Archive of SID
doi: 10.22124/c.2019.12655.1469

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
دوره نهم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۸ (۴۱-۲۷)

# بررسی بیماری‌زایی *Fusarium equiseti* و *Colletotrichum graminicola* بر دو گونه سوروف و پنج رقم برنج به‌روش بای‌پلات

محمدرضا صفری مطلق[1*] و پیمان شریفی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۴

**چکیده**

سوروف (*Echinochloa* spp.) از زیان‌بارترین علف‌های هرز در مزارع برنج است. قارچ‌های مختلف نقش مهمی در کنترل زیستی علف‌های هرز، به‌ویژه سوروف در مزارع برنج دارند. در این تحقیق، قارچ‌های *Fusarium equiseti* و *Colletotrichum graminicola* از دو گونه سوروف *E. oryzicola* و *E. crus-galli* جداسازی و سپس اثر بیماری‌زایی آن‌ها بر این دو گونه علف هرز و پنج رقم برنج در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. مایه‌زنی ژنوتیپ‌ها با این‌دو قارچ با استفاده از سوسپانسیون اسپور قارچ شامل $10^6$ اسپور در میلی‌لیتر آب مقطر استریل انجام شد. به‌منظور بررسی میزان بیماری‌زایی قارچ‌ها (به‌عنوان پاتوژن) روی ژنوتیپ‌ها و آسان‌ترشدن تجسم هم‌زمان روابط پاتوژن‌ها و ژنوتیپ‌ها از بای‌پلات ژنوتیپ در میزبان استفاده شد. نتایج تجزیه داده‌ها اثر معنی‌دار عامل بیماری‌زا را بر شدت بیماری و کاهش صفات وزن خشک، وزن تر و ارتفاع گیاهچه‌های برنج نشان داد. تجزیه بای‌پلات نیز برهمکنش قابل تمایز بین پاتوژن‌ها و ژنوتیپ‌های سوروف و برنج را از نظر صفات مورد مطالعه نشان داد. نمای تستر متوسط بای‌پلات نشان داد که از نظر شدت بیماری، سپیدرود و بینام به‌ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در مقابل این‌دو قارچ بودند. نمای روابط بای‌پلات نیز نشان داد که شدت بیماری با کاهش وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبت بیش‌تری داشت. رقم هاشمی با توجه به نزدیکی به مبدأ بای‌پلات، دارای مقاومت افقی در برابر دو قارچ مورد بررسی بود و می‌توان از کنترل زیستی این‌دو قارچ علیه سوروف در مزارع کاشت آن استفاده کرد. در مجموع، نتایج این تحقیق بر اساس شدت بیماری نشان داد که قارچ *C. graminicola* آثار آنتاگونیستی بیش‌تری در مقایسه با قارچ *F. equiseti* به‌ویژه بر گونه *E. crus-galli* داشت.

**واژه‌های کلیدی:** بای‌پلات GGE، برهمکنش ژنوتیپ و میزبان، شدت بیماری، علف هرز، قارچ

۱- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
* نویسنده مسئول: safarimotlagh@iaurasht.ac.ir


www.SID.ir

Archive of SID

**مقدمه**

علف‌هرز سوروف، متعلق به جنس *Echinochloa*، شامل ۵۰ گونه از علف‌های چمنی یک یا چندساله است که اغلب زمین‌های کشت شده توسط انسان و برخوردار از منبع تأمین رطوبت مطمئن (آب آبیاری) را سریعاً اشغال می‌کند و به‌صورت یک علف‌هرز جدی ظاهر می‌شود. در بین گونه‌های این جنس، *E. crus-galli* از بیش‌ترین دامنه پراکنش برخوردار است و از نظر خسارت مالی دارای اهمیت زیادی است. این گونه در بین عرض‌های ۵۰ درجه شمالی و ۴۰ درجه جنوبی می‌روید و در ۶۱ کشور دنیا به‌عنوان علف هرز ۳۶ نوع از گیاهان زراعی مختلف شناخته شده است (Safari Motlagh, 2017). الگوهای تنوع فنوتیپی در گونه‌های مختلف سوروف در مزارع برنج، به دلیل چندشکلی‌های مورفولوژیک، تغییرپذیری فنوتیپی و خودباروری، بسیار پیچیده است که منشأ سردرگمی‌های زیادی برای متخصصان کنترل علف‌هرز بوده است (Barrett, 1983).

روش‌های مختلفی برای کنترل علف‌های هرز از جمله سوروف‌ها استفاده شده است و مؤثرترین روش، استفاده از علف‌کش‌ها می‌باشد. دو اشکال عمده کاربرد علف‌کش‌ها، افزایش گسترده تحمل نسبت به علف‌کش‌ها در جوامع علف‌هرز و نیز دشواری ریشه‌کنی نژادهای علف هرز خویشاوند گیاهان زراعی است که از جمله می‌توان بروز مقاومت در مقابل علف‌کش‌هایی هم‌چون گلایفوسیت و گلوفوسینت را نام برد و نیز مشخص شد که علف‌های هرزی که در معرض علف‌کش تریالیت قرار داشتند، نسبت به سایر علف‌کش‌ها (دیکلوفوپ و تریفلورالین) با ساختارهای شیمیایی متفاوت نیز متحمل بودند (Fryer and Chancellor, 1970). بنابراین با توجه به این تبعات، به‌کارگیری روش‌های کنترل زیستی علف‌های هرز از اهمیت زیادی برخوردار است.

استفاده از عوامل بیماری‌زای گیاهی از جمله قارچ‌ها به دلیل عملکرد اختصاصی روی میزبان و نیز تولید ارزان‌تر نسبت به حشرات (به‌استثنای پارازیت‌های اجباری) بسیار مفید و مقرون به‌صرفه است. در این راستا، قارچ‌هایی مانند *Cochliobolus sativus*، *Drechslera monoceras* و *Exserohilum monoceras* به‌عنوان عوامل بالقوه کنترل زیستی *E. crus-galli* گزارش شده‌اند (Huang *et al.*, 2001). به‌کارگیری پاتوژن‌های قارچی به‌عنوان علف‌کش‌های قارچی روی *Echinochloa crus-galli* و *E. colona* در ویتنام متداول است و مشخص شده که قارچ‌هایی مانند *Exserohilum monocerus* در کنترل این علف هرز نقش مهمی داشته‌اند (Hoang, 2002). اکوتیپ‌های سوروف *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* جمع‌آوری شده از چندین مکان در مالزی و اندونزی، از جهت تنوع در حساسیت‌شان به پاتوژن سوختگی برگ *Exserohilum longirostratum*، آزمایش شدند و نشان داده شد که گیاهان تلقیح‌شده با کنیدی‌ها و در معرض دوره‌های ۲۴ ساعته رطوبت، به شدت آلوده شده و درصد کاهش وزن خشک اکوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Jurami *et al.*, 2006). همچنین مشخص شده است که فعالیت علف‌کشی *Exserohilum monoceras* در مقابل نشاهای جوان *Echinochloa oryzicola*، با افزایش عمق و دوام غرقاب افزایش یافت (Tsukamoto *et al.*, 1998). قارچ *Exseroilum monoceras*، با تولید فیتوتوکسین‌های از نظر زیستی فعال در مقابل گونه‌های سوروف، سبب سوختگی برگ در گونه‌های *Echinochloa* می‌شود. توکسین‌های I و Π جدا شده از کشت خالص قارچ و تلقیح‌شده به گیاه، در غیاب پاتوژن علائمی مشابه علائم ایجاد شده به‌وسیله کنیدی‌های *E. monoceras* ایجاد کردند (Zhang and Watson, 2000). همچنین در آزمایشی نشان داده شد که در گلخانه و شرایط آزمایشی کنترل شده، توسعه بیماری و مرگ گونه‌های علف هرز سوروف *Echinochloa crus-galli*، *E. colona* و *E. glabrescens*، به وسیله *Exserohilum monoceras*، تحت تأثیر دوام، فراوانی و زمان دوره رطوبت قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در شرایط مساعد، ۱۰۰ درصد مرگ برای هر سه گونه سوروف فراهم می‌آید (Zhang and Watson, 1997). در تحقیقی دیگر، شش گونه قارچ بیماری‌زا، از گونه‌های آلوده سوروف جدا شده و به‌عنوان عوامل کنترل‌کننده گونه‌های *Echinochloa* در برنج، مورد ارزیابی قرار گرفتند و مشاهده شد که *Curvularia lunata* var.*aeria* و *Exserohilum oryzae* روی برنج و گونه‌های سوروف، بیماری‌زا بودند، در حالی‌که *Curvularia sacchari*، *Bipolaris geniculata*، *Dactylaria dimorphospora* و *Exserohilum monoceras* فقط روی گونه‌های سوروف بیماری‌زا بودند و روی برنج بیماری‌زایی نداشتند (Zhang and Watson, 1997). همچنین گزارش شده است که

www.SID.ir

Archive of SID

*Drechslera monoceras* var. *microsporus*، از میکروارگانیسم‌هایی است که آثار علف‌کشی در مقابل واریته‌هایی از سوروف حتی در دمای پایین‌تر از ۱۵ درجه سلسیوس نشان داد، اما هیچ تأثیری روی کشت محصولات زراعی مانند برنج نداشت (Kadir *et al.*, 2008). همچنین مشخص شده است که جدایه‌هایی از *Colletotrichum graminicola*، علایم آنتراکنوز روی سوروف نشان دادند و این قارچ به‌عنوان یک عامل کنترل زیستی، بیماری‌زایی بالایی روی دو واریته از سوروف در دامنه وسیعی از مراحل رشدی (به‌ویژه در مراحل سه و چهار برگی) نشان داد (Yang *et al.*, 2000). همچنین تأثیر مواد مختلفی مانند روغن نارگیل سفید، دی‌اتانول‌آمین و ولک در افزایش میزان جذب سطحی روی جوانه‌زدن اسپور، تحمل و ویرولانس *Fusarium anthophilum* روی *E. crus-galli* مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شد که این مواد به‌طور معنی‌داری در مقایسه با آب، شدت بیماری را افزایش می‌دهند (Montazeri *et al.*, 2006). مطالعات دیگری هم به‌ویژه در استان گیلان در مورد کنترل زیستی علف هرز سوروف به‌وسیله قارچ‌های مختلفی مانند *Epicoccum purpurascens* و *Fusarium equiseti* انجام و مشخص شد که این قارچ‌ها روی سوروف بیماری‌زا بودند و باعث کاهش جوانه‌زنی بذرهای آن می‌شوند (Safari Motlagh, 2011a, b).

