"مجله علوم زراعی ایران"
جلد پنجم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٢

بررسی شاخص‌های ارزیابی لاین‌های گندم از نظر مقاومت به فوزاریوم سنبله
Study of different indices in evaluating wheat lines for resistance to FHB

سعید اهری‌زاد[1]، محمد مقدم[2]، محمدرضا قنادها[3]، عزیزالله علیزاده[4] و اسدالله بابای اهری[5]

چکیده

هفت لاین گندم با درجات مختلفی از مقاومت به بیماری فوزاریوم سنبله در شرایط فاقد تنش (شاهد) و واجد تنش (آلودگی) در یک آزمایش مزرعه‌ای در استان گلستان در سال ١٣٨٠ مورد ارزیابی قرار گرفتند. بعد از آلودگی مصنوعی در شرایط واجد تنش، درصد آلودگی (DI)، شدت آلودگی (DS)، شاخص بیماری (DIX)، سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)، عملکرد دانه و اجزای آن، و در شرایط فاقد تنش، عملکرد دانه و اجزای آن اندازه‌گیری شدند. میانگین مربعات لاین‌ها و نیز لاین × محیط برای همهٔ شاخص‌ها معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر عدم یکنواختی روند پاسخ لاین‌ها از نظر شاخص‌های مختلف بود. شاخص DI و AUDPC آن توانایی تمایز لاین‌های حساس و نیمه‌حساس را نداشته و شاخص DIX و AUDPC آن نیز قابلیت تفکیک لاین‌های مقاوم و نیمه مقاوم را از خود نشان ندادند. شاخص‌های عملکرد و تعداد دانه در سنبله نیز مشکل تفکیک شاخص‌های قبلی را داشتند. در نهایت با وجود نقاط ضعیف شاخص وزن هزار دانه، با مد نظر قرار دادن تمامی جوانب امر، شاخص‌های DS، AUDPC آن و وزن هزار دانه از اولویت خاصی برای تمایز لاین‌های مقاوم از حساس و نیز امکان بررسی مختلف مقاومت برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: مکانیسم‌های مقاومت، شاخص‌های ارزیابی، فوزاریوم سنبله، گندم.

مقدمه

بیماری فوزاریوم سنبله گندم که به نام‌های بلایت فوزاریومی سنبله (Fusarium head blight) (FHB)، اسکب(Scab)، سنبله سفید (White heads) و کپک صورتی (Pink mold) نیز نامیده می‌شود، یکی از بیماری‌های مهم و شایع گندم در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب جهان بوده و پراکندگی وسیعی نیز در مناطق معتدله و گرمسیری دارد(Sutton, 1982). وقوع اپیدمی این بیماری از سال ١٨٩٠ از امریکا و سپس در بسیاری از نقاط جهان گزارش شده است. براساس گزارش‌ها اُفت محصول گاهی به ٧٥٪ رسیده است (Sutton, 1982؛ Bai & Shaner, 1994؛ Marasas et al., 1984). در ایران این بیماری از سال‌ها پیش به طور پراکنده وجود داشته و یکی از بیماری‌های مهم گندم در مازندران، گرگان و مغان به شمار می‌رود (زمانی‌زاده و خورسندی، ١٣٧٤؛ بابادوست ١٣٧٤) بیماری FHB موجب کاهش زیادعملکرد دانه و کیفیت آن می‌شود. از اثرات غیرمستقیم آن،کاهش قدرت جوانه‌زنی بذور و نامناسب بودن آرد حاصل از بذور آلوده برای تغذیه به علت وجود میکوتوکسین می‌باشد (Bai & Shaner,1994; Milus & Parsons, 1994). آلوده شدن محصول با میکوتوکسین که برای سلامتی انسان

تاریخ دریافت: ١٣٨٢/٤/١٢ تاریخ پذیرش: ١٣٨٢/١١/٣٠

١ـ استادیار دانشگاه تبریز ٢ـ استاد دانشگاه تبریز ٣ـ دانشیار دانشگاه تهران
٤ـ استاد دانشگاه تربیت مدرس ٥ـ دانشیار دانشگاه تبریز

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

و دام خطرناک است، مهم‌ترین و جدی‌ترین خسارت آن محسوب می‌شود (Milus & Bai & Shaner,1994; Parsons, 1994).

عامل بیمار، گونه‌های مختلفی از جنس فوزاریوم است که مهم‌ترین و شایع‌ترین آن‌ها *Fusarium graminearum* می‌باشد(Marasas et al., 1984). زمانی‌زاده و خورسندی (١٣٧٤) و گلزار و همکاران (١٣٧٧) در استان مازندران و بابادوست (١٣٧٤) در منطقه مغان، غالب بودن گونه *F. graminearum* را گزارش نمودند. گونهٔ *F. graminearum* دارای میزبان‌های اختصاصی نبوده و بر روی گندم، ذرت و سایر گندمیان ایجاد بیماری می کند (گلزار و همکاران، ١٣٧٧). با وجود این، فرانسیس و بورگس (Francis & Burgess, 1997)، اسوالد (Oswald, 1949) و ماراسس و همکاران (Marasas et al., 1984) تخصصی بودن بیماری‌زایی در *F. graminearum* را مشاهده نمودند. با وجود این که عامل این بیماری به ریشه، طوقه، ساقه و سنبله حمله می‌کند، اما آن‌ها دو جمعیت *F. graminearum* را به‌عنوان گروه I و II که به وسیله چرخه زندگی و ویژگی‌های اکولوژیکی از هم قابل تفکیک بودند، تشخیص دادند. گروه I موجب پوسیدگی طوقه می‌شود در حالی که گروه II بلایت سنبله را باعث می‌گردد. هر چند که جدایه‌های *F. graminearum* از نظر بیماری‌زایی با یکدیگر اختلاف دارند، اما نمی‌توان آن‌ها را به عنوان نژادهای اختصاصی جداگانه محسوب کرد زیرا پایداری و ثباتی ندارند. بنابراین برای ارزیابی مقاومت، آلودگی با مخلوطی از جدایه‌ها توصیه می‌شود(Bai et al., 1991).

