اثرات آنتاگونیستی بیشتری در مقایسه با *F. equiseti* به‌ویژه بر گونه *E. crus-galli* داشت (۳۱). اثر گونه مرسوم علف‌هرز سوروف (*E. crus-galli*) و گونه سوروف هوشمند (*E. oryzicola*) روی شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد برنج بررسی شد و گفته شد که تا قبل از دهه گذشته، از بین علف‌های هرز سوروف، گونه

رایج سوروف، علف‌هرز غالب در شالیزارهای شمال کشور بوده، اما در سال‌های اخیر گونه جدیدی از این علف‌هرز به عنوان یک گونه مهاجم و تحت عنوان "سوروف برنج "یا" سوروف هوشمند "معرفی گردید (۱۲). اثر رقابتی این گونه مهاجم سوروف (*E. oryzicola* (Ard) Fisher) نیز در مزارع برنج گیلان بررسی شده است (۱۱).

هدف از پژوهش حاضر، بررسی واکنش علف‌های هرز قاشق‌واش (*Alisma plantago – aquatica*)، تیرکمان‌آبی (*Sagitaria trifolia*)، دو گونه از سوروف یعنی *Echinochloa oryzicola* و *E. crus-galli* و پنج رقم برنج (بی‌نام، علی‌کاظمی، هاشمی، خزر و سپیدرود) در برابر دو جدایه قارچی *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida* با روش GGE بای‌پلات بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار شامل پنج رقم برنج (بی‌نام، علی‌کاظمی، هاشمی، خزر و سپیدرود)، دو گونه سوروف *Echinochloa oryzicola* و *E.crus-galli* و علف‌های هرز تیرکمان‌آبی (*Sagitaria trifolia*) و قاشق‌واش (*Alisma plantago – aquatica*) و با سه تکرار در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت در سال ۱۳۹۷ انجام شد. این تحقیق به صورت دو آزمایش جداگانه و هر کدام به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد، بدین معنی که نه تیمار (پنج رقم برنج و چهار گونه علف‌هرز) جداگانه با هرکدام از قارچ‌ها مایه‌زنی شدند. از آنجا که هدف مقاله ارزیابی برهم‌کنش تک‌تک ارقام در برابر هر کدام از علف‌های هرز نبود، از آزمایش فاکتوریل استفاده نشد.

برای جوانه‌زنی بذرهای سوروف ابتدا بذرها با کلراکس ۱۰ درصد به مدت ۲–۳ دقیقه ضدعفونی شدند. پس از آب‌شویی بذرها روی کاغذ صافی سترون مرطوب در یک ظرف پتری قرار داده شدند. بعد از قرار دادن ظرف پتری در انکوباتور با گذشت هفت روز اکثر بذرها جوانه‌دار شده بودند (۲۰). جوانه‌زنی برخی بذرها با وجود شرایط مناسب صورت نگرفت، این بذرها دارای خواب بذر بودند و در نتیجه برای شکستن خواب آن‌ها از اسید سولفوریک (H_2SO_4) آزمایشگاهی بدون رقیق کردن به مقدار دو تا پنج میلی‌لیتر استفاده شد. اسید داخل یک ظرف پتری ریخته شد و بذرها به مدت دو دقیقه در آن غوطه‌ور شدند (۳۵). پس از شستشوی بذرها با آب مقطر سترون، جوانه‌زنی بذرها با شرایط دمایی ۳۰–۲۸ درجه سانتی‌گراد با استفاده از نور مصنوعی، در انکوباتور تحریک گردید. بعد از گذشت سه تا چهار روز، ریشه‌چه و ساقه‌چه قابل رویت شدند.

از هر رقم برنج تعداد ۱۰ عدد بذر در هر گلدان کشت شد. پس از مرحله سه تا چهار برگی، عمل تُنک کردن برای یکنواختی تراکم هر گلدان انجام شد و در هر گلدان چهار بوته باقی گذاشته شد. مایه‌زنی در مرحله پنج تا شش برگی ارقام برنج و با استفاده از سوسپانسیون اسپوری از جدایه‌های قارچی *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida* با غلظت 1×10^{6} اسپور در میلی‌لیتر آب مقطر سترون و توسط افشانه دستی انجام شد. برای افزایش جذب سطحی، توئین–۲۰ به نسبت یک درصد به‌کار رفت (۲۹).

برای آماده‌سازی علف‌های هرز در گل‌خانه برای بررسی واکنش آن‌ها در مقابل مایه‌زنی با قارچ‌های عامل بیماری، هر یک از دو گونه علف‌هرز سوروف *Echinochloa oryzicola* و *E. crus-galli*، به‌طور جداگانه در دو گلدان کاشته شدند و برای هر یک، سه تکرار و برای هر تکرار هم یک شاهد در نظر گرفته شد. برای علف هرز تیرکمان‌آبی و قاشق‌واش سه علف‌هرز جوان و بدون علائم بیماری به داخل سه گلدان همراه

با خاک مزرعه انتقال یافتند و برای هر گلدان هم یک شاهد در نظر گرفته شد (۲). در این مرحله مایه‌زنی با *C. lunata* و *A. pellucida* با سوسپانسیون اسپوری با غلظت ۱×۱۰^{۶} اسپور در میلی لیتر توسط افشانه دستی انجام شد. برای افزایش جذب سطحی، توئین-۲۰ به نسبت ۱ درصد به‌کار رفت (۴۰). ارزیابی عدم ظهور یا ظهور علائم بیماری بعد از گذشت ۲۴ ساعت از اسپورپاشی انجام شد. از آنجا که برای هر جدایه سه تکرار و برای هر تکرار هم یک شاهد درنظر گرفته شده بود، شدت بیماری در مقایسه با شاهد هر تکرار ارزیابی شد. بررسی‌ها بعد از گذشت ۲۴ ساعت از ظهور علائم انجام شد.

در هر دو مورد بالا، گلدان‌ها در دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد با تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی و رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد در گلخانه قرار گرفتند که برای تنظیم دما و رطوبت نسبی از دیتالاگر ثبت دما و رطوبت استفاده گردید. لازم به ذکر است که قبل از اسپورپاشی، کلیه گلدان‌ها با آب مقطر، اسپری شدند. برای ایجاد رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰ درصد، گیاهان تیمار شده بلافاصله به‌وسیله کیسه‌های پلاستیکی برای ۴۸ ساعت پوشانده شدند (۱۰). برای شمارش اسپورها از لام گلبول‌شمار استفاده شد. ارزیابی هفت روز پس از مایه‌زنی انجام گرفت. این ارزیابی بر پایه تیپ و اندازه لکه‌های ایجاد شده در واکنش گیاه به مایه‌زنی بود. سپس شدت بیماری[1] محاسبه گردید (۴)، که در این حالت مقیاس‌ها عبارت بودند از: درجه ۰: هیچ لکه‌ای ایجاد نشد و گیاه سالم بود؛ درجه ۱: لکه‌های کوچک و گسترش نیافته در گیاه به‌وجود آمد؛ درجه ۲: لکه‌های کوچکی که تا حدودی گسترش یافته بودند در گیاه ظاهر شد و درجه ۳: در این حالت لکه‌های بزرگ و توسعه‌یافته در گیاه ایجاد شد. در این سیستم، برای هر برگ با توجه به تعداد لکه‌های ایجاد شده یک رتبه یا درجه در نظر گرفته شد و بر اساس تعداد کل برگ در گیاه و با توجه به رابطه ۱ درجه یا شدت بیماری مشخص گردید.

رابطه ۱:

$$\text{Disease rating} = \frac{(N_1 \times 1) + (N_2 \times 2) + \ldots + (N_t \times t)}{N_1 + N_2 + N_t}$$

که در آن، N تعداد برگ‌ها در هر یک از درجات فوق بود (۲۸). علاوه بر تعیین شدت بیماری و بررسی واکنش ارقام برنج و علف‌های هرز نسبت به این دو قارچ، صفاتی مانند ارتفاع گیاه، وزن تر و وزن خشک علف‌های هرز و ارقام برنج برای تعیین **تأثیر** بیماری روی آن‌ها اندازه‌گیری شدند. برای این کار بعد از برش اندام‌های هوایی، هر بوته وزن شد که این وزن به عنوان وزن تر ثبت گردید. سپس در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند (۱۰، ۲۴). برای مقایسه واکنش ارقام برنج و علف‌های هرز در صفات مورد مطالعه، از تفاضل میانگین صفت هر رقم برنج و علف‌های هرز تحت تیمار قارچ با میانگین صفت هر رقم برنج و علف‌های هرز در شرایط شاهد استفاده شد. براین اساس پاسخ هر یک از ارقام برنج و علف‌های هرز نسبت به شاهد و همچنین نسبت به یکدیگر بررسی شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس ساده، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه بای‌پلات روی صفات با استفاده از بسته GGEBiplotGUI (۳) در نرم‌افزار R انجام شد و نمودارها نیز با این نرم‌افزار ترسیم شدند. مدل آماری تجزیه بای‌پلات بر اساس رابطه ۲ است (۳۶).