برای ارزیابی جدول‌های پاتوژن در میزبان، علاوه بر روش‌های رایج شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها، می‌توان از روش بای‌پلات استفاده کرد که در آن ژنوتیپ‌ها (میزبان‌ها) در ردیف‌ها و پاتوژن‌ها در ستون‌ها جای داده می‌شوند. برای ارزیابی میزبان از نظر مقاومت افقی و عمودی و ارزیابی سویه‌های پاتوژن از نظر بیماری‌زایی، از نماهای مختلف بای‌پلات استفاده می‌شود. این روش برای اول بار توسط، یان و فالک (Yan and Falk, 2002) ابداع شد. ایشان اظهار داشتند که اصلاح مؤثر برای مقاومت به بیماری‌ها به فهم روابط بین پاتوژن و میزبان ارتباط دارد. از آنجا که به‌دست آوردن چنین اطلاعاتی، به‌ویژه در داده‌های بزرگ و با روابط پیچیده ژنوتیپ و میزبان می‌تواند مشکل و گمراه‌کننده باشد، روش GGE بای‌پلات ژنوتیپ در میزبان ارایه شد که تجزیه مشاهده‌ای داده‌های پاتوژن در میزبان را ارایه می‌کند (Yan and Falk, 2002). GGE بای‌پلات، مخفف اثر اصلی ژنوتیپ (G) به‌اضافه برهمکنش ژنوتیپ در محیط (GE) است که در مورد ارزیابی ژنوتیپ پاتوژن در جدایه‌های میزبان به مفهوم برهمکنش میزبان در پاتوژن است. این روش ژنوتیپ‌های میزبان و جدایه‌های پاتوژن را در یک نمودار پراکندگی نشان می‌دهد که در آن هر ژنوتیپ و یا پاتوژن به‌عنوان یک نقطه با توجه به نمره‌های آن‌ها از نظر دو مؤلفه اصلی اول و دوم در یک نمودار مختصات ترسیم می‌شوند. در این روش دسته‌ای از پاتوژن‌ها و دسته‌ای از ژنوتیپ‌های میزبان را هم‌زمان می‌توان بررسی کرد. مطالعات اندکی در این زمینه انجام شده است، از جمله اون‌یکا و همکاران (Onyeka *et al.*, 2005) ۸۴ جدایه قارچ *Botryodiplodia theobromae* را از ریشه‌های پوسیده گیاه کاساوا جدا و سپس بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از این جدایه‌های قارچی را در چهار ژنوتیپ کاساوا (شامل سه ژنوتیپ اصلاح‌شده و یک توده بومی) ارزیابی کردند. تجزیه داده‌ها با استفاده از روش بای‌پلات، تنوع قابل ملاحظه‌ای را در قدرت تهاجمی جدایه‌های قارچ نشان داد.

هدف از تحقیق حاضر بررسی واکنش دو گونه از علف هرز سوروف و پنج رقم مختلف از برنج در مقابل دو قارچ *Fusarium equiseti* و *Colletotrichum graminicola* با استفاده از روش GGE بای‌پلات بود تا بتوان این قارچ‌ها را به‌عنوان عامل کنترل زیستی این علف هرز معرفی کرد.

## مواد و روش‌ها

### جداسازی، خالص‌سازی، نگهداری و شناسایی جدایه‌های قارچی

برگ‌های علف هرز سوروف با علائم بیماری از شالیزارهای استان گیلان جمع‌آوری شد، سپس هر یک از آن‌ها به قطعات کوچک‌تر بریده و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها با محلول کلراکس ۱۰ درصد ضد عفونی و بعد از شستشو با آب مقطر استریل، به‌مدت سه تا چهار روز روی محیط سیب‌زمینی-دکستروز-آگار (PDA) درون تشتک‌های پتری در دمای ۲۸ درجه سلسیوس در انکوباتور قرار داده شد و سپس برای تولید اسپور به محیط آب- آگار (WA) منتقل شد. سپس تشتک‌های پتری در انکوباتور در یک تناوب نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی برای مدت ۶ تا ۱۰ روز قرار گرفتند (Zhang *et al.*, 1996). پرگنه‌های قارچی تک‌اسپور شدند و سپس هر پرگنه خالص قارچ روی کاغذ صافی استریل رشد کرد. در ادامه قطعات کاغذ صافی در میکروتیوب‌های کوچک استریل در دمای۲۰- درجه سلسیوس در فریزر نگهداری شدند

www.SID.ir

Archive of SID

(Safari Motlagh and Kaviani, 2008). مطالعات مورفولوژیک روی محیط‌های کشت PDA و WA انجام شد. برش‌هایی از پرگنه‌های قارچی برای دو تا سه روز روی PDA قرار داده شدند. آن‌گاه قطعاتی از پرگنه‌های رشد کرده به محیط کشت WA انتقال یافتند و به‌مدت ۷ تا ۱۰ روز در انکوباتور در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد و تناوب نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند. به‌دنبال آن، شناسایی بر پایه مورفولوژی پرگنه، کنیدیوم و کنیدیوفور و دیگر ویژگی‌های مورفولوژیک و با استفاده از کلیدهای معتبر انجام شد.

**آزمایش بیماری‌زایی و واکنش ارقام در گلخانه**

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار (پنج رقم برنج شامل سه رقم بومی هاشمی، علی‌کاظمی و بینام و دو رقم اصلاح‌شده خزر و سپیدرود و دو گونه سوروف *E. oryzicola* و *E. crus-galli*) و با سه تکرار (هر تکرار شامل یک گلدان) انجام شد. ابتدا بذرهای برنج و سوروف جوانه‌دار شدند و سپس در گلدان‌هایی با قطر ۲/۵ سانتی‌متر و بدون زهکش که با خاک مزرعه برنج (جدول ۱) پرشده بودند، کاشته شدند.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Results of soil analysis of the experimental field

| pH | Electrical conductivity (dS/m) | Organic material (%) | Total N (%) | Absorbable P (ppm) | Absorbable K (ppm) | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7.31 | 0.88 | 1.20 | 0.09 | 6.2 | 195 | 39 | 47 | 14 |

پس از این‌که گیاهچه‌ها به مرحله سه تا چهار برگی رسیدند، عمل تنک‌کردن انجام شد و در همه گلدان‌ها چهار بوته باقی ماند. در این هنگام به هر گلدان، ۲- ۱/۵ گرم کود اوره برای افزایش رشد رویشی اضافه شد. در این مرحله مایه‌زنی با *Fusarium equiseti* و *Colletotrichum graminicola* با سوسپانسیون اسپوری شامل ۱۰۶ اسپور در میلی‌لیتر آب مقطر استریل انجام شد. برای افزایش جذب سطحی، توئین-۲۰ به نسبت یک درصد به‌کار رفت. برای هر تیمار یک شاهد در نظر گرفته شد (Zhang *et al.*, 1996). گلدان‌ها در دمای ۳۰-۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۲۲-۲۷ درجه سلسیوس در شب با تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی و رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد قرار گرفتند. 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 با کیسه‌های پلاستیکی برای مدت ۴۸ ساعت پوشانده شدند (Ghorbani *et al.*, 2006). برای شمارش اسپورها از هماسیتومتر استفاده شد. ارزیابی هفت روز پس از مایه‌زنی انجام گرفت. این ارزیابی بر پایه تیپ و اندازه زخم در واکنش گیاه به مایه‌زنی بود. برای ارزیابی از روش هورسفال و بارات (Horsfall and Barratt, 1945) استفاده شد. سپس شدت بیماری بر اساس مقیاس صفر تا سه محاسبه شد (Bertrand and Gottwald, 1997)، به‌طوری‌که عدد صفر= بدون زخم، ۱= زخم‌های کوچک و غیربسط‌یافته، ۲= زخم‌های کمی تا متوسط بسط‌یافته و ۳= زخم‌های بزرگ در نظر گرفته شد. بر این اساس، شدت بیماری (DR=Disease Rating) با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد (Zhang *et al.*, 1996):

$$DR = \frac{(N_1 \times 1) + (N_2 \times 2) + ... + (N_t \times t)}{N_1 + N_2 + ... + N_t} \quad (۱)$$

که در آن، N تعداد برگ‌ها در هر یک از مقیاس‌های چهارگانه فوق و t تعداد تیمارها می‌باشند. برای هر تیمار (پنج رقم برنج و دو گونه سوروف)، علاوه بر مایه‌زنی با دو قارچ یک شاهد بدون بیماری‌زایی نیز در هر تکرار در نظر گرفته شد.