در مزارع آلوده سنبله‌های بیمار با رنگی روشن‌تر از سنبله‌های سالم نمایان شده و دانه‌های داخل این سنبله‌ها پوک و چروکیده هستند. آلودگی اولیه به صورت نقاط آبسوخته قهوه‌ای رنگ در قاعده یا قسمت میانی گلوم و یا بر روی محور سنبله ظاهر می‌شوند. در مراحل بعدی و انتشار آلودگی، رشد قارچ با رنگ صورتی در امتداد لبهٔ گلوم یا قاعده سنبلچه‌ها قابل رویت می‌گردد. مرگ زودرس یا سفید شدن سنبلچه‌ها یکی از علایم عمومی به شمار می‌رود(Sutton, 1982).

برای کنترل فوزاریوم سنبله گندم تمامی روش‌های زراعی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مؤثر هستند. اما به علت گستردگی دامنه میزبانی، تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی، همه‌جازی بودن پاتوژن، تولید میکوتوکسین و وجود مشکلات عدیده در استفاده از سموم شیمیایی، برای مقابله با این بیماری استفاده از ارقام مقاوم همراه با تلفیقی از روش‌های مختلف مبارزه و مدیریت صحیح بیماری به عنوان بهترین روش توصیه می‌شود(Bai & Shaner, 1994).

مکانیسم‌های مقاومت به بیماری FHB پیچیده بوده و تا به حال به طور کامل شناخته نشده‌اند. این مکانیسم‌ها به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی و مرحله رشدی میزبان قرار می‌گیرند. مجموعه‌ای از عوامل در میزان مقاومت نقش دارند. این عوامل تفکیک مکانیسم‌ها و تجزیه و تحلیل مقاومت را با پیچیدگی بیشتری مواجه ساخته است (Mesterhazy, 1995). مقاومت گندم به بیماری FHB براساس دو مکانیسم تظاهر می‌کند:

١) مکانیسم فعال که شامل فرآیندهای فیزیولوژیکی است. ٢) مکانیسم غیرفعال که به صفات مورفولوژیکی گیاه مربوط می‌شود. برای مکانیسم فعال که در واقع بیانگر مقاومت اصلی و مستقیم ژنتیکی گیاه است، اجزای مختلفی شناسایی شده‌اند. این اجزاء که توسط پژوهشگران مختلف ارایه شده‌اند عبارتند از:

١) مقاومت به آلودگی اولیه که به مقاومت نوع I مشهور است (Schroeder & Christensen, 1963). ٢) مقاومت به گسترش قارچ در بافت‌های میزبان که مقاومت نوع II نامیده می‌شود (Schroeder & Christensen, 1963). ٣) مقاومت به میکوتوکسین‌ها که به مقاومت نوع III مشهور است (Snijders & Perkowiski, 1990). ٤) تحمل که به مقاومت نوع IV اشتهار دارد(Mesterhazy, 1995).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

۵) مقاومت به آلوده شدن دانه که مقاومت نوع V نامیده می‌شود (Mesterhazy, 1995). مقاومت نوع I و II مربوط به علایم ظاهری گیاه میزبان است. مقاومت نوع I، مقاومت میزبان در برابر نفوذ پاتوژن است، در حالی که مقاومت نوع II مانعی برای گسترش پاتوژن در داخل بافت میزبان می‌باشد. مقاومت نوعIII نشانگر توانایی گیاه میزبان در تخریب یا غیرسمی کردن میکوتوکسین است و مقاومت نوع IV به تحمل غلظت‌های بالای میکوتوکسین توسط میزبان اشاره می‌نماید. با توجه به مشابه بودن نرخ ظاهری واکنش ژنوتیپ‌ها به فوزاریوم سنبله اما داشتن اختلاف معنی‌دار از نظر شدت آلودگی (Mesterhazy,1995; Mesterhazy et al.,1999)، مقاومت نوع II نیز می‌تواند موردی از تحمل محسوب شود.

