

بررسی شاخص‌های ارزیابی لاین‌های گندم از نظر مقاومت به فوزاریوم سبله

Study of different indices in evaluating wheat lines for resistance to FHB

سعید اهری‌زاد^۱، محمد مقدم^۲، محمد رضا قنادها^۳، عزیز الله علیزاده^۴ و اسدالله بابای اهری^۵

چکیده

هفت لاین گندم با درجات مختلفی از مقاومت به بیماری فوزاریوم سبله در شرایط فاقد تنش (شاهد) و واجد تنش (آلودگی) در یک آزمایش مزروعه‌ای در استان گلستان در سال ۱۳۸۰ 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 مریعات لاین‌ها و نیز لاین × محیط برای همه شاخص‌ها معنی دار 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 نیمه حساس را نداشتند 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 سبله 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 سبله، گندم.

رسیده است (Bai & Shaner, 1994; Sutton, 1982). 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، ۱۳۷۴؛ بابادوست ۱۳۷۴) بیماری FHB موجب کاهش زیاد عملکرد دانه و کیفیت آن می‌شود. اثرات غیرمستقیم آن، کاهش قدرت جوانه‌زنی بذور و نامناسب بودن آرد حاصل از بذور آلوده برای تغذیه به علت وجود میکوتوكسین می‌باشد (Bai & Shaner, 1994; Milus & Parsons, 1994) آلدوده شدن محصول با میکوتوكسین که برای سلامتی انسان تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۱۱/۳۰

مقدمه

بیماری فوزاریوم سبله گندم که به نام‌های بلاست فوزاریومی سبله (Fusarium head blight) (FHB)، اسکب (Scab)، سبله سفید (White heads) و کپک صورتی (Pink mold) نیز نامیده می‌شود، یکی از بیماری‌های مهم و شایع گنبد در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب جهان بوده و پراکنده‌گی وسیعی نیز در مناطق معتدل و گرمسیری دارد (Sutton, 1982). اپیدمی این بیماری از سال ۱۸۹۰ از امریکا و سپس در بسیاری از نقاط جهان گزارش شده است. براساس گزارش‌ها آفت محصول گاهی به ۷۵%

تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۱۲/۱۲

۱- استاد دانشگاه تبریز
۲- استاد دانشگاه تبریز
۳- دانشیار دانشگاه تهران
۴- استاد دانشگاه تربیت مدرس

گلوم یا قاعده سنبله‌ها قابل رویت می‌گردد. مرگ زودرس یا سفید شدن سنبله‌ها 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 میزانی، تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی، همه‌جازی بودن پاتوژن، تولید میکوتوكسین 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).

mekanisem‌های 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 میزان 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).

FHB براساس دو مکانیسم ظاهر می‌کند:
۱) مکانیسم فعال که شامل فرآیندهای فیزیولوژیکی است. ۲) 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:

- ۱) مقاومت به آلدگی اولیه که به مقاومت نوع I مشهور است (Schroeder & Christensen, 1963).
- ۲) مقاومت به گسترش قارچ در بافت‌های میزان که مقاومت نوع II نامیده می‌شود (Schroeder & Christensen, 1963).
- ۳) مقاومت به میکوتوكسین‌ها که به مقاومت نوع III مشهور است (Snijders & Perkowiski, 1990).
- ۴) تحمل که به مقاومت نوع IV اشتهر دارد (Mesterhazy, 1995).

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 Marasas et al., (1984)، زمانی‌زاده و خورسنی (1374) و گلزار و همکاران (1377) در استان مازندران و باداوسن (1374) در منطقه مغان، غالب بودن گونه F. graminearum را گزارش نمودند. گونه F. graminearum دارای میزان‌های اختصاصی نبوده و بر روی گندم، ذرت و سایر گندمیان ایجاد بیماری می‌کند (گلزار و همکاران، 1377). با وجود این، فرانسیس و بورگس (Francis & Burgess, 1997)، اسوالد (Oswald, 1949) و ماراساس و همکاران (Marasas et al., 1984) تخصصی بودن بیماری زایی در F. graminearum را مشاهده نمودند. با وجود این که عامل این بیماری به ریشه، طوفه، ساقه و سنبله حمله می‌کند، اما آن‌ها دو جمعیت F. graminearum را به عنوان گروه I و II که به وسیله چرخه زندگی و ویژگی‌های اکولوژیکی از هم قابل تفکیک بودند، تشخیص دادند. گروه I موجب پوسیدگی طوفه می‌شود در حالی که گروه II بلاست سنبله را باعث می‌گردد. هر چند که جدایه‌های F. graminearum از نظر بیماری زایی با یکدیگر اختلاف دارند، اما نمی‌توان آن‌ها را به عنوان نژادهای اختصاصی جداگانه محسوب کرد زیرا پایداری و ثباتی ندارند. بنابراین برای ارزیابی مقاومت، آلدگی با مخلوطی از جدایه‌ها توصیه می‌شود (Bai et al., 1991).