**اندازه‌گیری زیست‌توده و ارتفاع گیاه**

برای اندازه‌گیری این صفات، ارقام برنج و گونه‌های سوروف مایه‌زنی‌شده به‌همراه شاهد به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس بوته‌ها از سطح خاک بریده شده و با ترازوی الکتریکی وزن شدند. این وزن به‌عنوان وزن تر ثبت شد. سپس ارتفاع گیاهان تیمارشده و شاهد اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری ارتفاع، هر کدام از بوته‌ها به‌طور جداگانه داخل پاکت قرار گرفتند و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۹۰-۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از خروج از آون، هر یک از بوته‌ها دوباره وزن شدند. این وزن به‌عنوان وزن خشک ثبت شد.

www.SID.ir

Archive of SID

صفات مورفولوژیک در ارقام برنج و گونه‌های سوروف اندازه‌گیری شد و میزان کاهش این صفات در مقایسه با شاهد بدون بیماری‌زایی به‌عنوان شاخصی از تحمل و یا حساسیت در نظر گرفته شد. به‌این ترتیب، اعداد بزرگ‌تر این شاخص نشان‌دهنده کاهش بیش‌تر صفت در ژنوتیپ موردنظر و بیانگر حساس بودن آن ژنوتیپ بود. در ارتباط با شدت بیماری نیز اعداد بزرگ‌تر حاکی از حساسیت بیش‌تر آن ژنوتیپ بود.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها**

پس از یادداشت‌برداری و آزمون نرمال‌بودن داده‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver 17.0، تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار GGE Biplot ver 4.1 (Yan, 2001) انجام شد. مدل آماری تجزیه بای‌پلات بر اساس رابطه (۲) انجام شد (Yan and Falk, 2002):

$$Y_{ij} - \alpha_i = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \qquad (۲)$$

که در این رابطه، $Y_{ij}$ شدت بیماری (یا سایر صفات اندزه‌گیری‌شده) از ژنوتیپ میزبان $i$ (۱ تا ۷) برای استرین پاتوژن $j$ (۱ تا ۲)، $\alpha_i$ میانگین شدت بیماری ژنوتیپ $i$ در تمام پاتوژن‌ها، $\lambda_1$ و $\lambda_2$ به‌ترتیب مقدار مشخصه مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، $\xi_{i1}$ و $\xi_{i2}$ به‌ترتیب بردار مشخصه مؤلفه‌های اصلی اول ($PC_1$) و دوم ($PC2$) برای ژنوتیپ $i$، $\tau_{j1}$ و $\tau_{j2}$ به‌ترتیب بردار مشخصه مؤلفه اصلی اول ($PC_1$) و دوم ($PC_2$) برای جدایه پاتوژن $j$ و $\varepsilon_{ij}$، باقیمانده مربوط به هر ترکیب ژنوتیپ-جدایه که توسط مؤلفه اصلی اول و دوم توجیه نشده است.

**نتایج و بحث**

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار عامل بیماری‌زا بر شدت بیماری و کاهش سه صفت مورفولوژیک وزن خشک بوته، وزن تر بوته و ارتفاع گیاهچه‌های برنج بود. بنابراین برای تشخیص ژنوتیپ‌های برنج و گونه‌های سوروف حساس و مقاوم به دو قارچ *Fusarium equiseti* و *Colletotrichum graminicola* از تجزیه بای‌پلات استفاده شد.

**بای‌پلات**

**ارزیابی بر اساس رتبه‌بندی شدت بیماری**

تجزیه بای‌پلات بر اساس شدت بیماری نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول (۸۶/۲ درصد) و دوم (۱۳/۸ درصد) در مجموع ۱۰۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. دلیل توجیه صد درصد تغییرات توسط دو مؤلفه اصلی اول و دوم این است که در اینجا فقط اثر دو قارچ در مقابل هفت ژنوتیپ بررسی شده است و در نتیجه با توجه به اینکه هدف تجزیه مؤلفه‌های اصلی فشرده‌سازی داده‌ها با حفظ اطلاعات مهم می‌باشد، در اینجا فقط دو مؤلفه می‌تواند محاسبه شود. از طرف دیگر، بای‌پلات دنبال ترسیم واکنش ژنوتیپ‌ها در مقابل دو قارچ در یک فضای دوبعدی است که با توجه به تبیین صد درصد تغییرات توسط دو مؤلفه این هدف به‌نحو کامل برآورد شد. در پژوهش یان و فالک (Yan and Falk, 2002) نیز ۹۴ درصد از تغییرات توسط دو مؤلفه اصلی اول و دوم توجیه شد و آن‌ها از بای‌پلات برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ-میزبان استفاده کردند. نمای چندضلعی بای‌پلات نشان داد که ارقام خزر، سپیدرود، علی‌کاظمی و بینام در رأس چندضلعی و در دورترین فاصله از مبدأ بای‌پلات قرار داشتند و حساس‌ترین یا مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها به یکی یا هر دو قارچ بودند (شکل ۱). رقم هاشمی و دو گونه سوروف درون چندضلعی واقع شدند. رقم واقع در رأس هر کدام از اضلاع، بیش‌ترین مقدار حساسیت را به قارچ واقع در آن بخش چندضلعی نشان می‌دهد (Yan and Falk, 2002). بر این اساس ارقام سپیدرود و علی‌کاظمی حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به دو قارچ *C. graminicola* و *F. equiseti* بودند. سایر ارقام و همچنین دو گونه سوروف حساسیت کم‌تر و یا مقاومت بیش‌تری در برابر این قارچ‌ها داشتند.

از آنجا که پاسخ ژنوتیپ‌ها به شدت بیماری طوری نمره‌دهی شده است که در آن مقادیر بزرگتر (۳: زخم‌های بزرگ در گیاه) حساسیت بیش‌تر را نشان می‌دهند و مقادیر کوچک‌تر (صفر: بدون زخم) بیانگر حساسیت کم‌تر هستند، از این‌رو شکل (۱) برای مقایسه حساسیت ژنوتیپ‌ها مناسب است، اما برای مقایسه مقاومت بین ژنوتیپ‌ها می‌توان در نرم‌افزار بای‌پلات در منوی *Subsets* روی الگوی Reverse sign of all testers کلیک کرد که در این‌صورت شکل جدیدی ارایه می‌شود که برای ارزیابی مقاومت بین لاین‌ها مناسب‌تر خواهد بود (Yan and Kang, 2003). در این نمای بای‌پلات برخلاف نمای مستقیم، ژنوتیپ رأسی به پاتوژن نزدیک خود و یا درون آن بخش چندضلعی، مقاومت و به پاتوژن‌های واقع در سایر بخش‌ها حساسیت نشان می‌دهد. بر این اساس، *E. crus-galli* به *F. equiseti* و *E. oryzicola* به

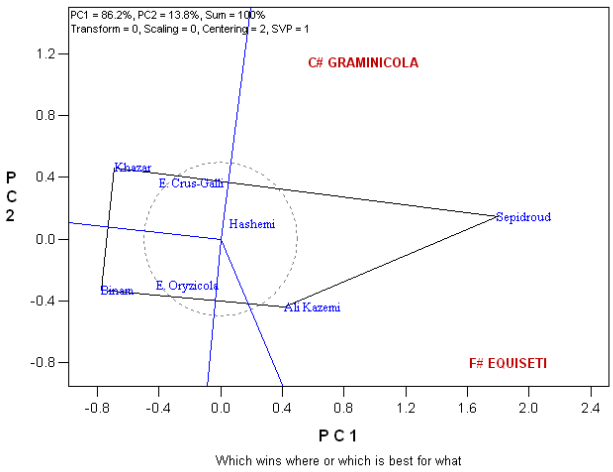
www.SID.ir

Archive of SID

*C. graminicola* مقاومت داشتند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بر اساس این نمای بای‌پلات ارقام سپیدرود و علی‌کاظمی نیز به هر دو قارچ حساس بودند و بنابراین در مزارع این دو رقم برنج، امکان کنترل زیستی دو گونه سوروف *E. oryzicola* و *E. crus-galli* وجود ندارد، به‌عبارت دیگر با توجه به حساسیت ارقام سپیدرود و علی‌کاظمی به این‌دو قارچ، نمی‌توان از این قارچ‌ها برای کنترل زیستی علف‌های هرز در مزارع مربوط به این‌دو رقم برنج استفاده کرد. از طرف دیگر، رقم خزر و گونه *E. crus-galli* که نزدیک آن قرار داشت، مقاومت بیش‌تری به *F. equiseti* و رقم بینام و گونه *E. oryzicola* مقاومت بیش‌تری به *C. graminicola* نشان دادند. به‌عبارت دیگر، در مزارع برنج خزر می‌توان از قارچ *F. equiseti* برای کنترل زیستی *E. oryzicola* و در مزارع برنج بینام از قارچ *C. graminicola* برای کنترل زیستی *E. crus-galli* استفاده و با این روش مزرعه را در مقابل حداقل یکی از گونه‌های علف هرز محافظت کرد (شکل ۲). در تطابق با این نتیجه، قارچ‌های دیگری مانند *Cochliobolus sativus*، *Drechslera monoceras* و *Exserohilum monoceras* نیز به‌عنوان عوامل بالقوه کنترل زیستی *E. crus-galli* معرفی شده‌اند (Huang *et al.*, 2001).