برای ارزیابی مقاومت ارقام نسبت به بیماری فوزاریوم سنبله گندم شاخص‌های مختلفی به کار رفته است، که شامل روش‌های مزرعه‌ای، گلخانه‌ای و آزمایشگاهی است. با توجه به وجود انواع مختلف مقاومت بسته به مورد از این شاخص‌ها استفاده می‌شود. شاخص‌های وقوع یا درصد آلودگی (Disease incidence) (DI) ، شدت آلودگی (Disease severity) (DS) ، سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری (Area under the disease progress curve) (AUDPC) و شاخص بیماری (Disease index) (DIX) در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Ruckenbauer et al., 2001). شاخص DI و DS به ترتیب برای بررسی مقاومت نوع I و II کاربرد دارند. با ارزیابی توسعه بیماری در مقاطع زمانی مختلف شاخص AUDPC قابل برآورد بوده که منعکس‌کننده اطلاعات کلی از مقاومت واریته‌ای است و در مطالعات ژنتیکی کاربرد دارد (Bai et al., 2001). شاخص DIX نیز که یک شاخص مزرعه‌ای است به صور مختلف توسط پژوهشگران مورد استفاده بوده است. ویلکوکسون و همکاران (Wilcoxon et al., 1992) DIX را براساس شاخص‌های DI و DS به قرار زیر برآورد نمودند:

FHB Index= DI×DS/100

مهم‌ترین مزیت این شاخص امکان بررسی توأم مقاومت نوع I و II می‌باشد. اجزاء عملکرد و وزن هکتولیتر نیز شاخص‌های معتبری برای ارزیابی میزان مقاومت به FHB هستند (Wiersma et al., 1996). جونز و میروکا (Jone and Mirocha, 1999) از آزمون‌های وزن هزار دانه (Thousand kernel weight) (TKW) ، وزن هکتولیتر (Test weight) (TW) و درصد دانه‌های آلوده (Visually scabby kernels) (VSK) استفاده نمودند. مسترهازی(Mesterhazy, 1977) عملکرد و وزن هزار دانه را به عنوان بهترین شاخص برای گزینش ارقام مقاوم معرفی نمود. این معیارها اصولاً در مقایسه شرایط دارای آلودگی و فاقد آلودگی کاربرد دارند. شاخص‌های مذکور می‌توانند مقاومت نوع V را مورد ارزیابی قرار دهند.

هدف از این پژوهش شناسائی شاخص‌های مناسب برای غربال نمودن ارقام مقاوم، نیمه‌مقاوم، نیمه‌حساس و حساس به بیماری فوزاریومی سنبلهٔ گندم بوده است.

مواد و روش‌ها

هفت لاین گندم با میزان مقاومت مختلف به بیماری فوزاریوم سنبله گندم (جدول ۱) جهت ارزیابی و تعیین شاخص‌های گزینش مورد استفاده قرار گرفتند (سعیدی و همکاران، ۱۳۷۸؛ ممرآبادی و همکاران، ۱۳۷۸). ارزیابی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان انجام گرفت. لاین‌ها در دو محیط واجد تنش (با آلودگی مصنوعی) و فاقد تنش (شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در آذرماه سال ۱۳۷۹ کاشته شدند. هر واحد آزمایشی شامل دو ردیف با فاصله ۳۰cm و ۲۰ بوته در هر ردیف با فاصله پنج سانتیمتر از همدیگر بود. قبل از کاشت ۴۹/۵ kg/ha ازت، ۲۹/۵ kg/ha فسفر، ۱۰kg/ha، منگنز ۱۰ kg/ha روی به خاک داده شد. هم‌چنین از ازت به مقدار ۲۳ kg/ha

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

به صورت سرک در مرحله سه برگی استفاده گردید. بذور قبل از کاشت با کربوکسین تیرام ضدعفونی شدند. برای دفع علف‌های هرز به صورت مکانیکی اقدام گردید.

برای آلودگی مصنوعی از روش بورست‌مایر و همکاران (Buerstmayr et al., 2000) استفاده شد. موقعی که ۵۰٪ بوته‌های یک واحد آزمایش به مرحله تورم سنبله رسیدند، آلودگی مصنوعی با استفاده از اسپورپاش پشتی در صبح و عصر با غلظت ماده تلقیح 10^6 اسپور در هر میلیلیتر انجام شد. این آلودگی در هفت زمان مختلف در مدت یک ماه تکرار گردید. برای ایجاد شرایط مرطوب جهت اشاعه بیماری از سیستم مه‌پاش (Mist irrigation) استفاده شد.

سنبله‌ها و سنبلچه‌های دارای هر یک از علایم آلودگی به ترتیب به عنوان درصد آلودگی و شدت بیماری در ۲۸، ۳۵ و ٤٠ روز بعد از آلودگی مصنوعی یعنی با مشاهده علایم بیماری در واریته حساس، شمارش شدند. شدت بیماری از طریق درصد سنبلچه‌های آلوده هر سنبله براساس ۱۰ بوته در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد (Bai & Shaner, 1994). شاخص بیماری (FHB Index) نیز براساس شاخص‌های DI و DS برآورد گردید (Wilcoxson et al., 1992). شاخص AUDPC برای درصد آلودگی، شدت آلودگی و شاخص بیماری بنا به پیشنهاد شنر و فینی (Shaner & Finney, 1977) برای هر ژنوتیپ به شرح زیر محاسبه گردید:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n} \{[(y_i + y_{i-1})/2](x_i - x_{i-1})\}$$

yi : ارزش ظاهری علایم FHB در تاریخ iام

xi : i امین روز مشاهده

n : تعداد کل مشاهدات

در این تحقیق DI و DS در آخرین تاریخ ارزیابی مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

قبل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نرمال بودن توزیع اشتباهات آزمایشی، افزایشی بودن اثرات بلوک‌ها و تیمارها و نیز یکنواختی واریانس‌ها نسبت به مورد، بررسی و تایید شد.