رابطه ۲:

$$Y_{ij} - \alpha_i = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

که در این رابطه Y_{ij}، شدت بیماری (یا سایر صفات اندازه‌گیری‌شده) از ژنوتیپ میزبان i (= ۱ تا

1- Disease rating

۷) برای جدایه بیمارگر j (= ۱ تا ۲)؛ α_i، میانگین شدت بیماری ژنوتیپ i ام در تمام بیمارگرها؛ $\lambda 1$ و $\lambda 2$ به ترتیب مقادیر مشخصه مؤلفه‌های اصلی اول و دوم؛ ξ_{i1} و ξ_{i2} به ترتیب مقادیر بردارهای مشخصه اول مؤلفه اصلی اول (PC_1) و دوم (PC2) برای ژنوتیپ i؛ τ_{j1} و τ_{j2} به‌ترتیب مقادیر بردارهای مشخصه اول مؤلفه اصلی اول (PC_1) و دوم (PC2) برای جدایه بیمارگر j و ε_{ij}، باقی‌مانده مربوط به هر ترکیب ژنوتیپ- جدایه که توسط مؤلفه اصلی اول توجیه نشده است، بود.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها: از آنجا که ماهیت برنج و علف‌های هرز با هم متفاوت است، در گام نخست، تجزیه واریانس برای شدت بیماری و کاهش صفات ارتفاع بوته، وزن تر و وزن خشک بوته، تحت تأثیر هر کدام از دو نوع قارچ *C. lunata* و *A. pellucida*، برای گونه‌های علف‌هرز و ارقام برنج به‌طور جداگانه انجام شد. تجزیه واریانس نشان داد که تحت شرایط تیمار با *C. lunata*، بین ارقام برنج از نظر شدت بیماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، حال آنکه از نظر کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و وزن خشک بوته اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود داشت. تحت شرایط تیمار با *A. pellucida*، بین ارقام برنج از نظر شدت بیماری و کاهش وزن خشک بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، حال آنکه ارقام از نظر کاهش ارتفاع بوته و وزن خشک بوته با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱). تحت شرایط تیمار با *C. lunata*، بین گونه‌های علف‌هرز از نظر شدت بیماری، کاهش ارتفاع بوته و وزن تر بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما از نظر کاهش وزن خشک بوته بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، تحت شرایط تیمار با *A. pellucida*، بین گونه‌های علف‌هرز از نظر هر چهار صفت ارزیابی‌شده اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). این نتایج بیانگر تنوع ژنتیکی گسترده بین ارقام برنج و گونه‌های علف‌هرز از نظر واکنش در برابر دو قارچ مورد مطالعه بود. بنابراین، شناسایی منابع مقاومت بر اساس واکنش ارقام و گونه‌های علف‌هرز در برابر قارچ بسیار مهم است. همچنین، از آنجایی که برای به‌کارگیری یک میکروارگانیسم به‌عنوان عامل کنترل بیولوژیک، شرط اصلی عدم ایجاد خسارت به گیاهان اصلی است (۳۱)، ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در برابر این میکرواوگانیزم‌ها و همچنین، روابط بین ژنوتیپ‌ها اهمیت بالایی دارد.

در ادامه از مقایسه میانگین‌ها به روش LSD برای شناسایی ارقام برنج و گونه‌های علف‌هرز مقاوم و حساس به هر یک از قارچ‌ها استفاده شد. ارقام هاشمی و علی‌کاظمی با دارا بودن بیش‌ترین شدت بیماری، کاهش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک بوته، حساس به قارچ *C. lunata* و ارقام سپیدرود و بی‌نام با کم‌ترین شدت بیماری و کاهش صفات فوق مقاوم به آن بودند. مقایسه میانگین‌ها در گونه‌های علف‌هرز در تیمار با *C. lunata* نشان داد که علف‌هرز قاشق‌واش بیش‌ترین میزان شدت بیماری را داشت و حساس‌تر از سایر گونه‌ها در برابر این قارچ بود (جدول ۳). رقم خزر کم‌ترین شدت بیماری و کاهش ارتفاع بوته در برابر قارچ *A. pellucida* را داشت و از نظر وزن تر بوته نیز میزان کاهش این صفت در آن کم‌تر از همه ارقام به جز بی‌نام بود و بنابراین، یک رقم مقاوم در برابر این قارچ بود. در بین گونه‌های علف‌هرز بیش‌ترین شدت بیماری، کاهش ارتفاع بوته و وزن خشک بوته در علف‌هرز تیرکمان آبی دیده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس شدت بیماری و برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی ارقام برنج در شرایط مایه‌زنی با *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida*

Table 1- Analysis of variance for disease rating and morphological traits of some of the rice varieties under inoculation conditions with *Curvularia lunata* and *Alternaria pellucida.*

جدایه‌های قارچی Fungal isolates	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شدت بیماری Disease rating	ارتفاع بوته Plant height	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight
Curvularia lunata	تیمار Treatment	4	0.3889^{ns}	103.01**	5.40**	0.14*
	خطا Error	10	0.114	6.46	0.19	0.29
	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.95	3.73	11.17	32.09
Alternaria pellucida	تیمار Treatment	4	0.049^{ns}	134.35**	4.86**	0.036^{ns}
	خطا Error	10	0.16	7.59	0.31	0.02
	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		21.95	3.99	14.82	18.36

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری.

**: significant at p < 1%, *: significant at p < 5% and ns: non- significant.

جدول ۲- تجزیه واریانس شدت بیماری و برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی گونه‌های علف‌هرز در شرایط مایه‌زنی با *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida*

Table 2- Analysis of variance for disease rating and morphological traits of some of the weed species under inoculation conditions with *Curvularia lunata* and *Alternaria pellucida.*

جدایه‌های قارچی Fungal isolates	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شدت بیماری Disease rating	ارتفاع بوته Plant height	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight
Curvularia lunata	تیمار Treatment	3	2.18*	61023**	122.45**	1.19^{ns}
	خطا Error	8	0.33	12.08	1.45	0.33
	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		18.03	7.19	10.07	24.19
Alternaria pellucida	تیمار Treatment	3	1.76*	780.11**	102.08**	4.78**
	خطا Error	8	0.34	0.34	0.60	0.15
	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		24.87	1.25	6.83	20.55

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری.

**: significant at p < 1%, *: significant at p < 5% and ns: non- significant.

از آنجایی کـه ارزیـابی ارقـام بـرنج و گونـه‌هـای علف‌هـرز در مقابـل قـارچ‌هـا بـا روش‌هـای تجزیـه واریانس و مقایسه میـانگین‌هـا بـه صـورت جداگانـه انجام شد و بهترین رقم برنج یـا گونـه علـف‌هـرز در برابر هرکدام از قارچ‌ها مشـخص گردیـد، اسـتفاده از روش‌هـای آمـاری چنـدمتغیّره، راهبـرد مهمـی بـرای ارزیابی ارقام برنج و گونـه‌هـای علـف‌هـرز در برابـر قارچ‌ها در یک نمای کلی است (۳۲). بنابراین، بـرای شناسایی ژنوتیپ‌های بـرنج و گونـه‌هـای علـف‌هـرز حسـاس و مقـاوم بـه دو قـارچ *C. lunata* و *A. pellucida* از تجزیه بای‌پلات، بـه‌عنـوان یکـی از روش‌های آماری چندمتغیره، استفاده شد که در آن بـا نماهای مختلف می‌توان واکنش ارقام مختلف بـرنج و گونه‌های علف‌هرز را در برابر قارچ‌ها مشاهده کرد.

جدول ۳- مقایسه میانگین واکنش گونه‌های علف‌هرز و ارقام برنج در شرایط مایه‌زنی با *Curvularia lunata* و *Alternaria pellucida*

Table 3- Comparison of the reactions of rice varieties and weed species under inoculation conditions with *Curvularia lunata* and *Alternaria pellucida.*

ژنوتیپ Genotype	*Curvularia lunata*				*Alternaria pellucida*			
	شدت بیماری Disease rating	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم) Fresh weight (g)	وزن خشک (گرم) Dry weight (g)	شدت بیماری Disease rating	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم) Fresh weight (g)	وزن خشک (گرم) Dry weight (g)
هاشمی Hashemi	2.78^{a}	69.2^{a}	4.82^{b}	2.13^{b}	2.38^{bc}	71.59^{a}	4.98^{a}	0.83^{ab}
علی کاظمی Alikazemi	2.42^{ab}	72.42^{a}	5.82^{a}	4.18^{a}	2.72^{ab}	70.54^{a}	5.2^{a}	0.74^{ab}
سپیدرود Sepidroud	1.59^{c}	72.33^{a}	3.31^{c}	0.68^{c}	1.78^{c}	75.27^{a}	3.36^{b}	0.88^{a}
خزر Khazar	2.14^{b}	58.12^{b}	3.12^{c}	0.73^{c}	1.99^{c}	57.61^{b}	2.93^{b}	0.83^{ab}
بی‌نام Binam	1.89^{bc}	68.33^{a}	2.58^{c}	0.67^{c}	3.32^{a}	69.95^{a}	2.32^{b}	0.60^{b}
سوروف *E. oryzicola*	3.52^{b}	63.5^{a}	6.18^{c}	5.02^{a}	1.27^{b}	64.31^{a}	6.21^{c}	0.95^{b}
سوروف *E. crus-galli*	3.17^{b}	53.48^{b}	7.87^{c}	0.74^{b}	2.37^{a}	54.61^{b}	7.4^{c}	1.45^{b}
تیرکمان آبی *S. trifolia*	1.52^{c}	46.67^{c}	20.34^{a}	2.16^{b}	3.07^{a}	36.47^{c}	18.97^{a}	3.81^{a}
قاشق واش *A. plantago – aquatica*	4.12^{a}	29.6^{d}	13.41^{b}	1.56^{b}	2.13^{ab}	29.27^{c}	12.78^{b}	1.25^{b}

تیمارهای دارای حرف مشترک در گونه‌های علف‌هرز یا ارقام برنج با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Treatments having at least one similar letter on rice varieties or weed species do not show a significant difference at the probability level of 5%.