در تأیید نتایج حاصل از بای‌پلات، ارزیابی داده‌های اصلی با استفاده از روش مقایسه میانگین‌ها (Safari Motlagh, 2017) نیز نشان داد که شدت بیماری ایجاد شده توسط *F. equiseti* بر *E. oryzicola* نسبت به *C. graminicola* بیش‌تر بود، اما شدت بیماری ایجاد شده توسط *C. graminicola* بر *E. crus-galli* بیش‌تر از آن چیزی بود که توسط *F. equiseti* ایجاد شد. متوسط شدت بیماری ایجاد شده بر گونه‌های سوروف توسط *F. equiseti* بیش‌تر از *C. graminicola* بود. از نظر شدت بیماری، ارقام مورد مطالعه واکنش معنی‌داری به *F. equiseti* داشتند و بر این اساس سپیدرود، به‌شدت حساس و خزر مقاوم به این قارچ بود. ارقام برنج به *C. graminicola* نیز واکنش معنی‌داری داشتند و سپیدرود حساس و بینام مقاوم به آن بود.

در مجموع، دو قارچ مورد بررسی اثر بیماری‌زایی بر سوروف و برنج داشتند. شدت بیماری ایجاد شده توسط *F. equiseti* در سپیدرود، هاشمی و علی‌کاظمی بیش‌تر از شدت بیماری ایجاد شده بر گونه‌های سوروف بود، اما روی خزر و بینام که در فاصله کم‌تری از آن واقع بودند، کم‌تر بود. شدت بیماری ایجاد شده توسط *C. graminicola* در سپیدرود که در نقطه مقابل آن قرار داشت، بیش‌تر از آن چیزی بود که روی گونه‌های سوروف ایجاد شد. بر اساس این نتایج، آثار آنتاگونیستی *C. graminicola* بیش‌تری در مقایسه با *F. equiseti* به‌ویژه بر گونه *E. crus-galli* داشت (شکل‌های ۱ و ۲). در تحقیق دیگری هم علائم آنتراکنوز *Colletotrichum graminicola* روی سوروف مشاهده شد و قارچ به‌عنوان یک عامل کنترل زیستی، بیماری‌زایی بالایی روی دو واریته از سوروف در دامنه وسیعی از مراحل رشدی (به‌ویژه در مراحل سه و چهار برگی) نشان داد (Yang *et al.*, 2000).

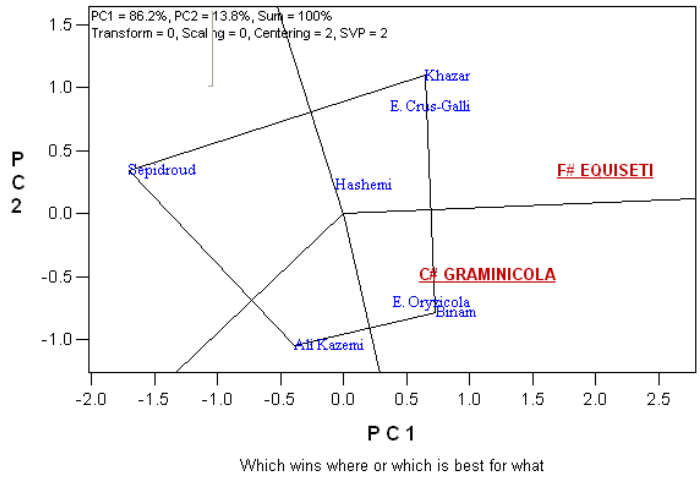



شکل ۱- بای‌پلات مربوط به حساسیت برنج و سوروف در مقابل دو قارچ *C. graminicola* و *F. equiseti* بر اساس شدت بیماری

Figure 1. GGE biplot for susceptibility of rice and barnyardgrass to *C. graminicola* and *F. equiseti* fungi based on disease severity

www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۲- نمای بای‌پلات مقاومت پنج رقم برنج و دو گونه سوروف در مقابل دو گونه قارچ *C. graminicola* و *F. equiseti* بر اساس مقیاس شدت بیماری

Figure 2. GGE biplot view of resistance of five rice cultivars and two *Echinochloa* species to *C. graminicola* and *F. equiseti* fungi based on disease severity scores

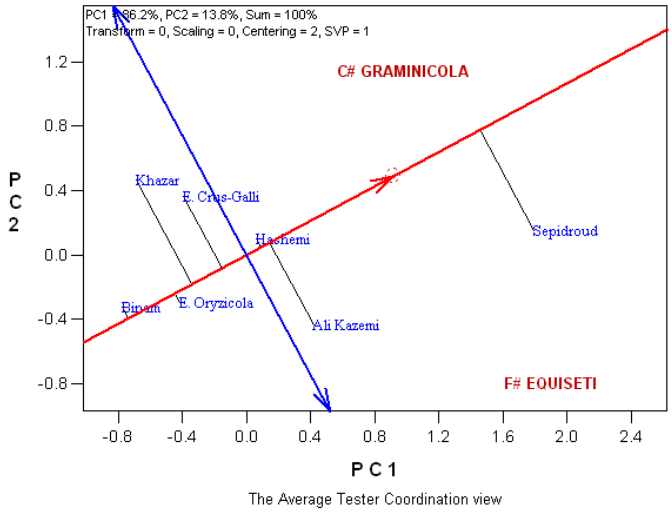
از نمای محور متوسط (شکل ۳) می‌توان برای ارزیابی میزان مقاومت یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به یک عامل بیماری استفاده کرد (Yan and Falk, 2002). بر اساس این نمای بای‌پلات که در آن محور افقی نشان‌دهنده میانگین مقاومت و یا حساسیت و محور عمودی ATC بیانگر میزان مقاومت و یا حساسیت ژنوتیپ‌ها در مقابل عامل بیماری‌زایی است، ژنوتیپ سپیدرود حساس‌ترین ژنوتیپ بود (با توجه به این‌که پاسخ به شدت بیماری طوری نمره‌دهی شده است که مقدار بزرگ حساسیت بیش‌تر را نشان می‌دهد). بنابراین بر اساس میزان مقاومت به بیماری، می‌توان ژنوتیپ‌ها را به صورت سپیدرود<علی‌کاظمی ≈ هاشمی< *E. crus-galli* <خزر<*E. oryzicola* <بینام رتبه‌بندی کرد (شکل ۳).

از نمای روابط بین میزبان و پاتوژن برای ارزیابی برهمکنش بین ژنوتیپ‌های میزبان و سویه‌های پاتوژن استفاده می‌شود (Yan and Kang, 2003). در این نمای بای‌پلات (شکل ۴)، شدت حساسیت و مقاومت هر ژنوتیپ و نیز بیماری‌زایی پاتوژن توسط طول بردار مربوط به آن ژنوتیپ و یا میزبان نشان داده می‌شود. بر این اساس و با توجه اینکه مقادیر بیش‌تر بیانگر حساسیت بیش‌تر است، رقم سپیدرود دارای حساسیت بالا به هر دو قارچ بود.

همچنین مقاومت عمودی در هر دو رقم خزر و بینام که در سمت مقابل دو عامل بیماری‌زایی قرار داشتند (بنابراین در مقابل آنها مقاومت داشتند) و بیش‌ترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات داشتند، از سایر ارقام بیش‌تر بود. دو گونه سوروف نیز نسبتاً دارای مقاومت عمودی به هر دو قارچ بودند. از نظر شدت بیماری‌زایی قارچ *F. equiseti* با توجه به طول بردار آن، از بیماری‌زایی بیش‌تری برخوردار بود. در تطابق با این نتیجه، مقایسه میانگین قارچ‌ها با روش‌های تک‌متغیره نیز نشان داد که *F. equiseti* سبب شدت بیماری بیش‌تری در گونه‌های سوروف در مقایسه با *C. graminicola* شد، اما قارچ دوم خسارت کم‌تری در ارقام برنج ایجاد کرد (Safari Motlagh, 2017). در تطابق با این نتیجه، منتظری و همکاران (Montazeri *et al.*, 2006) نیز تأثیر قارچ *Fusarium anthophilum* را بر *E. crus-galli* مورد ارزیابی قرار دادند و مشخص کردند که این قارچ به‌طور معنی‌داری در مقایسه با آب، شدت بیماری را در سوروف افزایش داد. این نما از بای‌پلات (شکل ۴) همچنین نشان داد که رقم هاشمی با توجه به نزدیکی به مبدأ بای‌پلات، دارای مقاومت افقی در برابر دو گونه قارچ مورد مطالعه بود.