شاخص‌های ارزیابی ظاهری

تجزیه واریانس صفات (شاخص‌های ارزیابی ظاهری) مختلف در شرایط واجد تنش در جدول ۲ مشاهده می‌شود. این نتایج نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در بین لاین‌های مورد ارزیابی است. میانگین لاین‌ها از نظر شاخص‌های مختلف در جدول ٤ درج شده است. این جدول نه تنها وجود اختلاف بین لاین‌های مختلف را نشان می‌دهدبلکه نمایانگر تظاهر متفاوت شاخص‌های مختلف نیز هست. از نظر شاخص DI لاین Sumai#3 کمترین درصد آلودگی را داشته است. در حالی که ارقام فلات و شیرودی در زمرهٔ ارقام حساس محسوب شدند. شاخص DS رقم Wangshui-bai را نیز جزو ارقام مقاوم با لاین Sumai#3 در یک کلاس گروه‌بندی نمود، برخلاف شاخص DI، از نظر شاخص DS تنها رقم فلات از شدیدترین آلودگی برخودار بود. بنابراین شاخص DS قابلیت تفکیک ارقام حساس و نیمه‌حساس را دارد. شاخص DIX که متاثر از دو شاخص DI و DS است، لاین Sumai#3 و رقم فلات را به ترتیب به عنوان ارقام مقاوم و حساس شناسایی نمود. سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری هر شاخص نیز که اطلاعاتی را از روند پیشرفت بیماری در طول چرخهٔ آن منعکس می‌کند، تقریباً نتایجی مشابه با خود شاخص‌ها داشت. هر کدام از این شاخص‌ها مزایا و معایبی دارند. به نظر بای و شنر (Bai & Shaner, 1994) و روکنبایر و همکاران (Ruckenbauer et al., 2001) شاخص DI و AUDPC آن، معیارهای خوبی برای بررسی مقاومت نوع I و II بوده و سادگی ارزیابی این شاخص‌ها مهم‌ترین حسن آن‌ها تلقی می‌شود. اما این شاخص‌ها نه تنها امکان ارایه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

اطلاعاتی از توسعه پاتوژن در داخل سنبله را ندارند بلکه به راحتی نمی‌توانند ارقام حساس و نیمه‌حساس را از یکدیگر متمایز نمایند (جدول ٤). شاخص بیماری (DIX) و AUDPC آن نیز نه تنها امکان تفکیک ارقام نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس را نداشتند، بلکه قدرت غربال کردن ارقام مقاوم را نیز از خود نشان ندادند (جدول٤). با وجود این، تعدادی از پژوهشگران شاخص DIX را مطلوب‌ترین شاخص عنوان کرده‌اند، زیرا این شاخص از دو شاخص DI و DS متاثر شده و نمودی از مقاومت به آلودگی اولیه و گسترش آلودگی در داخل سنبله می‌باشد (Wilcoxson et al., 1992). این پژوهشگران مفید بودن شاخص DI را منوط به بالا بودن شدت آلودگی ذکر کرده‌اند. با وجود شدید بودن آلودگی در این پژوهش، ضعیف بودن قدرت تمایز شاخص DIX ممکن است ناشی از شاخص DI نباشد. در بین شاخص‌های بحث شده به نظر می‌رسد که DS و AUDPC مربوط به آن در شرایط موجود، بازده بهتری داشته اند. زیرا علاوه بر تمایز رقم حساس فلات از بقیه، دو لاین مقاوم Sumai#3 و Wangshui-bai را در یک گروه قرار داده است که شاخص‌های دیگر این قابلیت را نشان ندادند (جدول ٤).

شاخص‌های عملکرد دانه و اجزای آن

از شاخص‌های دیگری که برای تمایز ارقام استفاده گردید، میزان عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله در شرایط فاقد و واجد تنش و نیز در متوسط شرایط مذکور بود. در تجزیهٔ واریانس این صفات F معنی‌داری در بین ارقام مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). در بررسی هر سه صفت معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیانگر عدم وجود روند یکنواخت تغییرات ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های مذکور در شرایط مختلف بوده است (جدول ۳). بنابراین، از نظر این شاخص‌ها، امکان غربال نمودن ژنوتیپ‌های برتر با لحاظ کردن تأثیر محیط، وجود خواهد داشت. از نظر عملکرد دانه، برتری ارقام Nonjing-8201، شیرودی و فلات در شرایط فاقد تنش (جدول ٤) و ارقام Nonjing-8201 و شیرودی به‌طور توام در دو محیط مشاهده شد (جدول ٥)، در حالی که لاین‌های فلات، شیرودی، Nonjing-8201 و تجن در شرایط واجد تنش از کمترین عملکرد دانه نسبت به بقیه برخوردار بودند (جدول‌های ٤ و ٥). این موضوع بیانگر حساسیت ارقام یاد شده نسبت به بیماری FHB است. اما با وجود نیمه مقاوم بودن ارقام Nonjing-8201 و تجن به این بیماری (جدول ۱)، این لاین‌ها در زمره لاین‌های حساس گروه‌بندی شدند. به‌نظر می‌رسد این موضوع به علت ایجاد آلودگی مصنوعی سنگین بوده باشد. در بین ارقام مورد ارزیابی، لاین مقاوم Sumai#3 در محیط واجد تنش از نظر عملکرد بعد از لاین مقاوم Wangshui-bai قرار داشت و اختلافی از نظر عملکرد با ارقام دیگر بجز فلات نشان نداد (جدول ٤).