تجزیه بای‌پلات

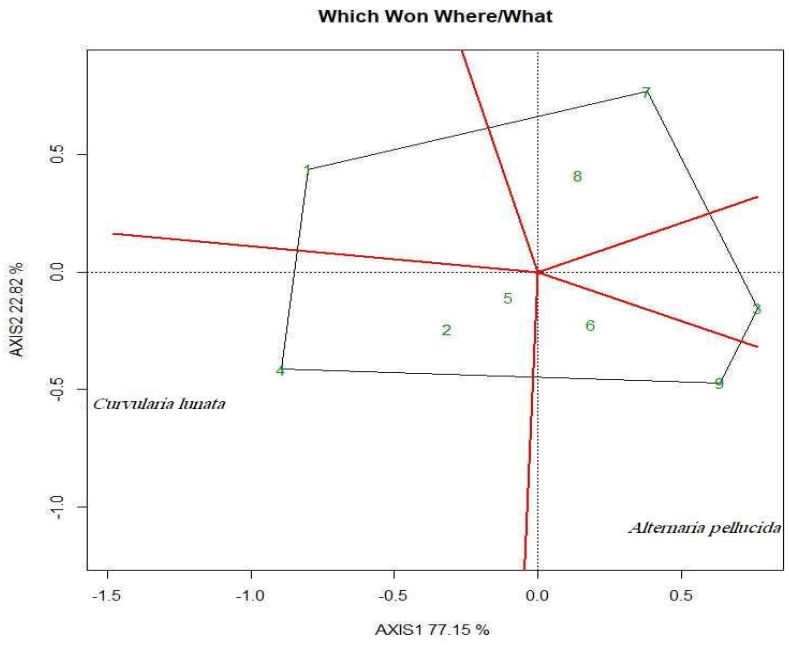
ارزیابی بر اساس رتبه‌بندی شـدت بیمـاری: تجزیـه بای‌پلات بر پایه شدت بیماری نشان داد که دو مؤلفـه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۷۷/۱۵ و ۲۲/۸۲ درصـد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کرد. نمای چندضلعی بای‌پلات نشان داد که گونـه سـوروف *E. oryzicola*، رقم سپیدرود، علف‌هرز تیرکمان‌آبـی، رقـم بـی‌نـام و علـف‌هـرز قاشـق‌واش در رأس چندضـلعی و در دورترین فاصـله از مبـدأ بـای‌پـلات جـای داشـتند و حساس‌ترین یا مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها به یکی یا هر دو

قارچ بودند (شکل ۱- الف). ارقام هاشمی، علی‌کاظمی، خزر و گونه سوروف *E. crus-galli*، درون چندضلعی جای گرفته بودند. از آنجا که رقم‌های واقع در رأس هر کدام از ضلع‌ها، بیش‌ترین اندازه حساسیت را به قارچ واقع در آن بخش چندضلعی نشان می‌دهند (۳۶)، دو علف‌هرز *E. crus-galli* و *A. plantago – aquatica* و رقم هاشمی حساس‌ترین گونه‌ها به قارچ *C. lunata* (جداشده از علف‌هرز قاشق‌واش) بودند. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD نیز نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر این دو علف‌هرز و رقم هاشمی در برابر قارچ *C. lunata* بود (جدول ۳). بر این اساس امکان کنترل بیولوژیکی برای رقم هاشمی که خود در برابر قارچ *C. lunata* حساس است، در برابر علف‌های هرز *E. crus-galli* و قاشق‌واش با استفاده از این قارچ وجود ندارد. اما با توجه به جایگاه رقم هاشمی در نمودار و مقاومت آن به *A. pellucida*، می‌توان برای این رقم، قارچ *A. pellucida* را علیه *S. trifolia* به‌کار برد. این نمای بای‌پلات نشان داد که ارقام علی‌کاظمی و بی‌نام و همچنین، تیرکمان‌آبی نسبت به *A. pellucida* حساس بودند و در نتیجه نمی‌توان در مزارع این دو رقم، کنترل بیولوژیکی تیرکمان‌آبی را با این قارچ انجام داد. با این حال، برای این دو ژنوتیپ می‌توان *C. lunata* را علیه سوروف *E. crus-galli* و قاشق‌واش به‌کار برد. از آنجایی که ژنوتیپ‌های واقع در سوی مخالف هر کدام از قارچ‌ها دارای مقاومت نسبت به آن‌ها می‌باشند، ارقام سپیدرود و خزر نسبت به هر دو قارچ و به‌ویژه *C. lunata* مقاومت داشتند و از طرفی گونه سوروف *E. oryzicola* نیز نسبت به هر دو قارچ به‌ویژه *A. pellucida* مقاومت داشت. بنابراین، با توجه به نتایج این تحقیق و بر پایه شدت بیماری، امکان کنترل بیولوژیک *E. oryzicola* با دو قارچ مطالعه شده وجود ندارد. با توجه به مقاومت دو رقم اصلاح‌شده خزر و سپیدرود و از طرفی حساسیت سوروف *E. crus-galli* و قاشق‌واش به قارچ *C. lunata* و همچنین تیرکمان‌آبی نسبت به قارچ *A. pellucida*، می‌توان در مزارع این دو رقم اصلاح شده نسبت به کنترل بیولوژیکی سه علف هرز فوق اقدام نمود. نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌ها با روش‌های تک‌متغیره تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که *C. lunata* یک عامل بالقوه برای مبارزه بیولوژیک با سوروف *E. crus-galli* و قاشق‌واش بود (۲۶). همچنین، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داده بود که *A. pellucida* می‌تواند به‌عنوان یک عامل کنترل بیولوژیکی برای مبارزه با علف‌هرز تیرکمان‌آبی به‌کار گرفته شود (۲۷). در تطابق با نتیجه این تحقیق نشان داده شده است که ارقام برنج در برابر *C. lunata* واکنش معنی‌داری نشان ندادند (۲۵). همچنین، این نتیجه با کنترل زیستی قارچ *C. lunata* علیه گونه سوروف *E. crus-galli* سازگار است. مقاومت *E. oryzicola* به قارچ *C. lunata* با تحقیقی که نشان می‌داد *C. lunata* **تأثیر** چندانی روی علف‌هرز سوروف نداشت، سازگار است (۴۰). عدم **تأثیر** *C. lunata* بر ارقام علی‌کاظمی، سپیدرود، خزر و بی‌نام با مطالعه‌ای که نشان می‌داد این قارچ نقش خوبی در کنترل علف‌هرز داشت و روی برنج بیماری‌زا نبود، هم‌خوانی داشت (۱۵).