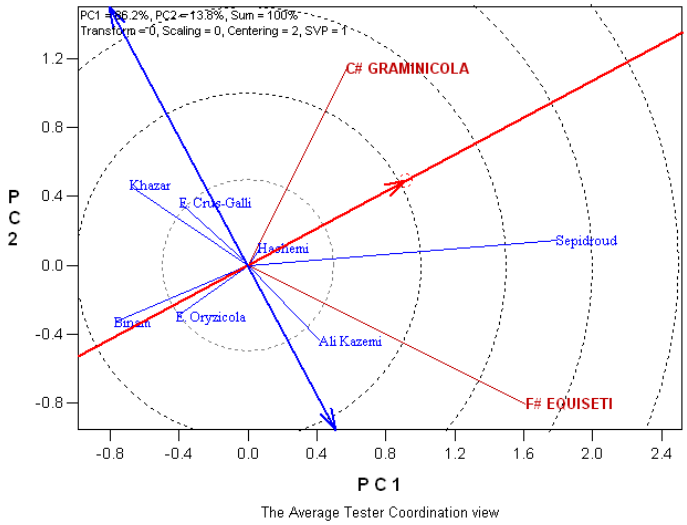

www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۳- نمای تستر متوسط بر اساس شدت بیماری برای ارزیابی رتبه هفت ژنوتیپ میزبان از نظر مقاومت و حساسیت به قارچ‌های *C. graminicola* و *F. equiseti*

Figure 3. Average-tester-coordination (ATC) view of biplot based on disease severity to evaluate the rank of seven host genotypes for susceptibility and resistance to *C. graminicola* and *F. equiseti* fungi




شکل ۴- ارزیابی برهمکنش بین ژنوتیپ‌های میزبان و سویه‌های بیماری‌زا

Figure 4. Evaluating the interaction effects of host genotypes and pathogen isolates

**ارزیابی میزان کاهش صفات مورفولوژیک**

از بای‌پلات ژنوتیپ میزبان در پاتوژن، برای ارزیابی تأثیر قارچ‌های عامل بیماری‌زایی از طریق بررسی میزان کاهش سه صفت ارتفاع بوته، وزن خشک و وزن تر گیاهچه استفاده شد. در این بای‌پلات‌ها نیز مقادیر بیش‌تر بیانگر میزان کاهش بیش‌تر صفت تحت تاثیر قارچ و نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر ژنوتیپ‌های مربوطه به عوامل بیماری‌زا است. بر اساس نمای چندضلعی بای‌پلات، بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های هاشمی، علی‌کاظمی و سپیدرود مشاهده شد (شکل ۵-a). کم‌ترین میزان کاهش این صفت مربوط به دو گونه سوروف و نیز رقم بینام بود که در سمت چپ بای‌پلات قرار داشتند و نمای تستر متوسط (شکل ۵-c) این رتبه‌بندی را به نحو بهتری نشان داد. این نمای بای‌پلات همچنین بیانگر آن بود که رقم سپیدرود، حساسیت بیش‌تر به قارچ *C. graminicola* داشت، اما حساسیت ارقام هاشمی، علی‌کاظمی و خزر به قارچ *F. equiseti* بیش‌تر بود (شکل ۵-a). برای بررسی بیش‌تر با استفاده از الگوی Reverse sign of all testers

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده شد که دو گونه سوروف مقاومت بالایی به *F. equiseti* و رقم بینام نیز مقاومت بیش‌تری به قارچ *C. graminicola* داشت (شکل ۵- b) (توضیح اینکه نقطه شروع مربوط به هر پاتوژن و میزبان محل دقیق قرار گرفتن آن ارقام و قارچ‌ها در نمودار بای‌پلات است). در داده‌های اصلی (Safari Motlagh, 2017) نیز ملاحظه شد که بینام مقاومت بیش‌تری به *C. graminicola* در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشت و کنترل زیستی گونه‌های سوروف در مزارع این رقم در مقایسه با سایر ارقام بهتر می‌تواند انجام شود.

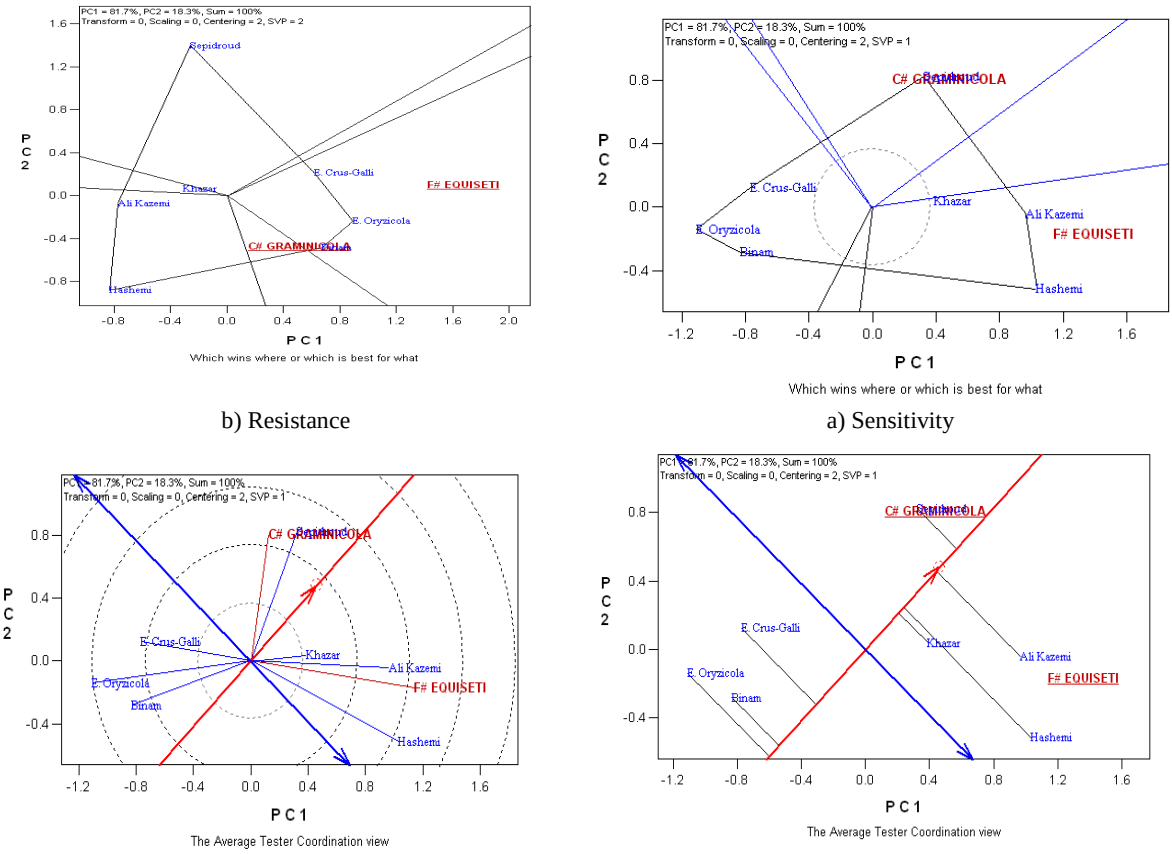
نمای تستر متوسط برای کاهش میزان ارتفاع بوته تحت تأثیر عوامل بیماری‌زا نشان داد که رتبه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌صورت سپیدرود<علی‌کاظمی ≈ هاشمی<خزر< *E. crus-galli* <بینام <*E. oryzicola* بود. به‌عبارت دیگر، بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع بوته در رقم سپیدرود و کم‌ترین میزان آن در رقم بینام و گونه *E. oryzicola* سوروف مشاهده شد. همچنین با توجه به فواصل بین دو گونه قارچ و سوروف و جهت آن‌ها در محور تستر متوسط، کاهش ارتفاع بوته حاصل از *F. equiseti* روی *E. crus-galli* بیش‌تر از قارچ دیگر بود (شکل ۵-c). این یافته در داده‌های حاصل از روش‌های تک‌متغیره نیز مشاهده شد که در بین ارقام بومی، علی‌کاظمی و هاشمی در مقایسه با بینام بیش‌تر تحت تأثیر قارچ‌ها قرار گرفتند و در بین ارقام اصلاح‌شده نیز سپیدرود حساس‌تر از رقم خزر از نظر کاهش ارتفاع بوته بود (Safari Motlagh, 2017).

نمای روابط بین ژنوتیپ‌ها و دو گونه قارچ (شکل ۵-d) نیز نشان داد که سپیدرود، هاشمی و علی‌کاظمی که در دورترین فاصله از مبدأ بای‌پلات و در یک سمت با قارچ‌های عامل بیماری‌زایی قرار داشتند، دارای بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع بوته و در نتیجه حساسیت به عوامل بیماری‌زا بودند. رقم خزر نیز که در یک سمت با قارچ‌های عامل بیماری قرار داشت، به‌دلیل نزدیک‌تر بودن به مبدأ بای‌پلات از نظر این شاخص، با درجه کم‌تری حساسیت به قارچ را نشان داد. بینام و دو گونه سوروف که در سمت مقابل عامل‌های بیماری‌زا قرار داشتند، مقاوم به این قارچ‌ها بودند، اما بیش‌ترین میزان مقاومت مربوط به *E. oryzicola* بود که در دورترین نقطه از مبدأ بای‌پلات واقع بود. بر اساس مقاومت و حساسیت اختصاصی نیز ملاحظه شد که سپیدرود به قارچ *C. graminicola* و سه رقم برنج هاشمی، علی‌کاظمی و خزر به قارچ دیگر حساسیت داشتند (شکل ۵-d).