جدول ۱ـ اسامی لاین‌ها و واکنش آن‌ها به بیماری فوزاریوم سنبله گندم

Table 1. The studied lines and their response to Fusarium head blight

Shiroudy	شیرودی	MS	نیمه حساس
Falat	فلات	S	حساس
Pastour	پاستور	MS	نیمه حساس
Tajan	تجن	MR	نیمه مقاوم
Wangshui-bai	ونگشوبیای	R	مقاوم
Sumai # 3	سومای ۳	R	مقاوم
Nonjing-8201	نانجینگ ۸۲۰۱	MR	نیمه مقاوم

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

جدول ۲ـ تجزیه واریانس شاخص‌های مختلف در شرایط واجد و فاقد تنش

Table 2. Analysis of variance for different indices under normal and stress conditions

			شرایط واجد تنش Stress conditions						شرایط فاقد تنش Non stress conditions		
						AUDPC					
		درجهٔ آزادی d.f	DI	DS	DIX	DI	DS	DIX	تعداددانه‌درسنبله No. of grain yield	وزن هزاردانه TKW	عملکرد دانه Grian yield	تعداددانه‌در سنبله No. of grain/ head	وزن هزاردانه TKW	عملکرد دانه Grian yield
Genotype	ژنوتیپ	6	3441.03**	684.83**	615.6**	422457.76**	76357.9**	61416.1**	283.60**	132.67**	7.65**	31.08*	45.18**	15.57**
Rep.	تکرار	2	274.54*	13.14	19.42	53215.46*	574.26	2382.18	11.37	21.65**	1.46	4.96	5.51	15.33*
Error	خطا	12	87.47	19.48	15.67	8743.86	1877.00	1445.62	28.25	2.80	0.87	10.04	6.42	2.66
C.V. %		ـــ	%23.46	%29.27	%38.36	%22.49	%29.53	%40.85	%14.97	%5.42	%14.66	%7.58	%6.33	%16.31

DI: وقوع یا درصد آلودگی AUDPC: سطح زیرمنحنی پیشرفت بیماری DS: شدت آلودگی DIX: شاخص بیماری

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

* & **: Significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

جدول۳- تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های مختلف در شرایط واجد و فاقد تنش

Table 3. Combined analysis of variance for different indices under normal and stress conditions

		درجه آزادی	میانگین مربعات M S		
		d. f.	وزن هزار دانه TKW	تعداد دانه در سنبله No. of grain/ head	عملکرد Yield
Environment	محیط	1	881.59**	475.37**	138.76*
En./ Treatment	محیط/ تکرار	4	13.58	5.73	8.39
Genotype	ژنوتیپ	6	134.30**	154.18**	5.67*
Gen. × En.	ژنوتیپ × محیط	6	43.55**	170.66**	17.54**
Error	خطا	24	4.61	17.10	1.76
C. V.			% 6.06	% 10.64	% 16.24

از نظر وزن هزار دانه نیز بین لاین‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳). در ارزیابی این شاخص نیز اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط مختلف نشان داد که لاین‌های Wangshui-bai و پاستور در شرایط فاقد تنش بیشترین و رقم فلات در شرایط واجد تنش کمترین وزن هزار دانه را داشته‌اند (جدول ۵). بیشتر بودن نسبی وزن هزار دانه رقم فلات در شرایط فاقد تنش در مقایسه با شرایط واجد تنش تأثیر بیماری FHB بر وزن هزار دانه را نشان داد. این موضوع کم و بیش در خصوص سایر لاین‌ها نیز قابل مشاهده بود (جدول ۵).

تعداد دانه در سنبله شاخص دیگری است که می‌تواند همراه با وزن هزار دانه در تفسیر تغییرات میزان عملکرد مورد توجه باشد. از نظر این شاخص نیز بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳). هم‌چنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای این شاخص نیز معنی‌دار بود (جدول ۳). زیاد بودن تعداد دانه در سنبلهٔ اکثر لاین‌ها در شرایط فاقد تنش و در لاین‌های مقاوم Wangshui-bai و Sumai#3 در شرایط واجد تنش نکات قابل توجهی را مشخص کرد (جدول ۵). چنان که زیادی عملکرد ارقام Nonjing-8201 و فلات در شرایط فاقد تنش، تحت تأثیر تعداد دانه در سنبله بوده است (جدول‌های ٤ و ٥). هم‌چنین کاهش زیاد این شاخص در رقم حساس فلات از شرایط فاقد تنش به واجد تنش بیانگر تأثیر محیط بر روی این شاخص می‌باشد. قابل ذکر است که در لاین‌های مقاوم Wangshui-bai و Sumai#3 کاهشی از نظر تعداد دانه در سنبله مشاهده نگردید (جدول ۵). بنابراین از شاخص مذکور می‌توان در شرایط واجد تنش بیماری برای گزینش ارقام مقاوم استفاده نمود. هر چند که در سنبله‌های گندم با خسارت زیاد محور سنبله و در سنبلچه‌های فاقد علایم آلودگی، بذور تقریباً نرمالی تولید شده و اصولاً سنبلچه‌های دارای علایم آلودگی، بذور چروکیده با اندازهٔ کوچک‌تر و وزن هزار دانه کمتر تولید می‌کنند (Bai & Shaner, 1994). اما ممکن است درسنبلچه‌های پایینی که دارای علایم آلودگی نیز هستند، بذوری با رنگ، اندازه، وزن و کیفیت نرمال نیز تولید شوند. بنابراین به نظر تعدادی از پژوهشگران عملکرد و اجزای آن شاخص‌های معتبری برای ارزیابی میزان مقاومت به FHB هستند (Wiersma et al., 1996). مسترهازی(Mesterhazy, 1977) عملکرد دانه و وزن هزار دانه را بهترین شاخص برای گزینش ارقام مقاوم به این بیماری معرفی نمود. با توجه به نتایج حاصل علاوه بر عملکرد و وزن هزار دانه،تغییرات تعداد دانه در سنبله نیز