نمای تستر متوسط (Average-Tester Coordination, ATC)، که در آن محور دارای دایره و پیکان نشان‌دهنده میانگین مقاومت و یا حساسیت و محور عمود بر آن بیانگر پایداری ژنوتیپ‌ها است، برای ارزیابی میزان مقاومت یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به عامل بیماری به‌کار گرفته شد (۳۶). از آنجایی که نمره‌دهی پاسخ به شدت بیماری به شیوه‌ای بود که مقدار بزرگ، حساسیت بیشتر را نشان می‌داد، علف‌هرز قاشق‌واش حساس‌ترین ژنوتیپ به هر دو

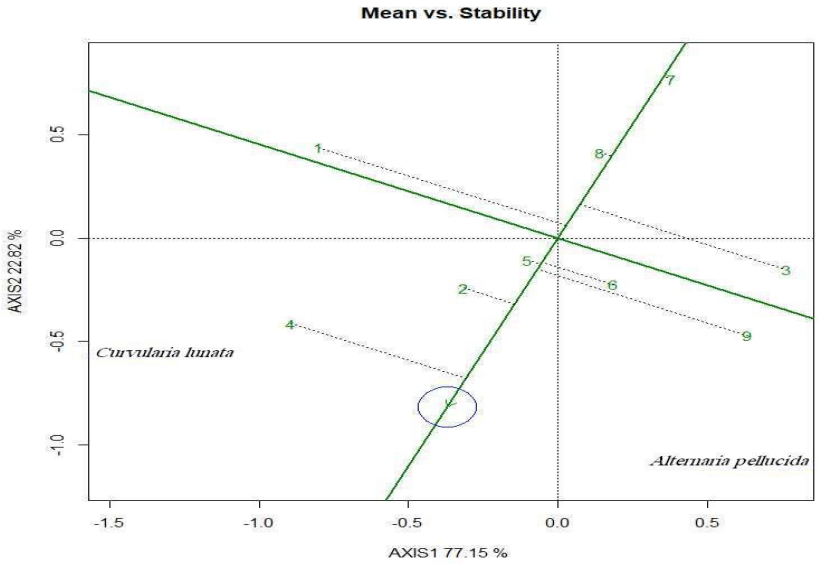
قارچ بود و بر پایه میزان مقاومت به دو قارچ مطالعه شده، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها به‌صورت قاشق‌واش <*E. crus-galli*> بی‌نام≈ علی کاظمی ≈ هاشمی < *E. oryzicola*> تیرکمان‌آبی <خزر< سپیدرود بود (شکل ۱- ب). نتایج به‌دست آمده از نمای تستر متوسط با نتایج مقایسه میانگین‌ها سازگار است که نشان می‌داد شدت بیماری ایجاد شده به‌وسیله *C. lunata* روی ارقام هاشمی و علی‌کاظمی بیشتر از سایر ارقام بود و ارقام سپیدرود و خزر کمتر تحت **تأثیر** قرار گرفته بودند و تحمل بیش‌تری از خود نشان دادند. واکنش ارقام برنج در برابر قارچ *A. pellucida* نیز گویای مقاومت بیش‌تر سپیدرود و خزر در مقایسه با هاشمی، علی‌کاظمی و بی‌نام بود (جدول ۳). در تطابق با این نتیجه، دلونا و همکاران (۷) نیز نشان دادند که شدت بیماری‌زایی قارچ *C. oryzae* در ارقام اصلاح‌شده بیشتر از ارقام بومی بود که می‌تواند به تجمع ژن‌های مقاومت در این ارقام در مراحل اصلاحی نسبت داده شود.

نمای روابط بین میزبان و بیمارگر برای ارزیابی برهم‌کنش‌های بین ژنوتیپ‌های میزبان و جدایه‌های بیمارگر به‌کار گرفته شد (۳۷) که در آن شدت حساسیت و مقاومت هر ژنوتیپ و بیماری‌زایی بیمارگر با طول بردار آن ژنوتیپ و یا میزبان نشان داده شد. از آنجایی که مقادیر بیش‌تر بیان‌گر حساسیت بالاتر ژنوتیپ است، بر پایه این نما از بای‌پلات، قاشق‌واش حساسیت بالایی به *C. lunata* داشت و علف‌هرز تیرکمان‌آبی و رقم بی‌نام دارای حساسیت بالا به *A. pellucida* بودند. این نمای بای‌پلات همچنین نشان داد که ارقام سپیدرود و خزر و تا حدودی علف‌هرز *E. oryzicola* که در سوی مخالف و در دورترین نقطه از مبدأ بای‌پلات جای داشتند، دارای مقاومت عمودی به هر دو قارچ بودند. همچنین، این نمای بای‌پلات نشان‌گر آن بود که قارچ *C. lunata*، با توجه به طول بردار آن، از بیماری‌زایی بیش‌تری برخوردار بود. این نمای بای‌پلات همچنین مقاومت افقی رقم هاشمی و علی‌کاظمی در برابر دو جدایه قارچی بررسی شده با توجه به نزدیکی آن‌ها به مبدأ بای‌پلات را نشان داد (شکل ۱- ج).



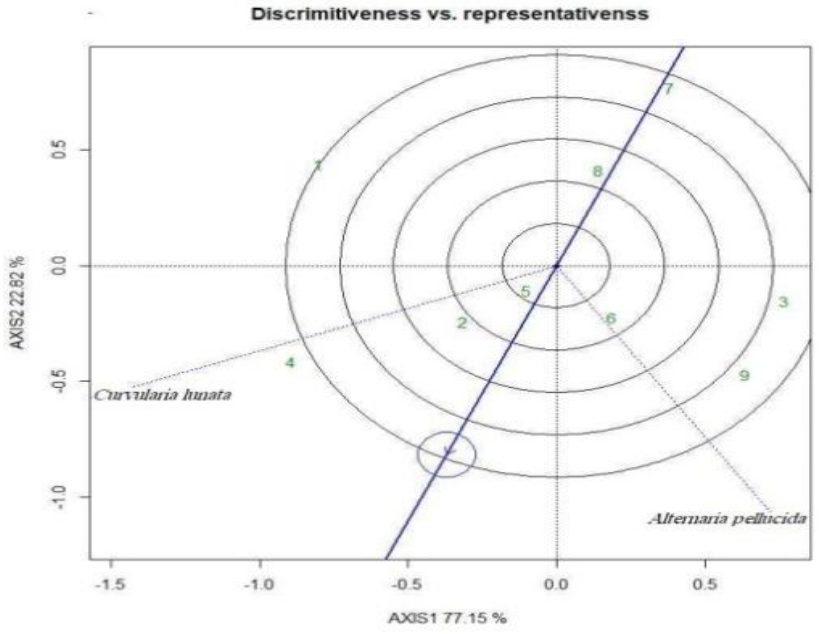
الف- چند ضلعی

a. Polygon



ب- تستر متوسط

b. Average-Tester



ج- روابط بین بیمارگر – میزبان

c. Relationships between pathogen-host

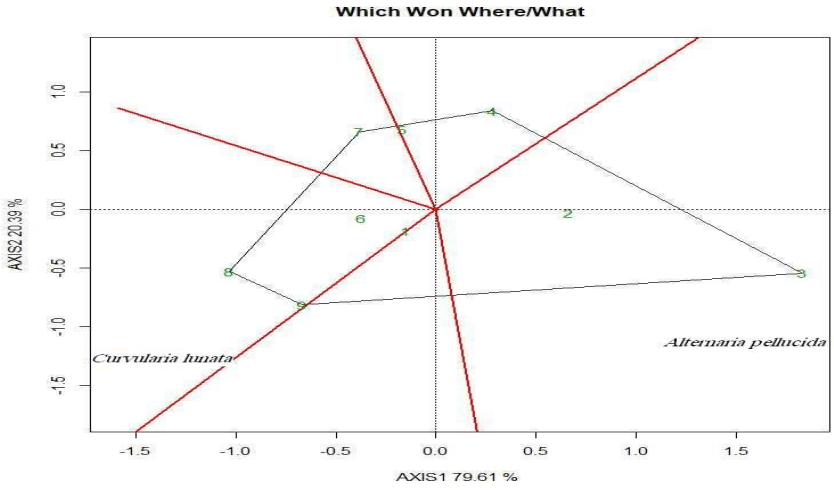
شکل ۱- نماهای مختلف بای‌پلات ژنوتیپ در بیمارگر برای بررسی الف- حساسیت و مقاومت؛ ب- رتبه و ج- برهم‌کنش‌های ژنوتیپ‌های میزبان به دو بیمارگر بیماری‌زا بر اساس شدت بیماری (۱- سوروف *E. oryzicola*، ۲- سوروف *E. crus-galli*، ۳- تیرکمان‌آبی، ۴- قاشق‌واش، ۵- هاشمی، ۶- علی‌کاظمی، ۷- سپیدرود، ۸- خزر، ۹- بی‌نام).

Figure 1- Different views of host-by-pathogen biplot for evaluation of a- susceptibility and resistance, b- ATC and c- interactions of host genotypes to two fungi based on disease rating (1. *E. oryzicola*, 2. *E. crus-galli*, 3. *S. trifolia*, 4. *A. plantago – aquatica*,5. Hashemi, 6. Alikazemi, 7. Sepidroud, 8. Khazar, 9. Binam).

ارزیابی میزان کاهش صفات مورفولوژیک: بای‌پلات ژنوتیپ در بیمارگر، برای بررسی اثر بیماری‌زایی جدایه‌های قارچی بر میزان کاهش ارتفاع بوته، وزن خشک و وزن تر بوته نیز به‌کار گرفته شد. در این بای‌پلات‌ها نیز هم‌چون شدت بیماری، مقادیر بیشتر، بیان‌گر کاهش بیشتر صفت تحت **تأثیر** قارچ و در نتیجه حساسیت بیش‌تر آن ژنوتیپ به بیمارگر است.