از نظر کاهش میزان وزن تر، نمای چندضلعی بای‌پلات نشان داد که بیش‌ترین میزان کاهش وزن تر تحت تأثیر عوامل بیماری‌زا مربوط به رقم خزر و گونه *E. oryzicola* بود که تحت تأثیر *C. graminicola* حاصل شد. کم‌ترین میزان کاهش وزن تر تحت تأثیر عوامل بیماری‌زا در ارقام سپیدرود، علی‌کاظمی و هاشمی مشاهده شد (شکل ۶-a). در تطابق با نتایج بای‌پلات، یافته‌های حاصل از مقایسه میانگین‌ها (Safari Motlagh, 2017) نیز نشان داد که از نظر کاهش صفات مورفولوژیک، *C. graminicola* به‌طور مؤثرتری سبب کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و وزن خشک سوروف شد، در حالی‌که *F. equiseti* موجب کاهش بیش‌تر این سه صفت در ارقام برنج شد. گونه سوروف *E. crus-galli* نیز کاهش بیش‌تری در این صفات داشت و بیش‌تر تحت تأثیر *C. graminicola* قرار گرفت. بنابراین از این نظر نیز *C. graminicola* در مقایسه با *F. equiseti* آنتاگونیست بهتری بود. در تطابق با این یافته، مطالعات دیگری هم در ارتباط با کنترل زیستی علف هرز سوروف به‌وسیله قارچ‌هایی هم‌چون *Epicoccum purpurascens* و *Fusarium equiseti* انجام و این نتیجه تأیید شده است (Safari Motlagh, 2011a, b). الگوی Reverse sign of all testers حاکی از مقاومت علی‌کاظمی و هاشمی به *C. graminicola* و سپیدرود به *F. equiseti* بود (شکل ۶-b). این نتایج توسط نمای تستر متوسط نیز مشاهده شد که بر اساس آن رتبه ژنوتیپ‌ها به صورت خزر< *E. crus-galli* < *E. oryzicola* < بینام < هاشمی <علی کاظمی< سپیدرود بود (شکل ۶-c). بر اساس نمای روابط بین میزبان-پاتوژن، قارچ *C. graminicola* روی *E. crus-galli* و تا حدودی خزر بیماری‌زایی داشت، ولی بر سایرین تأثیری نداشت. همچنین این نما از بای پلات حاکی از بیماری زایی اختصاصی *F. equiseti* بر رقم بینام بود (شکل ۶-d).


www.SID.ir

Archive of SID



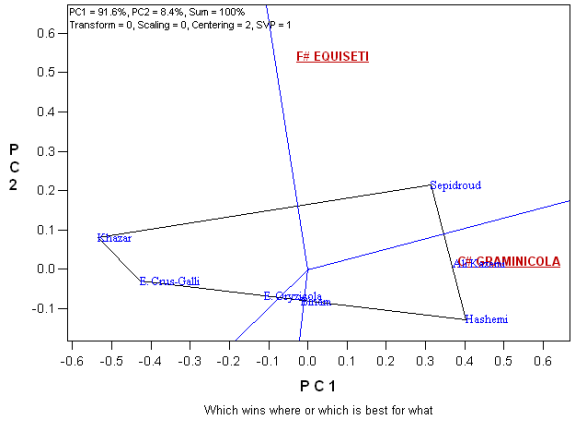

شکل ۵- نمای بای‌پلات ژنوتیپ میزبان در پاتوژن بر اساس کاهش ارتفاع بوته. الف- حساسیت، ب- مقاومت، ج- نمای تستر متوسط، د- برهمکنش هفت ژنوتیپ میزبان و دو گونه قارچ بیماری‌زا.

Figure 5. Host-by-pathogen biplot view based on reduction of plant height. a) Sensitivity, b) Resistance, c) Average-tester-coordination (ATC), d) Interactions of seven host genotypes and two fungi species.

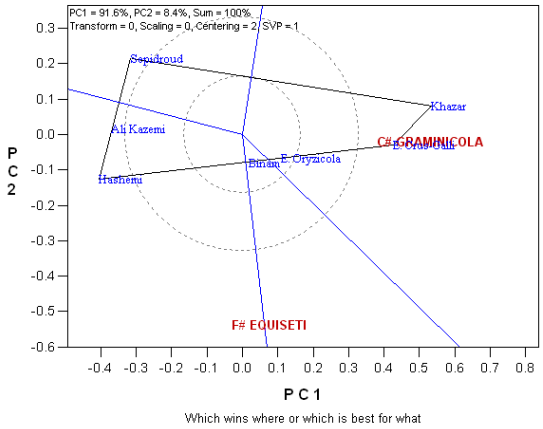
نمای چندضلعی بای‌پلات (شکل ۷-a) و نیز نمای روابط میان میزبان و پاتوژن (شکل ۷-d) نشان داد که بیش‌ترین حساسیت به *F. equiseti* را رقم هاشمی و سپس گونه *E. oryzicola* داشت. گونه *E. crus-galli* و رقم علی‌کاظمی نیز حساس به *C. graminicola* بودند. بر اساس این نمای چندضلعی، ژنوتیپ‌های خزر، بینام و سپیدرود دارای کم‌ترین میزان کاهش وزن خشک گیاهچه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بودند و از نظر این شاخص مقاومت بیش‌تری به این عوامل بیماری‌زا داشتند. الگوی Reverse sign of all testers نیز نشان داد که رقم بینام کم‌ترین کاهش وزن خشک گیاهچه را تحت تأثیر قارچ *C. graminicola* داشت و یک ژنوتیپ مقاوم به این عامل بیماری‌زا بود. دو رقم خزر و سپیدرود نیز از نظر این شاخص نسبت به *F. equiseti* مقاوم بودند. همچنین هر دو گونه سوروف که در نقطه مقابل این قارچ قرار داشتند، نسبت به این قارچ حساس بودند (شکل ۷-b). در تطابق با این نتیجه، درصد کاهش وزن خشک اکوتیپ‌های *Echinochloa crus-galli* به پاتوژن سوختگی برگ *Exserohilum longirostratum* نیز بالا گزارش شد (Jurami *et al.*, 2006). بر اساس این شاخص، امکان مقابله زیستی با سوروف در مزارع علی‌کاظمی تا حدودی وجود دارد. نمای تستر متوسط ترتیب ژنوتیپ‌ها را از نظر میزان کاهش وزن خشک گیاهچه که نمادی از حساسیت به قارچ است، به‌ترتیب *E. crus-galli* > علی‌کاظمی > *E. oryzicola* > هاشمی > بینام > سپیدرود > خزر نشان داد که حاکی از مقاومت بیش‌تر خزر و حساسیت بیش‌تر دو گونه سوروف بود. در تطابق با این یافته فعالیت علف‌کشی *Exserohilum monoceras* در مقابل نشاهای جوان *Echinochloa oryzicola* نیز بالا گزارش شد (Tsukamoto *et al.*, 1998).


www.SID.ir

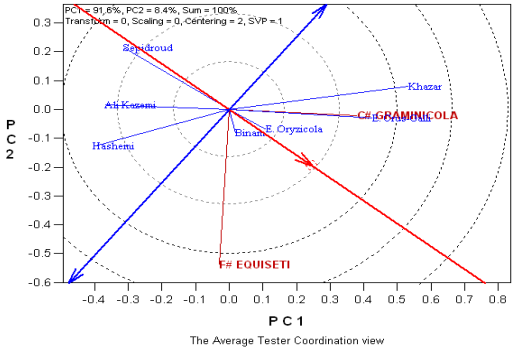
Archive of SID



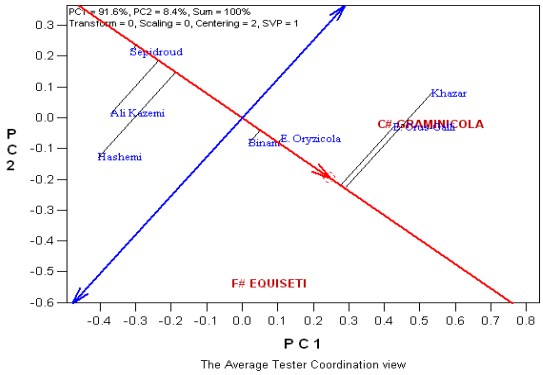

b) Resistance




a) Sensitivity




d) Host-pathogen interaction




c) Average tester coordination (ATC)

شکل ۶- نمای بای‌پلات ژنوتیپ میزبان در پاتوژن بر اساس کاهش وزن تر گیاهچه. الف- حساسیت، ب- مقاومت، ج- نمای تستر متوسط، د- برهمکنش هفت ژنوتیپ میزبان و دو گونه قارچ بیماری‌زا.

Figure 6. Host-by-pathogen biplot view based on reduction of plantlet fresh weight. a) Sensitivity, b) Resistance, c) Average-tester-coordination (ATC), d) Interactions of seven host genotypes by two fungi.