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

جدول ٤ـ میانگین لاین‌های گندم مورد مطالعه از نظر شاخص‌های مختلف در شرایط واجد و فاقد تنش

Table 4. Mean of the studied lines for different indices under normal and stress conditions

لاین‌ها Lines	شرایط واجد تنش Stress conditions									شرایط فاقد تنش Non stress conditions		
				AUDPC								
	DI+	DS	DIX	DI	DS	DIX	عملکرد دانه گرم در بوته Grain yield (g/pl.)	وزن هزار دانه TKW	تعداد دانه در سنبله No. of grain/ Read	عملکرد دانه گرم در بوته Grain yield (g/pl.)	وزن هزار دانه TKW	تعداد دانه در سنبله No. of grain/ Read
Shiroudy شیرودی	81.02 ab	36.05 b	29.69 b	958.87 ab	376.4 b	311 b	5.43 bc	31.96 c	28.87 bc	12.96 a	41.36 abc	36.2 c
Falat فلات	96.48 a	51.09 a	49.33 a	1098.69 a	538.6 a	496.3 a	4.14 c	19.34 e	24 c	10.34 ab	36.77 cd	45 ab
Pastour پاستور	54.49 c	21.7 c	11.23 d	532.4 d	211.3 c	155.74 d	7.10 b	32.07 c	34.53 b	8.33 bc	44.06 ab	39.53 bc
Tajan تجن	75 b	31.12 b	23.37 c	792.3 c	313 b	209.9 cd	5.86 bc	30.79 c	34.33 b	9.15 bc	39.78 bcd	44.3 ab
Wangshui-bai	26.96 d	6.77 d	5.41 e	183.7 e	81.87 d	73.65 e	8.97 a	39.97 a	45.17 a	8.97 bc	45.75 a	43.33 ab
Sumai#3	2.2 e	0.32 d	0.009 f	13.84 f	3.18 d	0.06 f	6.94 b	35.81 b	44.5 a	7.14 c	35.8 d	40.27 bc
Nonjing-8201	68.37 bc	33.98 b	23.99 c	810.3 bc	364.5 b	255.5 bc	5.60 bc	26.12 d	30.03 bc	13.08 a	36.7 cd	46.9 a

+ شرح علایم اختصاری در زیرنویس جدول ۲ آمده است.

[Downloaded from agroboredjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

جدول ۵- میانگین لاین‌های گندم مورد مطالعه در شرایط واجد و فاقد تنش از نظر شاخص‌های عملکرد و اجزای آن

Table 5. Yield and its components for the studied lines under normal and stress conditions

		عملکرد گرم در بوته Yield (g/ pl.)	وزن هزار دانه TKW	تعداد دانه در سنبله No. of grain/ head
شرایط واجد تنش Non stress conditions	Shiroudy شیرودی	5.43^{ef}	31.96^{fg}	28.87^{de}
	Falat فلات	4.16^{f}	19.34^{i}	24^{e}
	Pastour پاستور	7.10^{cde}	32.07^{fg}	34.53^{cd}
	Tajan تجن	5.86^{def}	30.79^{g}	34.33^{cd}
	Wangshui-bai	8.97^{bc}	39.97^{cd}	45.17^{a}
	Sumai # 3	6.94^{cde}	35.81^{ef}	44.5^{a}
	Nonjing-8201	5.59^{ef}	26.12^{h}	30.03^{de}
شرایط فاقد تنش Non stress conditions	Shiroudy شیرودی	12.96^{a}	41.36^{bc}	36.2^{bcd}
	Falat فلات	10.34^{b}	36.77^{de}	45^{a}
	Pastour پاستور	8.33^{bcd}	44.06^{ab}	39.53^{abc}
	Tajan تجن	9.15^{bc}	39.78^{cd}	44.3^{a}
	Wangshui-bai	8.97^{bc}	45.75^{a}	43.33^{ab}
	Sumai # 3	7.14^{cde}	35.80^{ef}	40.27^{abc}
	Nonjing-8201	13.08^{a}	36.70^{de}	46.9^{a}

می‌تواند در گزینش ارقام مقاوم و حساس مورد استفاده باشد.