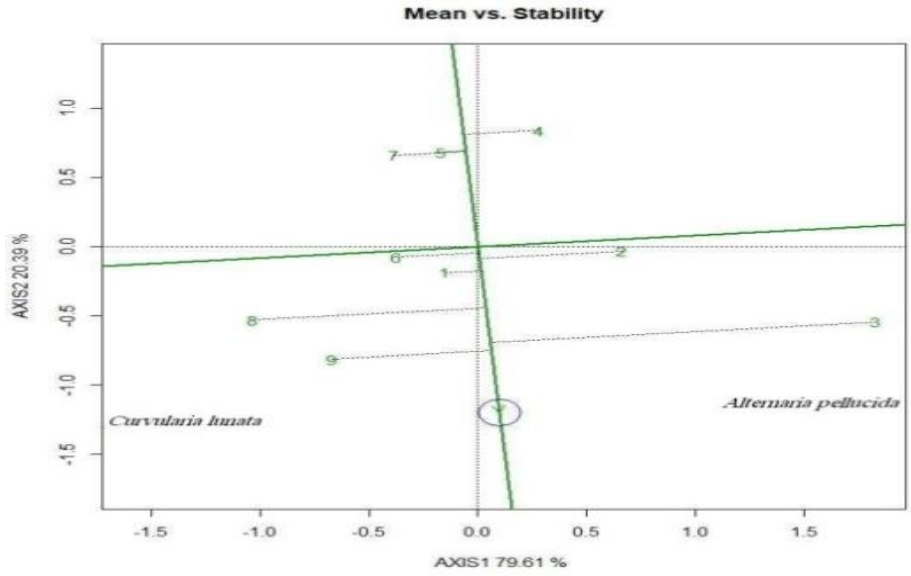
بر پایه نمای چندضلعی بای‌پلات برای میزان کاهش ارتفاع بوته، علف‌های هرز قاشق‌واش و تیرکمان‌آبی و ارقام سپیدرود، بی‌نام و خزر در دورترین نقاط از مبدأ بای‌پلات جای گرفته بودند و دو گونه علف‌هرز سوروف و ارقام هاشمی و علی‌کاظمی درون بای‌پلات واقع بودند. علف‌هرز تیرکمان‌آبی و دو رقم خزر و بی‌نام بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع بوته را داشتند، حال آن‌که در سوی دیگر بای‌پلات، ارقام هاشمی، سپیدرود و علف‌هرز قاشق‌واش جای گرفته بودند که ارتفاع بوته آن‌ها در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها کم‌تر تقلیل یافته بود. بر اساس این نمای بای‌پلات، ژنوتیپ‌های بی‌نام و خزر حساس به قارچ *C. lunata* بودند و همچنین، تیرکمان‌آبی نسبت به قارچ *A. pellucida* حساس بود. از نظر این صفت، قاشق‌واش و دو رقم هاشمی و سپیدرود نسبت به هر دو قارچ مقاوم بودند (شکل ۲- الف).

نمای تستر متوسط برای کاهش میزان ارتفاع بوته نیز نشان داد که رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر مقاومت به دو عامل قارچی به‌صورت بی‌نام ≈ تیرکمان‌آبی < خزر < *E. crus-galli*≈*oryzicola* ≈ علی‌کاظمی < هاشمی ≈ سپیدرود < قاشق‌واش بود. به بیان دیگر، بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع بوته در رقم بی‌نام و علف‌هرز تیرکمان‌آبی و کم‌ترین میزان آن در دو رقم سپیدرود و هاشمی و علف‌هرز قاشق‌واش دیده شد. این نما همچنین، نشان داد که علف‌هرز تیرکمان‌آبی بیش‌ترین حساسیت را به قارچ *A. pellucida* داشت (شکل ۲- ب). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان می‌داد که کاهش ارتفاع بوته در رقم بی‌نام در مقایسه با سایر ارقام بیش‌تر بود (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های قربانی و همکاران (۲۰۰۶) با اثر قارچ *A. pellucida* روی ارتفاع بوته هم‌خوانی داشت (۱۰). نمای روابط بین ژنوتیپ‌ها و دو گونه قارچ نیز نتایج دو نمای دیگر بای‌پلات را تایید می‌کرد که نشان می‌داد خزر و بی‌نام حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به قارچ *C. lunata* و علف‌هرز تیرکمان‌آبی حساس‌ترین به قارچ *A. pellucida* بودند (شکل ۲- ج). بنابراین، از نظر صفت ارتفاع بوته، کنترل بیولوژیک علف‌هرز تیرکمان‌آبی با قارچ *A. pellucida* امکان‌پذیر است.



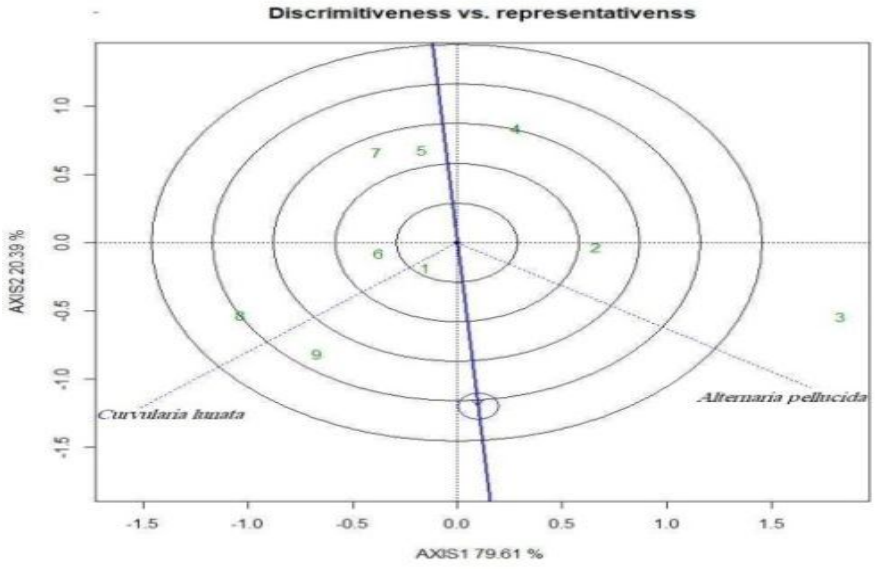
الف- چند ضلعی

a. Polygon



ب- تستر متوسط

b. Average-Tester



ج- روابط بین بیمارگر – میزبان

c. Relationships between pathogen-host

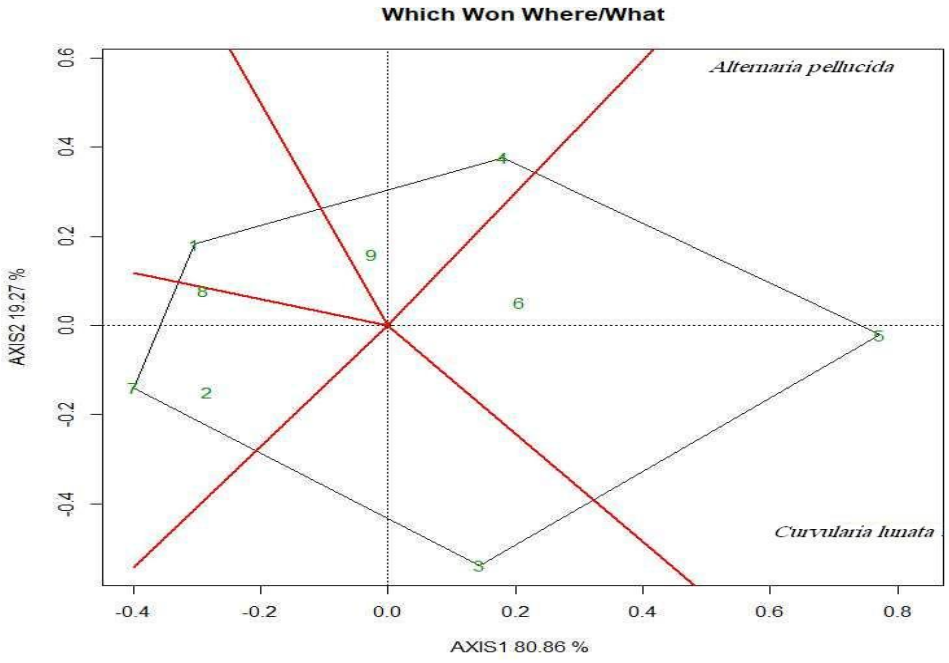
شکل ۲- نماهای مختلف بای‌پلات ژنوتیپ در بیمارگر برای بررسی الف- حساسیت و مقاومت؛ ب- رتبه و ج- برهمکنش‌های ژنوتیپ‌های میزبان به دو بیمارگر بیماری‌زا بر اساس میزان کاهش ارتفاع بوته (۱- سوروف *E. oryzicola*، ۲- سوروف *E. crus-galli*، ۳- تیرکمان‌آبی، ۴- قاشق‌واش، ۵- هاشمی، ۶- علی‌کاظمی، ۷- سپیدرود، ۸- خزر، ۹- بی‌نام).