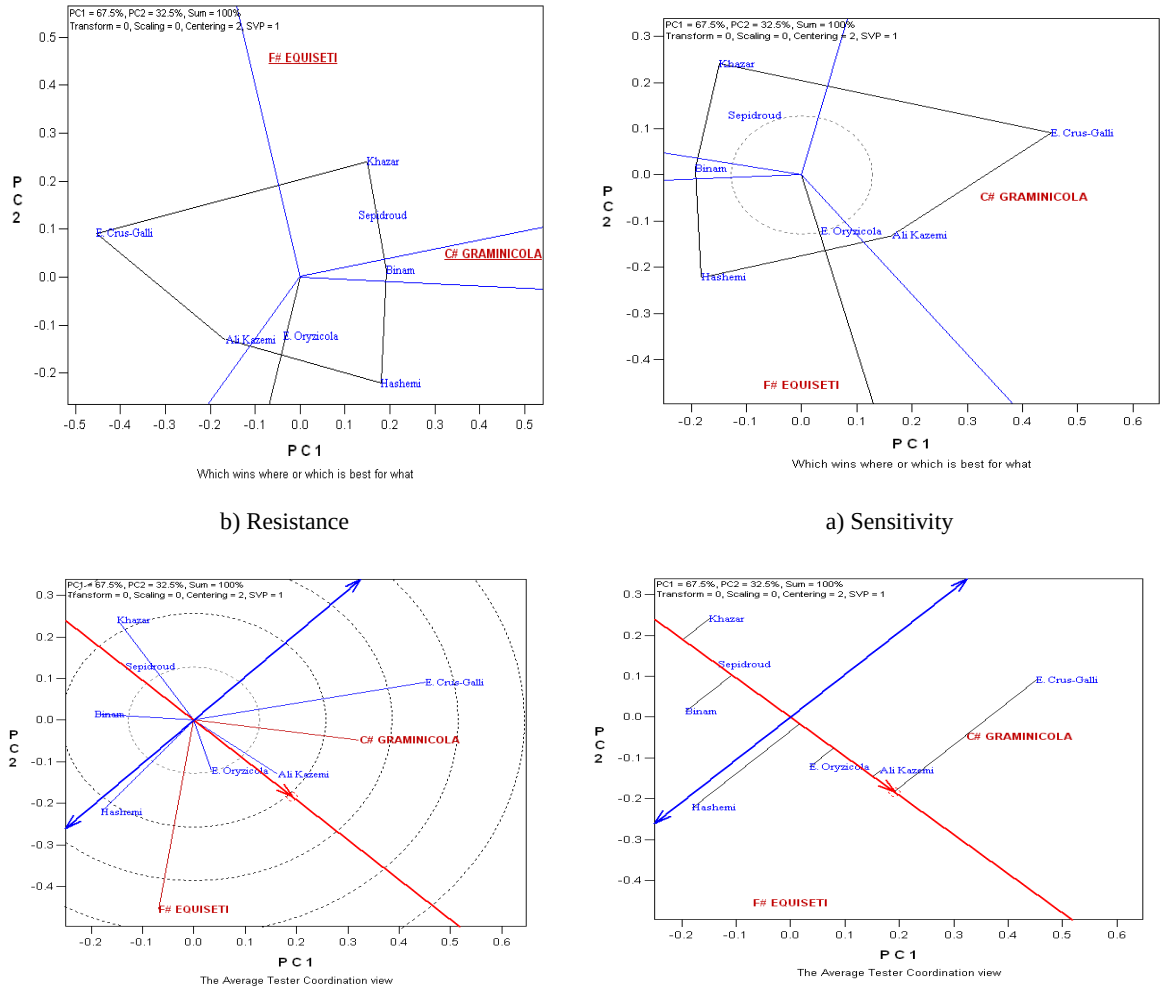
با توجه به فواصل بین دو گونه قارچ و سوروف و جهت آن‌ها در محور تستر متوسط، از نظر کاهش وزن خشک، اثر *C. graminicola* که در سمت مقابل *E. oryzicola* قرار گرفت، روی این گونه سوروف از اثر *F. equiseti* بر آن کم‌تر بود و این گونه سوروف مقاومت بیش‌تری در مقابل قارچ *C. graminicola* داشت (شکل ۷-c). در محور تستر متوسط، دورترین ژنوتیپ از محل تستر متوسط (فلش و دایره قرمز)، کم‌ترین مقدار را دارد و با توجه به ماهیت داده‌ها، مقاوم‌ترین ژنوتیپ است و ژنوتیپ‌های نزدیک به آن حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند. همچنین فاصله عمودی از این محور، بیانگر بیش‌ترین حساسیت اختصاصی به عامل واقع در آن سمت است و بنابراین، گونه سوروف *E. crus-galli* بیش‌ترین حساسیت را به قارچ *C. graminicola* و بیش‌ترین مقاومت را به قارچ *F. equiseti* داشت.

برای نتیجه‌گیری نهایی، روابط بین میزان کاهش صفات مورفولوژیک و شدت بیماری با استفاده از بای‌پلات تحت تأثیر هر کدام از قارچ‌ها به‌صورت مجزا برآورد شد (شکل ۸). با توجه به این‌که شدت بیماری رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را به‌صورت مشاهده‌ای و واقعی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد، از این‌رو به‌نظر می‌رسد که در مقایسه با کاهش صفات مورفولوژیک، صفتی مهم‌تر برای ارزیابی میزان حساسیت و مقاومت به بیماری باشد. بر این اساس، کسینوس زاویه بین دو بردار نشان‌دهنده ضریب همبستگی بین صفات است، به‌طوری‌که اگر زاویه بین دو صفت کم‌تر از ۹۰ درجه باشد، دو صفت دارای همبستگی مثبت و زمانی‌که زاویه بین آن‌ها بیش‌تر از ۹۰ باشد، دو صفت دارای همبستگی منفی هستند. زاویه حدود ۹۰ درجه هم نشانگر عدم وجود همبستگی بین صفات است (Yan and Kang, 2003). بنابراین با توجه به وجود

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی، اگر یک یا دو صفت به جای همه استفاده شود، می‌توان در کار، زمان و بودجه صرفه‌جویی کرد، بدون اینکه رفتن اطلاعات مفیدی از دست برود (Oladejo *et al.*, 2011). این نتایج نشان داد که تحت تأثیر هر دو قارچ، شدت بیماری با کاهش وزن تر و خشک گیاهچه همبستگی مثبت بالاتری داشت (با توجه به زاویه بین صفات) و با میزان کاهش ارتفاع بوته از همبستگی کم‌تری برخوردار بود. بنابراین، تشخیص ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به عامل بیماری‌زای با استفاده از میزان کاهش ارتفاع بوته به اندازه دو صفت دیگر کارآیی لازم را نخواهد داشت. این بای‌پلات‌ها همچنین نشان دادند که تحت تأثیر قارچ *F. equiseti*، بیش‌ترین میزان شدت بیماری و کاهش وزن تر و خشک گیاهچه در رقم سپیدرود مشاهده شد و از این‌رو این رقم حساسیت بالایی به این قارچ داشت. در این شرایط، بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع بوته نیز در رقم هاشمی اتفاق افتاد (شکل ۸-a). تحت تأثیر قارچ *C. graminicola* نیز بیش‌ترین میزان کاهش تمام صفات در رقم سپیدرود مشاهده شد (شکل ۸-b).




a) Sensitivity

b) Resistance

c) Average tester coordination (ATC)

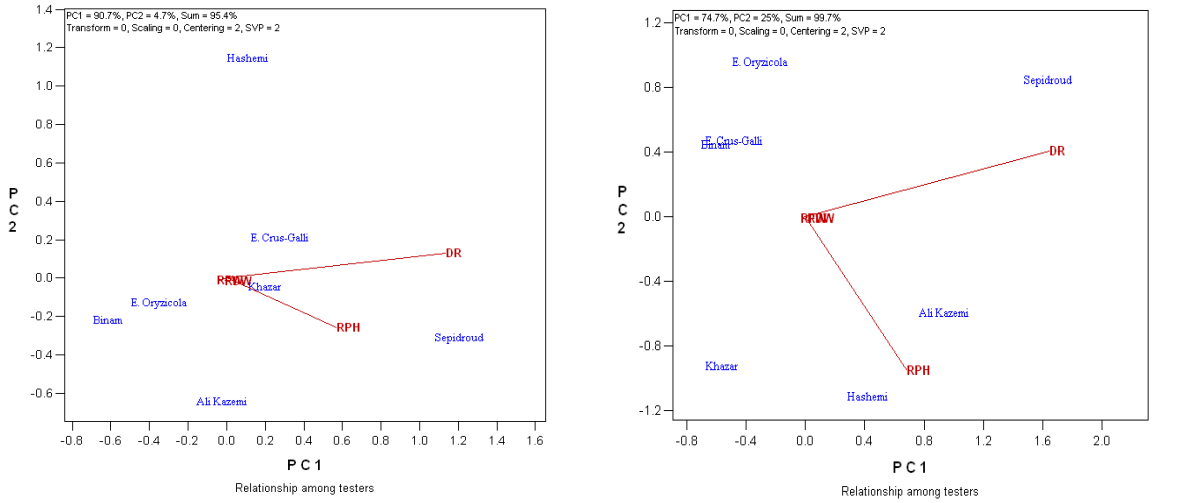
d) Host-pathogen interaction

شکل ۷- نمای بای‌پلات ژنوتیپ میزبان در پاتوژن بر اساس کاهش وزن خشک گیاهچه. الف- حساسیت، ب- مقاومت، ج- نمای تستر متوسط، د- برهمکنش هفت ژنوتیپ میزبان و دو گونه قارچ بیماری‌زا.

Figure 7. Host-by-pathogen biplot view based on reduction of plantlet dry weight. a) Sensitivity, b) Resistance, c) Average-tester-coordination (ATC), d) Interactions of seven host genotypes by two fungi.

www.SID.ir

Archive of SID




a) *F. equiseti* b) *C. graminicola*

شکل ۸- برهمکنش صفات مورد مطالعه در پنج ژنوتیپ برنج و دو گونه سوروف تحت تأثیر قارچ a) *F. equiseti*، b) *C. graminicola*. DR شدت بیماری، RPH کاهش ارتفاع بوته، RFW کاهش وزن تر گیاهچه، RDW کاهش وزن خشک گیاهچه.