همبستگی ساده شاخص‌های DI، DS، DIX و AUDPC آن‌ها با همدیگر مثبت و معنی‌دار اما همبستگی این شاخص‌ها با عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله منفی و معنی‌دار بود (جدول ٦). اوتلر و واهل (Ottler & Wahle, 2001) شاخص DS و میزان کاهش وزن دانه در سنبله را بهترین شاخص در غربال نمودن ژنوتیپ‌های مقاوم پیشنهاد نموده‌اند. مایدانر و همکاران (Miedaner et al., 1993) نیز وجود همبستگی بین شاخص‌های مختلف را گزارش نموده و استفاده از علایم ظاهری (شاخص‌های DI و DS) را در کوتاه مدت بهتر از اجزای عملکرد دانسته‌اند. در تحقیق حاضر عملکرد دانه نتوانست ارقام حساس، نیمه حساس و نیمه‌مقاوم به FHB را در شرایط واجد تنش از هم متمایز نماید. تعداد دانه در سنبله نیز همانند عملکرد دانه قابلیت تشخیص ارقام حساس، نیمه‌حساس و نیمه مقاوم را نداشت. هر چند که وزن هزار دانه در شرایط واجد تنش توانایی تمایز لاین‌های نیمه‌حساس و نیمه‌مقاوم را از خود نشان نداد ولی توانست رقم حساس را از بقیهٔ ارقام تفکیک نماید (جدول‌های ٤ و ٥).

مقایسه ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و اجزای آن در شرایط واجد تنش و فاقد تنش نه تنها امکان گزینش ارقام مقاوم را میسر می‌سازد بلکه امکان شناسایی ارقام پرمحصول در منطقه را نیز فراهم می‌نماید. به طوری که ارقام Nonjing-8201 و شیرودی در شرایط موجود منطقه (فاقد تنش) بیشترین عملکرد را داشته‌اند (جدول ٥). در مجموع چنین استنباط می‌شود که شاخص‌های عملکرد دانه و اجزای آن موقعی می‌توانند مناسب باشند که هدف گزینش ژرم پلاسم‌های مقاوم جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی نباشد.

محدودیت گسترش پاتوژن در درون سنبله (مقاومت نوع II) به عنوان مقاومت پایدار معرفی شده است (Buerstmayr et al., 1999). اسنیجر و کرچتینگ (Snijder & Krechting 1992) پایین بودن سطوح توکسین را تحت تأثیر مقاومت نوع II اعلام نمودند. زیرا

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

جدول ٦- ضرایب همبستگی خطی بین شاخص‌های مختلف ارزیابی مقاومت به فوزاریوم سنبله گندم در شرایط تحت تنش

Table 6. Linear correlation coefficiant between different indices used for fusarium head blight resistance in wheat under stress conditions

تعداد دانه در سنبله No. of grain/ head	وزن هزار دانه TKW	عملکرد دانه grain yeild	AUDPC DIX	AUDPC DS	AUDPC DI	DIX	DS		
-0.66	-0.63	-0.59	0.84	0.88	0.98	0.88	0.89+	DI	
-0.80	-0.82	-0.75	0.97	0.99	0.93	0.98	—	DS	
-0.81	-0.82	-0.80	0.99	0.98	0.93	—	—	DIX	•
-0.74	-0.68	-0.69	0.91	0.92	—	—	—	DI	AUDPC
-0.81	-0.82	-0.77	0.98	—	—	—	—	DS	
-0.82	-0.82	-0.81	—	—	—	—	—	DIX	
0.84	0.80	—	—	—	—	—	—	عملکرد دانه grain yield	
0.86	—	—	—	—	—	—	—	وزن هزاردانه TKW	

+ تمامی ضرایب همبستگی در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بودند.

انتقال توکسین از طریق گسترش آلودگی به سنبلچه‌های سالم و آلوده شدن بذور صورت می‌گیرد. بنابراین تولید توکسین در لاین‌های مقاوم مهار می‌شود. کمتر بودن غلظت توکسین در ارقام مقاوم نسبت به ارقام حساس توسط تعدادی از پژوهشگران نیز به اثبات رسیده است (Bai et al., 2001). با توجه به موارد مذکور می‌توان اذعان نمود که شاخص DS و AUDPC آن علاوه بر دارا بودن محاسن ذکر شده، شاخص شناسایی مقاومت پایدار نیز محسوب شده و به طور غیرمستقیم در گزینش ارقام از نظر مقاومت نوع III، IV و V نیز مؤثر می‌باشد. هر چند که در تعدادی از پژوهش‌ها ارتباط ضعیفی بین مقادیر توکسین و درصد یا شدت آلودگی از نظر علایم ظاهری مشاهده شده است (Mesterhazy 1995 ; Mesterhazy *et al.*, 1999)، اما می‌توان گفت که سطوح بالای مقاومت به گسترش آلودگی می‌تواند مشکل آلوده شدن دانه‌ها به توکسین را برطرف نماید. افزوده بر این، شاخص‌های عملکرد و اجزای آن که در ارتباط با مقاومت نوع V بیشترین اهمیت را دارند، از اهداف بسیار مهم در برنامه‌های اصلاحی هستند. بنابراین با لحاظ همبستگی معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن با سایر شاخص‌ها، بررسی آن‌ها نیز از اهمیت خاص خود برخوردار می‌باشند. در نهایت با مد نظر قرار دادن تمامی جوانب امر می‌توان اظهار داشت که شاخص‌های DS، AUDPC آن و وزن هزار دانه از اولویت خاصی برای گزینش ارقام مقاوم و تمایز ارقام حساس، نیمه‌حساس، نیمه مقاوم و مقاوم و نیز امکان شناسایی انواع مختلف مقاومت برخوردار هستند.