Figure 2- Different views of host-by-pathogen biplot for evaluation of a- susceptibility and resistance, b- ATC and c- interactions of host genotypes to two fungi based on reduction in plant height (1. *E. oryzicola*, 2. *E. crus-galli*, 3. *S. trifolia*, 4. *A. plantago – aquatica*, 5. Hashemi, 6. Alikazemi, 7. Sepidroud, 8. Khazar, 9. Binam).

نمای چندضلعی بای‌پلات نشان داد که بیش‌ترین کاهش وزن تر بوته تحت **تأثیر** مایه‌زنی با بیمارگرها در رقم هاشمی و در پی آن رقم علی‌کاظمی رخ داد. در سوی مخالف دو قارچ، دو گونه علف‌هرز

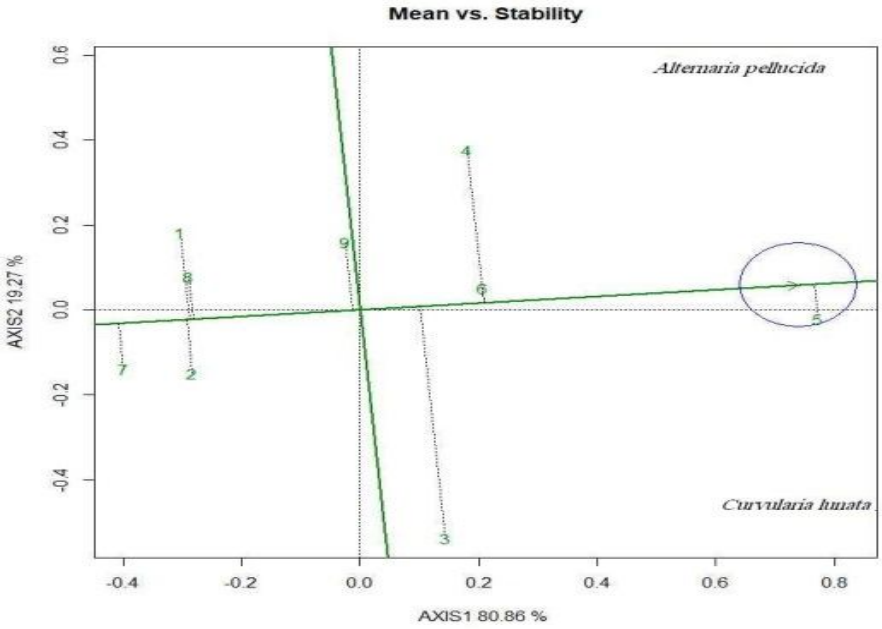
سوروف و ارقام سپیدرود و خـزر جـای داشـتند کـه نشان می‌داد کم‌ترین کاهش وزن تر بوته را داشـتند و بنابراین، بیش‌ترین مقاومت را بـه ایـن بیمـارگرهـا از خود نشان دادند (شکل ۳- الف). مقایسه میـانگین‌هـا نیز نشان می‌داد که کاهش وزن تر بوته تحت تیمار بـا *C. lunata* و *A. pellucida* در ارقام هاشمی و علی-کاظمی بالا بود (جدول ۳).

نتایج نمای تستر متوسط نیـز نشـان داد کـه رتبـه ژنوتیپ‌ها به‌صـورت هاشـمی< قاشـق‌واش ≈ علـی-کاظمی < تیرکمان‌آبی < بی‌نـام < خـزر ≈ *E. crus-galli* < سـپیدرود بـود. ایـن نمـای بای‌پلات همچنین نشان‌گر این نکته بود که علف‌هـرز تیرکمان‌آبی و رقم هاشمی از نظر صفت کـاهش وزن تر بوته حساس به قارچ *C. lunata* بودنـد. در سـوی دیگر، علف‌هرز قاشق‌واش و رقم علی‌کـاظمی بودنـد که حساس به *A. pellucida* بودند (شکل ۳- ب). بر پایه نمای روابط بین بیمارگرهـا و میزبـان، قـارچ *C. lunata* با توجه به طول بردار آن، از شـدت بیمـاری بیش‌تری نسبت به قارچ دیگر برخـوردار بـود (شـکل ۳- ج). در مجموع، بر اساس سه نمای بای‌پـلات، دو گونه علف‌هـرز سـوروف و ارقـام سـپیدرود، خـزر و بی‌نام مقاوم به هر دو قارچ بودند و سایر ژنوتیـپ‌هـا درجاتی از حساسیت به هر دو قارچ و یـا دسـت‌کـم یکی از آن‌ها را داشتند. مقایسه میانگین بین ارقام برنج و گونه‌های علف‌هرز نیز تأییدکننده این موضوع بودند (جدول ۳).



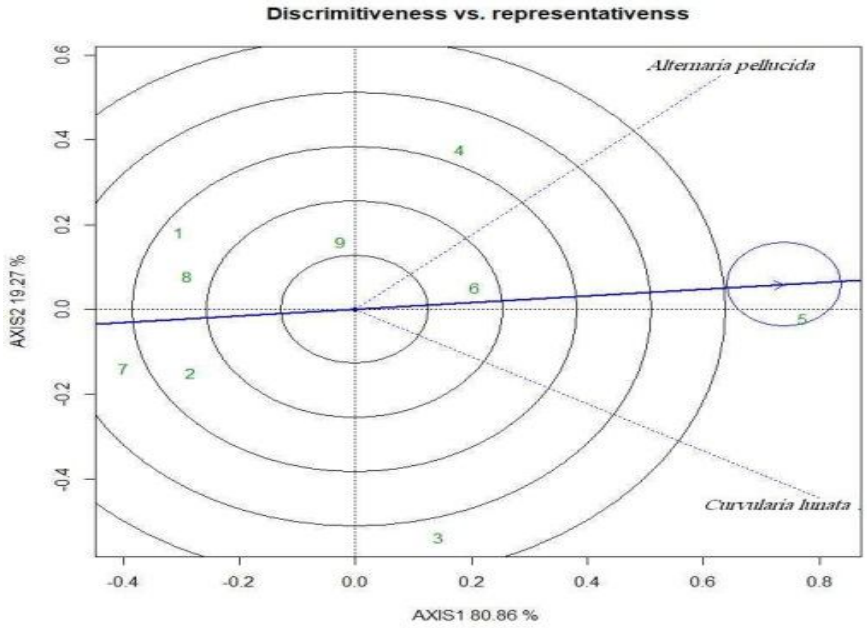
الف- چند ضلعی

a. Polygon



ب- تستر متوسط

b. Average-Tester



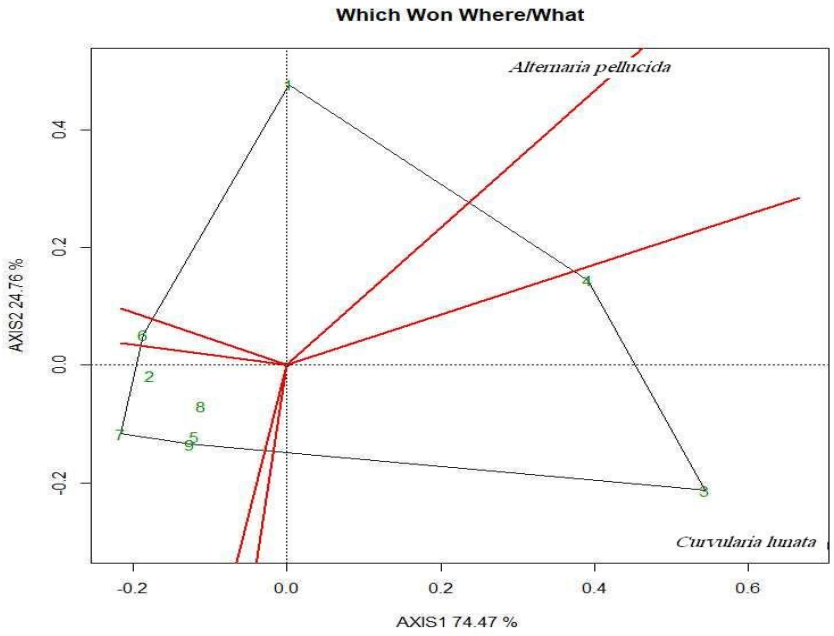
ج- روابط بین بیمارگر – میزبان

c. Relationships between pathogen-host

شکل ۳- نماهای مختلف بای‌پلات ژنوتیپ در بیمارگر برای بررسی الف- حساسیت و مقاومت؛ ب- رتبه و ج- برهم‌کنش‌های ژنوتیپ‌های میزبان به دو بیمارگر بیماری‌زا بر اساس میزان کاهش وزن تر بوته (۱- سوروف *E. oryzicola*، ۲- سوروف *E. crus-galli*، ۳- تیرکمان‌آبی، ۴- قاشق‌واش، ۵- هاشمی، ۶- علی‌کاظمی، ۷- سپیدرود، ۸- خزر، ۹- بی‌نام).