Figure 8. Interrelations of the studied traits in five rice genotypes and two *Echinochloa* species treated by two fungi. a) *F. equiseti*, b) *C. graminicola*. DR, disease severity; RPH, reduction of plant height; RFW, reduction of dry weight of plantlets; RDW, reduction of fresh weight of plantlets.

## نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق و با توجه به همبستگی بالای کاهش وزن خشک گیاهچه و شدت بیماری، نتیجه‌گیری نهایی بر اساس این دو شاخص می‌تواند از اعتبار بیش‌تری برخوردار باشد. از نظر شاخص شدت بیماری، ژنوتیپ‌های سپیدرود و علی‌کاظمی حساس به عوامل بیماری‌زا بودند و بنابراین امکان استفاده از این‌دو قارچ بیماری‌زا برای کنترل زیستی علف‌هرز سوروف در مزارع این دو رقم برنج وجود ندارد. در مقابل، دو رقم خزر و بینام به این عوامل بیماری‌زا مقاومت داشتند و بنابراین برای مقابله با *E. crus-galli* در مزارع رقم خزر، قارچ *C. graminicola* و برای مقابله با *E. oryzicola* در مزارع بینام، قارچ *F. equiseti* قابل توصیه می‌باشد و با این روش مزرعه را در مقابل حداقل یکی از گونه‌های علف‌هرز محافظت کرد. بر اساس وزن خشک گیاهچه نیز *E. crus-galli* حساس به قارچ *C. graminicola* بود که با توجه به مقاومت دو رقم خزر و بینام به این قارچ، امکان بهره‌گیری از این قارچ برای مقابله با گونه *E. crus-galli* وجود دارد. همچنین، با توجه به مقاومت افقی رقم هاشمی از نظر شاخص شدت بیماری، مقاومت عمودی آن از نظر کاهش میزان ارتفاع بوته و نیز توجه به طول و جهت بردارها، امکان کنترل زیستی گونه *E. crus-galli* در مزارع رقم هاشمی با استفاده از قارچ *C. graminicola* وجود دارد. در مجموع از نظر میزان کاهش صفات مورد مطالعه، *C. graminicola* در مقایسه با *F. equiseti* آنتاگونیست بهتری بود.

## References

**Barrett, S. 1983.** Mimicry in plants. **Economic Botany** 37 (3): 255-282.

**Bertrand, P. F. and Gottwald, T. R. 1997.** Evaluating fungicides for pecan disease control: In: Hickey, K. D. (Ed.). Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens. pp: 179-181.

**Fryer, J. D. and Chancellor, R. J. 1970.** Herbicides and our changing weeds in the flora of changing Britain. Botanical Society of the British Isles. Report No. 11. pp: 105-118.

**Ghorbani, R., Sell, W. and Rashed, M. H. 2006.** Effect of plant age, temperature and humidity on virulence of *Ascochyta caulina* on common lambsquartes (*Chenopdium album*). **Weed Science** 54: 526-531.

**Hoang, Q. K. 2002.** Production, preparation and uses of biopesticides in Vietnam. Regional Symposium on Biopesticides, Bangkok, Thailand.

www.SID.ir

Archive of SID
**Horsfall, J. G. and Barratt, R. W. 1945.** An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology** 35: 655.

**Huang, S. W., Watson, A. K., Duan, G. F. and Yu, L. Q. 2001.** Preliminary evaluation of potential pathogenic fungi as bioherbicides of barnyardgrass in China. **International Rice Research Notes** 26 (2): 35-36.

**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 Biology and Management** 6: 125-130.

**Kadir, J., Sajili, M. H., Juraimi, A. S. and Napis, S. 2008.** Effect of *Exserohilum monoceras* (Drechslera) Leonard & Suggs on the competitiveness of *Echinocloa cruss-galli* (L.) P. Beauv. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science** 31 (1): 19-26.

**Maun, M. A. and Barrett, S. C. H. 1986.** The biology of Canadian weeds. 77. *Echinochloa crus-galli*. (L.) Beauv. **Canadian Journal of Plant Science** 66: 739-759.

**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 Journal of Weed Science Research** 12: 89-97.

**Oladejo, A. S., Akinwale, R. O. and Obisesan, I. O. 2011.** Interrelationships between grain yield and other physiological traits of cowpea cultivars. **African Crop Science Journal** 19 (3): 189-200.

**Safari Motlagh, M. R. 2011a.** Evaluation of *Epicoccum purpurascens*, as biological control agent of *Echinochloa* spp. in rice fields. **Journal of Food, Agriculture and Environment** 9 (1): 394-397.

**Safari Motlagh, M. R. 2011b.** *Fusarium equiseti* (Corda) Saccardo, as biological control agent of barnyardgrass *(Echinochloa crus-galli* L.) in rice fields. **Journal of Food, Agriculture and Environment** 9 (1): 310-313.

**Safari Motlagh, M. R. 2017.** Comparison of pathogenicity of *Fusarium equiseti* and *Colletotrichum graminicola* on *Echinochloa* spp. **Acta Scientiarum Polonorum: Hortorum Cultus** 16 (3): 47-53.

**Safari Motlagh, M. R. and Kaviani, B. 2008.** Characterization of new *Bipolaris* spp., the causal agent of rice brown spot disease in the north of Iran. **International Journal of Agriculture and Biology** 10: 638-642

**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. **Journal of Phytopathology** 153: 726-729.

**Tsukamoto, H., Tsuda, M., Gohbara, M. and Fujimori, T. 1998.** Effect of water management on mycoherbicidal activity of *Exserohilum monoceras* against *Echinochloa oryzicola*. **Annals of the Phytopathological Society of Japan** 64: 526-531.

**Yan W. 2001.** GGE-biplot: A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal** 93: 1111-1118. Available in: www.ggebiplot.com/GGEbiplotBeta.msi.

**Yan, W. and Falk, D. E. 2002.** Biplot analysis of host-by-pathogen interaction. **Plant Disease** 86: 1396-1401.

**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.

**Yang, Y. K., Kim, S. O., Chung, H. S. and Lee, H. 2000.** Use of *Colletotrichum graminicola* to control barnyardgrass. **Plant Disease** 84: 55-59.

**Zhang , W. M. and Watson, A. K. 2000.** Isolation and partial characterization of phytotoxins produced by *Exserohilum monoceras*, a potential bioherbicide for control of *Echinochloa* species. **Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds, Montana State University**. pp: 125-130.

**Zhang, W. M. and Watson, A. K. 1997.** Effect of dew period and temperature on the ability of *Exserohilum monoceras* to cause seedling mortality of *Echinochloa* species. **Plant Disease** 81: 629-634.

**Zhang, W. M., Moody, K. and Watson, A. K. 1996.** Responses of *Echinochloa* species and rice (*Oryza sativa*) to indigenous pathogenic fungi. **Plant Disease** 80: 1053-1058.


www.SID.ir

Archive of SID
doi: 10.22124/c.2019.12655.1469

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

**Cereal Research**
**Vol. 9, No. 1, Spring 2019 (27-41)**

# Pathogenicity of *Fusarium equiseti* and *Colletotrichum graminicola* on barnyardgrass and rice genotypes by biplot analysis

**Mohammad Reza Safari Motlagh[1*] and Peyman Sharifi[2]**

Received: January 24, 2019 Accepted: May 14, 2019

**Abstract**

Barnyardgrass *(Echinochloa* spp.) is the most important weeds in rice fields. Funguses species play important roles in biological control of the weeds, especially *Echinochloa* in rice fields. In this research, *Fusarium equiseti* and *Colletotrichum graminicola* were isolated from *E. oryzicola* and *E. crus-galli* and their pathogenicity effects were compared on these weeds and five rice genotypes in a completely randomized design with three replications. Two net fungi were inoculated on weeds and rice genotypes using a spore suspension consisting of $10^6$ spore·$ml^{-1}$ of distilled water. Genotype-by-pathogen biplot analysis was down for illustration of pathogenicity of two fungi (as pathogen) on host genotypes to facilitate the simultaneously visualization of relationship among pathogens and genotypes. The significant effects of pathogens were observed on disease rate and reduction of plant height, dry and fresh weight of plantlets. Biplot analysis indicated a differential interaction between pathogens and rice and Echinochloa genotypes for the studied traits. Average-tester-coordination (ATC) view of biplot indicated that Sepidroud and Binam were as the most sensitive and tolerant genotypes to two mentioned fungi according to their disease rating. The relationships view of biplot indicated there were higher positive correlations between diease rate and reduction in plantlet dry weight. Hashemi cultivar located near the biplot origin and had a horizontal resistance to fungi and can be used to biological control of barnyardgrass in the filed of this cultivar. In conclusion, the results of this study based on the severity of the disease showed that *C. graminicola* fungus had more antagonistic effects than *F. equiseti,* especialy on *E. crus-galli*.

**Keywords:** Disease severity, Fungus, GGE biplot, Host-by-pathogen interaction, Weed

1. Assoc. Prof., Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
2. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
* Corresponding author: safarimotlagh@iaurasht.ac.ir

www.SID.ir