منابع مورد استفاده

References

بابادوست، م. ١٣٧٤. وقوع گونه‌های *Fusarium* در بذور و گیاهان گندم در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل. بیماری‌های گیاهی. ٣١: ١٠٠-٨٨.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

زمانی زاده، ح. و هـ. خورسندی. ۱۳۷٤. گونه‌های فوزاریوم و مایکوتوکسین‌های آن‌ها در گندم‌های استان مازندران. بیماری‌های گیاهی. ۳۱: ۳۷-۲۳.

سعیدی، ع.، ع. علیزاده.، م. سراج آذری.، م. دهقان و م. احمدیان مقدم. ۱۳۷۸. ارزیابی مقاومت نسبی ۳۰۰۰ رقم و لاین داخلی و خارجی کشور نسبت به بیماری فوزاریوم سنبله گندم. گزارش پیشرفت پروژه بیماری فوزاریوم سنبله (FHB) و راه‌های کنترل آن در ایران. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

گلزار، ح.، ع. فروتن و ج. ارشاد. ۱۳۷۷. بررسی گونه‌های جنس *Fusarium*، عامل فوزاریوز سنبله گندم و جستجوی منابع مقاومت نسبت به گونه *F. graminearum* در گرگان و مازندران. بیماری‌های گیاهی. ۳٤: ۱٦۹-۱۵۸.

ممرآبادی، م.، ع. علیزاده و م. ترابی. ۱۳۷۸. بررسی مقاومت نسبی ارقام و لاین‌های مختلف گندم به بیماری فوزاریومی سنبله گندم. گزارش پیشرفت پروژه بیماری فوزاریوم سنبله (FHB) و راه‌های کنترل آن در ایران. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

Bai, G., R. Plattner, A. Desjardins and F. Kolb. 2001. Resistance to Fusarium head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. Plant Breed. **120:** 1-6.

Bai, G. and G. Shaner. 1994. Scab of wheat: Prospects for control. Plant Dis. **78:** 760-766.

Bai, G., G. Shaner and H. Ohm. 1991. Effect of moist period on response of wheat cultivars to infection by *Fusarium graminearum*. Phytopathol. (Abstr.) **81:** 1145-1146.

Buerstmayr, H., M. Lemmens, G. Fedak and P. Ruckenbauer. 1999. Back-cross reciprocal monosomic analysis of Fusarium head blight resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Theor. Appl. Genet. **98:** 76-85.

Buerstmayr, H., B. Steiner, M. Lemmens and P. Ruckenbauer. 2000. Resistance to Fusarium head blight in winter wheat: Heritability and trait associations. Crop Sci. **40:** 1012-1018

Francis, R. G. and L. W. Burgess. 1977. Characteristics of two populations of *Fusarium roseum "graminearum"* in eastern Australia Trans. Br. Mycol. Soc. **68:** 421-427.

Jones, R. K. and C. J. Mirocha. 1999. Quality parameters in small grains from Minnesota affected by Fusarium head blight. Plant Dis. **83:** 506-511.

Marasas, W., P. Nelson and T. Tousson. 1984. Toxigenic *Fusarium* species, Identity and Mycotoxicology. Pennsylvania State University Park.

Mesterhazy, A. 1977. Reaction of winter wheat varieties to four Fusarium species. J. of Phytopathology. **90:** 104-112.

Mesterhazy, A. 1995. Types and components of resistance to Fusarium head blight. Plant Breed. **114:** 377-386.

Mesterhazy, A., T. Bartok, C. G. Mirocha and R. Komoroczy. 1999. Nature of wheat resistance to Fusarium head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. Plant Breeding. **118:** 97-110.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]

Miedaner, T., D. Borchardt and H. Geiger. 1993. Genetic analysis of inbred lines and their crosses for resistance to head blight (*Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*) in winter rye. Euphytica **65:** 123-133.

Milus, E. A. and C. E. Parsons. 1994. Evaluation of foliar fungicides for controlling Fusarium head blight of wheat. Plant Dis. **78:** 697-699.

Oettler, G. and G. Wahle. 2001. Genotypic and environmental variation of resistance to head blight in triticale inoculated with *Fusarium culmorum*. Plant Breeding. **120:** 297-300.

Oswald, J. W. 1949. Cultural variation, taxonomy and pathogenicity of Fusarium species associated with cereal root rot. Phytopatholgy. **39:** 359-376.

Ruckenbauer, P., H. Buerstmayr and M. Lemmens. 2001. Present strategies in resistance breeding against scab (*Fusarium* spp.). Euphytica **119:** 121-127.

Schroeder, H. and J. Christensen. 1963. Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. Phytopathol. **53:** 831-838.

Shaner, G. and R. Finney. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology. **67:** 1051-1056.

Snijders, C. H. A. and C. F. Krechting. 1992. Inhibition of deoxynivalenol translocation and fungal colonization in Fusarium head blight resistant wheat. Canadian J. of Botany. **70:** 1570-1576.

Snijders, C. H. A. and J. Perkowski. 1990. Effect of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. Phytopathology. **80:** 66-70.

Sutton, J. C. 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum* Canadian J. of Plant Pathol. **4:** 195-209.

Wiersma, J. V., E. L. Peters, M. L. Hanson, R.J. Bouvette and R. H. Busch. 1996. Fusarium head blight in hard red spring wheat: cultivar responses to natural epidemics. Agron. J. **88:** 223-230.

Wilcoxson, R. D., R. H. Busch and E. A. Ozmon. 1992. Fusarium head blight resistance in spring wheat cultivars. Plant Dis. **76:** 658-661.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.4.8]