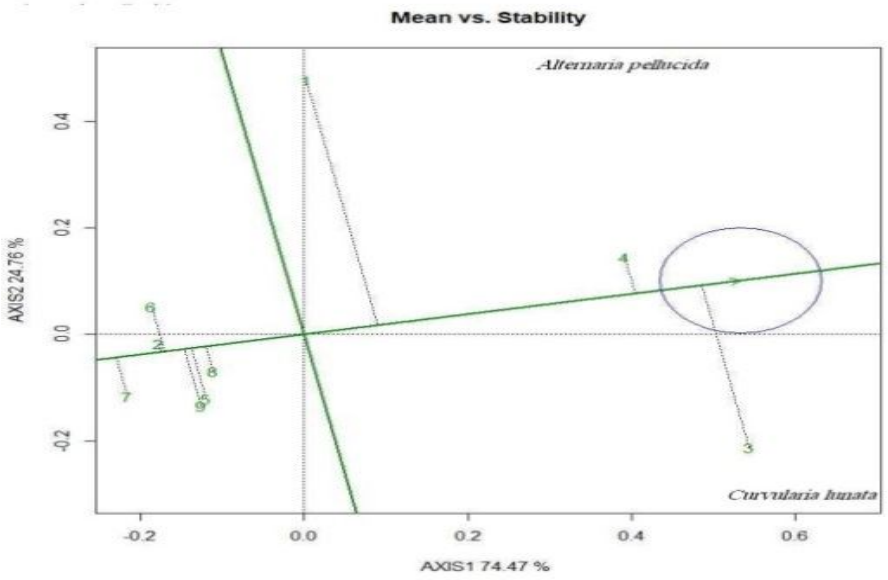
Figure 3- Different views of Host-by-pathogen biplot for evaluation of a- susceptibility and resistance, b- ATC and c- interactions of host genotypes to two funguses based on reduction in plant fresh weight (1. *E. oryzicola*, 2. *E. crus-galli*, 3. *S. trifolia*, 4. *A. plantago – aquatica*, 5. Hashemi, 6. Alikazemi, 7. Sepidroud, 8. Khazar, 9. Binam).

نمای چندضلعی بای‌پلات درباره وزن خشک بوته (شکل ۴- الف) نشان داد که علف‌های هرز *E. oryzicola*، قاشق‌واش و تیرکمان‌آبی و همچنین ارقام بی‌نام، سپیدرود و علی‌کاظمی در رأس چندضلعی بودند و بسته به جایگاه‌شان نسبت به دو قارچ، درجات بالایی از مقاومت (ارقام برنج در برابر هر دو قارچ) و حساسیت (تیرکمان‌آبی در برابر *C. lunata* و *E. oryzicola* و قاشق‌واش در برابر *A. pellucida*) را در مقابل بیمارگرها داشتند. بر اساس این نمای چندضلعی، تمام ارقام برنج و گونه سوروف *E. crus-galli* دارای کم‌ترین میزان کاهش وزن خشک بوته بودند و از نظر این شاخص، مقاومت بیش‌تری به عوامل بیماری‌زا داشتند. نمای روابط میان ژنوتیپ‌های میزبان و بیمارگر (شکل ۴-ج) نیز همین نتیجه را تأیید می‌کرد. در تطابق با این نتیجه در تحقیقی دیگر نشان داده شده بود که درصد کاهش وزن خشک سوروف *E. crus-galli* با به‌کارگیری بیمارگر سوختگی برگ یعنی *Exserohilum longirostratum* بالا بود (۱۴). همچنین، در تحقیقی دیگر نشان داده شده بود که اثر قارچ *A. alternata* بر وزن خشک علف‌هرز *Zeylanica sphenoclea* وابسته به غلظت‌های مختلف سوسپانسیون اسپور است (۱۸). نمای تستر متوسط، ترتیب ژنوتیپ‌ها را از نظر میزان کاهش وزن خشک بوته که نمادی از حساسیت به قارچ است، به‌ترتیب تیرکمان‌آبی < قاشق‌واش < *E. oryzicola* < خزر ≈ هاشمی ≈ بی‌نام < *E. crus-galli* ≈ علی‌کاظمی < سپیدرود نشان داد که بیانگر حساسیت تیرکمان‌آبی، قاشق‌واش و *E. oryzicola* به عوامل بیماری‌زا بود. این نمای بای‌پلات همچنین نشان داد که تیرکمان‌آبی به قارچ *C. lunata* حساس و به قارچ *A. alternata* مقاوم بود. در نقطه مقابل آن قاشق‌واش و *E. oryzicola* جای داشتند که به قارچ *C. lunata* مقاوم و به قارچ *A. alternata* حساس بودند (شکل ۴-ب). مقایسه میانگین‌های داده‌های اصلی هم نشان داده بود که تیرکمان‌آبی به قارچ *C. lunata* حساس بود و این قارچ می‌تواند در کنترل بیولوژیک آن به‌کار گرفته شود (جدول ۳).



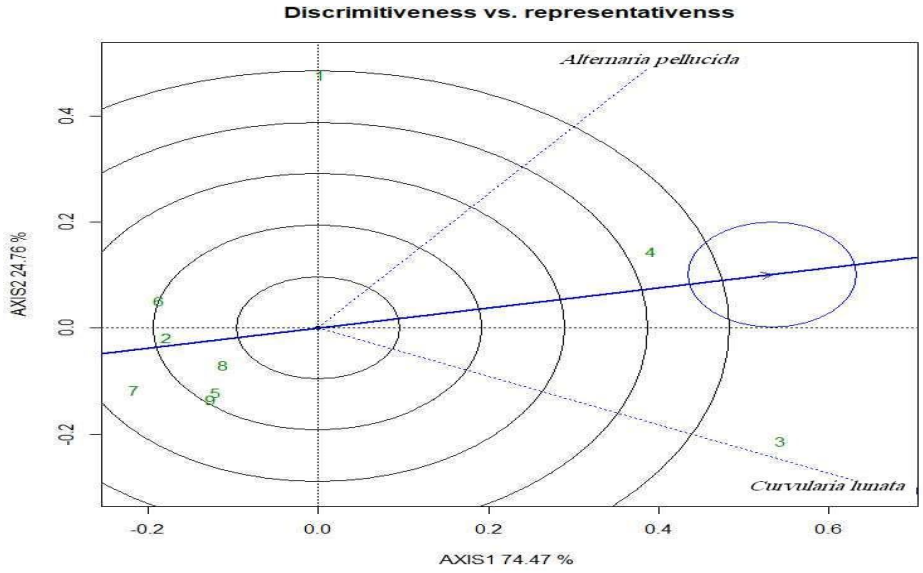
الف- چند ضلعی

a. Polygon



ب- تستر متوسط

b. Average-Tester



ج- روابط بین بیمارگر – میزبان

c. Relationships between pathogen-host

شکل ۴- نماهای مختلف بای‌پلات ژنوتیپ در بیمارگر برای بررسی الف- حساسیت و مقاومت؛ ب- رتبه و ج- برهم‌کنش‌های ژنوتیپ‌های میزبان به دو بیمارگر بیماری‌زا بر اساس کاهش وزن خشک بوته (۱- سوروف *E. oryzicola*، ۲- سوروف *E. crus-galli*، ۳- تیرکمان‌آبی، ۴- قاشق‌واش، ۵- هاشمی، ۶- علی‌کاظمی، ۷- سپیدرود، ۸- خزر، ۹- بی‌نام).

Figure 4- Different views of host-by-pathogen biplot for evaluation of a- susceptibility and resistance, b- ATC and c- interactions of host genotypes to two funguses based on reduction in plant dry weight (1. *E. oryzicola*, 2. *E. crus-galli*, 3. *S. trifolia*, 4. *A. plantago – aquatica*, 5. Hashemi, 6. Alikazemi, 7. Sepidroud, 8. Khazar, 9. Binam).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت شدت بیماری تحت **تأثیر** بیمارگرها و وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های علف‌هرز، نتیجه‌گیری نهایی بیش‌تر روی این ویژگی انجام شده است. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از شاخص شدت بیماری در این پژوهش، برای ژنوتیپ‌های علی‌کاظمی و بی‌نام می‌توان جدایه قارچی *C. lunata* را علیه گونه سوروف *E. crus-galli* و قاشق‌واش به‌کار برد و برای این دو رقم نمی‌توان با دو قارچ مطالعه شده علیه دو گونه دیگر علف‌هرز مبارزه بیولوژیک انجام داد. البته برای نتیجه‌گیری نهایی نیاز به آزمایش‌های تکمیلی است. بر پایه همین شاخص در مزارع برنج هاشمی نیز می‌توان قارچ *A. pellucida* را در برابر تیرکمان‌آبی و قارچ *C. lunata* را در برابر *E. crus-galli* و قاشق‌واش به‌کار برد. نتایج بر پایه وزن خشک هم نشان داد که برای تمام ژنوتیپ‌ها، قارچ *C. lunata* می‌تواند برای مبارزه بیولوژیک با تیرکمان‌آبی و قارچ *A. pellucida* در برابر *E. oryzicola* و *Alisma plantago – aquatica* به‌کار برده شوند. در مجموع، *C. lunata* شدت بیماری بیش‌تری نسبت به قارچ دیگر داشت و آنتاگونیست بهتری به‌ویژه علیه علف‌هرز قاشق‌واش بود.

References

1. Akçura, M., and Akan, K. 2018. Assessment of the reactions of pure lines selected from Turkish bread wheat landraces against bunt disease (*Tilletia foetida*) with the GGE-biplot method. Plant Genet. Res. 16: 4. 325-333.
2. Bayot, R.G., Watson, A.K., and Moody, K. 1992. Control of paddy weeds by plant pathogens in the Philippines. In: Proc. Int. Symp. Biological Control and Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds in Asian Natural Agricultural Research Center, Tsukuba, Japan and Food Fertilizer Technology Center, Taipei, China. Pp: 273-283.
3. Bernal, E.F., and Villardon, P.G. 2016. Package 'GGEBiplotGUI'. Available in: https://cran.r-project.org/web/packages /GGEBiplotGUI.
4. Bertrand, P.F., and Gottwald, T.R. 1986. Evaluation of fungicides for pecan disease control. P 179-181. In: K.D. Hickey (eds), Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens, APS Press.
5. Blackshaw, R.E., O'Donavan, J.T., Harker, K.N., Clayten G.W., and Stougard, R.N. 2006. Reduced herbicides doses in field crop, a review. Weed Biol. Manag. 6: 1. 10-17.
6. Boland, G. 2005. Biological control of plant diseases with fungal antagonists: challenges and opportunities. Canadian J. Plant Pathol. 12: 295-299.
7. de Luna, L.Z., Watson, A.K., and Paulitz, T.C. 2002. Reaction of rice (*Oryza sativa*) cultivars to penetration and infection by *Curvularia tuberculata* and *C. oryzae*. Plant Dis. 86: 470-476.
8. Hatami Maleki, H., and Darvishzadeh, R. 2014. Study of interactions between sunflower genotypes and black stem (*Phoma macdonaldii*) isolates using GGE biplot approach. J. Crop Protec. 3: 1. 51-57.
9. Horsfall, J.G., and Barratt, R.W. 1945. An improved grading system for measuring plant disease. Phytopathol. 35: 655.
10. Ghorbani, K., Seel, W., Rashed, M.H., and Leifert, C. 2006. Effect of plant age, temperature and humidity on virulence of *Ascochyta caulima* on common lamb *squarters* (*Chenopodium album*). Weed Sci. 5: 8. 526-531.
11. Golmohammadi, M.J., Alizadeh, H., Yaghoubi, B., and Nahvi, M. 2010a. The effect of barnyardgrass (*Echinochloa oryzicola* (Ard) Fisher) competition on rice in Guilan. J. Agroec. 2: 1. 95-102.
12. Golmohammadi, M.J., MohammadAlizadeh, H., Yaghoubi, B.,

and Nahvi, M. 2010b. Competitive effects of Early water grass (*Echinochloa oryzicola* (Ard) Fisher) and Barnyard grass (Echinochloa crusgalli (L.) Beauv) on growth period and yield of Rice (*Oryza sativa* L.). 3th Iranian Weed Science Congress. Pp: 18-21.

13. Johnson, D.R., Wyse, D.L., and Janes, K.J. 2003. Controlling weeds with phytopathogenic bacteria. Weed Tech. 10: 3. 621-624.
14. Jurami, A.S., Tasrif, A., Kadir, J., Napis, S., and Sastroutomo, S.S. 2006. Differential susceptibility of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*) ecotypes to *Exserohilum longirostratum*. Weed Biol. Manag. 6: 3. 125-130.
15. Li, J., Wei, T., Sun, A., and Ni, H. 2013. Evaluation of *Curvularia lunata* strain B6 as a potential Mycoherbicide to control barnydr grass (*Echinochloa crus-galli*). J. Integ. Agric. 12: 7. 1201-1207.
16. Lindquist, J.L. and Kropff, M.J. 1998. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) and *Echinochl*oa competition. *Weed Sci.* 3: 44. 52-56.
17. Marol, A.M., and Baroet, P.S. 2004. Weed management methods in UK, Philippine University of London Publication. Pp: 12-18
18. Masangkay, R.F., Paulitz, C., Hallett, G., and Watson, K. 2000. Factors influencing biological control of *Sphenoclea zylanica with Alternaria alternata*. Plant Dis. 83: 1019-1029.
19. Mohammad Sharifi, M. 2001. Practical guide to weed rice farms. Ministry of Jihad Agricultural Promotion Publications. First Edition, 114 p.
20. Montazeri, M., Mojaradi, M. and Rahimian Mashhadi, H. 2006. Influence of adjuvants on spore germination, desiccation tolerance and virulence of *Fusarium anthophilum* on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Pakistan J. Weed Sci. Res. 12: 1-2. 89-97.
21. Mpofu, L.T. and McLaren, N.W. 2014. Ergosterol concentration and variability in genotype-by-pathogen interaction for grain mold resistance in sorghum. Planta. 240: 2. 239-250.
22. Mudge, C.R., Webster, E.P., Leon, C.T., and Zhang, W. 2005. Rice *(Oryza sativa)* cultivar tolerance to clomazone in water-seeded. Weed Tech. 19: 4. 907-911.
23. Onyeka, T.J., Ekpo, E.J.A., and Dixon A.G.O. 2005. Virulence and host–pathogen interaction of *Botryodiplodia theobromae* isolates of cassava root rot disease. J. Phytopath. 153: 726-729.
24. Peng, G., Bayer, K.N., and Baily, K.L. 2004. *Pyricularia setaria* potential bioherbicide agent for control of green foxtail. Weed Sci. 2: 52. 105-114.
25. Praveena, R., and Nasecma, A. 2004. Fungi occurring on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Kerala. J. Trop. Agric. 3: 42. 21-33.
26. Safari Motlagh, M.R. 2011a. Evaluation of *Curvularia lunata* as an biological control agent in major weeds of rice paddies. Life Sci. J. 8: 2. 81-91.
27. Safari Motlagh, M.R. 2011b. Reaction of major weeds and some rice cultivars to *Alternaria pellucida*- a potential biocontrol agent. Plant Omics J. 4: 3. 163-168.
28. Safari Motlagh, M.R. 2015. Comparison of pathogencity of *Alternaria pellucida* and *Curvularia lunata* on weed *Echinochloa* species. J. Env. Biol. 36: 4. 963-967.
29. Safari Motlagh, M.R., Padasht Dehkaee, F., and Hedjaroude, Gh. 2005. Rice brown spot disease in Guilan province and the study of the reaction of some cultivars to the disease. J. Crop Prod. Proc. 9: 20. 171-182. (In Persian)
30. Safari Motlagh, M.R., Javadzadeh Haghighat, S.A., Rashidi, V., and Yaghoobi, B. 2011. Response of some rice cultivars to *Curvularia lunata* in Guilan province. J. Biol. Sci. 5: 4. 59-66.
31. Safari Motlagh, M.R., and Sharifi, P. 2019. Pathogenicity of *Fusarium equiseti* and *Colletotrichum graminicola* on barnyardgrass and rice genotypes by biplot analysis. Cereal Research. 9: 1. 27-41. (In Persian)

32. Sharifi, P. 2020. Application of multivariate analysis methods in agricultural sciences. Rasht branch, Islamic Azad University press, IR. (In Persian)
33. Tosiah, S., Kadir, J., Sariah, M., Juraimi, A.S., Lo, N.P., and Soetikno, S. 2009. Survey and evaluation of native fungal pathogens for biocontrol of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* complex). J. Tropic. Agric. Food Sci. 37: 1. 119-128.
34. Tsukamoto, H., Gohbara, M., Tusuda M., and Fujimor, A. 1998. Evaluation of fungal pathogen as biological control agent for the paddy weed. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 63: 366-372.
35. Vasilacogl, I.D., Leftcherohorinos, I.G., and Phoima, K.V. 2000. Propanil-resistance barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) biotype found in Greece. Weed Technol. 14: 3. 524-529.
36. Yan, W., and Falk, D.E. 2002. Biplot analysis of host-by-pathogen interaction. Plant Dis. 86: 1396-1401.
37. Yan, W., and Kang, M.S. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. Available in: http://www.crcpress.com/product/isbn/9780849313387.
38. Zand, A., Baghestani, M. A., Bitarafan, M., and Shimi, P. 2007. Handbook of registered herbicides in Iran with management approach to weed resistance to herbicides. Academic Jihad Publications of Mashhad, First Edition, 68 p.
39. Zhang, W., Moody, K., and Watson, A.K. 1996. Responses of *Echinochloa* species and rice (*Oryza sativa*) to indigenous pathogenic fungi. Plant Dis. 80: 1053-1058.
40. Zhang, Z.B., Burgos, N.R., Zhang, J.P., and Yu, L.Q. 2007. Biological control agent for rice weeds from protoplast fusion between *Curvularia lunata* and *Helminthosporium gramineum*. Weed Sci. 55: 6. 599-605.