در مزارع آلدده سنبله‌های بیمار با رنگی روشن تراز سنبله‌های سالم نمایان شده و دانه‌های داخل این سنبله‌ها بوک و چروکیده هستند. آلدگی اولیه به صورت نقاط آبسخته قهوه‌ای رنگ در قاعده یا قسمت میانی گلوم و یا بر روی محور سنبله ظاهر می‌شوند. در مراحل بعدی و انتشار آلدگی، رشد قارچ با رنگ صورتی در امتداد لبه

$$\text{FHB Index} = \text{DI} \times \text{DS}/100$$

مهم‌ترین مزیت این شاخص امکان بررسی توأم مقاومت نوع I و II می‌باشد. اجزاء عملکرد و وزن هکتولیتر نیز شاخص‌های معتری برای ارزیابی میزان مقاومت به FHB هستند (Wiersma et al., 1996). جونز و میروکا (1999) از آزمون‌های وزن هزار دانه (TKW) (Thousand kernel weight)، وزن هکتولیتر (TW) (Test weight) و درصد دانه‌های آلوده (VSK) (Visually scabby kernels) استفاده نمودند. مسترهازی (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، نیمه مقاوم، نیمه حساس و حساس به بیماری فوزاریومی سنبله 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؛ مسرا آبادی و همکاران، ۱۳۷۸). ارزیابی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان انجام گرفت. لاین‌ها در دو محیط واحد تنش (با آلودگی مصنوعی) و فاقد تنش (شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی ۲۳ تکرار در آذرماه سال ۱۳۷۹ کاشته شدند. هر واحد آزمایشی شامل دو ردیف با فاصله ۳۰ cm و ۲۰ بوته در هر ردیف با فاصله پنج سانتیمتر از هم دیگر بود. قبل از کاشت ۴۹/۵ kg/ha ازت، ۲۹/۵ kg/ha فسفر، ۱۰ kg/ha منگنز و ۱۰ kg/ha روی به خاک داده شد. همچنین از ازت به مقدار ۲۳ kg/ha

۵ مقاومت به آلوده شدن دانه که مقاومت نوع V نامیده می‌شود (Mesterhazy, 1995). مقاومت نوع I و II مربوط به علایم ظاهری گیاه میزان است. مقاومت نوع I، مقاومت میزان در برابر نفوذ پاتوژن است، در حالی که مقاومت نوع II مانع برای گسترش پاتوژن در داخل بافت میزان می‌باشد. مقاومت نوع III نشانگر توانایی گیاه میکوتوكسین در تخریب یا غیرسمی کردن میکوتوكسین است و مقاومت نوع IV به تحمل غلظت‌های بالای میکوتوكسین توسط میزان اشاره می‌نماید. با توجه به مشابه بودن نرخ ظاهری واکنش ژنتیکی‌ها به فوزاریوم سنبله اما داشتن اختلاف معنی دار از نظر شدت آلودگی (Mesterhazy, 1995; Mesterhazy et al., 1999)

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)، شدت آلودگی (Disease severity)، سطح زیرمنحنی پیشرفت (Area under the disease progress curve) بیماری (AUDPC) و شاخص بیماری (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 منعکس کننده 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 پیوسته است. ویلکوکسون و همکاران (Wilcoxon et al., 1992) DIX را براساس شاخص‌های DI و DS به قرار زیر برآورد نمودند:

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 معنی دار در بین لاین‌های مورد ارزیابی است. میانگین لاین‌ها از نظر شاخص‌های مختلف در جدول ۴ درج شده است. این جدول نه تنها وجود اختلاف بین لاین‌های مختلف را نشان می‌دهد بلکه نمایانگر تظاهر متفاوت شاخص‌های مختلف نیز هست. از نظر شاخص حساس محسوب شدن. شاخص DS رقم Wangshui-bai در زمرة ارقام DS نیز جزو ارقام مقاوم با لاین #3 Sumai 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 نیمه حساس را دارد. شاخص DIX که متأثر از دو شاخص DI و DS است، لاین #3 Sumai 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 چرخه آن منعکس می‌کند، تقریباً نتایجی مشابه با خود شاخص‌ها داشت. هر کدام از این شاخص‌ها مزایا و معایبی دارند. به نظر باز و شنر (Bai & Shaner, 1994) و روکنباور و همکاران (Ruckenbauer et al., 2001) آن، معیارهای خوبی برای بررسی مقاومت نوع I و II بوده و سادگی ارزیابی این شاخص‌ها مهم ترین حسن آن‌ها تلقی می‌شود. اما این شاخص‌ها نه تنها امکان ارایه

به صورت سرک در مرحله سه برگی استفاده گردید. بدوز قبیل از کاشت با کربوکسین تیرام ضدغوفونی شدند. برای دفع علف‌های هرز به صورت مکانیکی اقدام گردید.

برای آلودگی مصنوعی از روش بورست‌مایر و همکاران (2000) (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 صحیح و عصر با غلظت ماده تلچیح ۱۰٪ اسپور در هر میلیلتر انجام شد. این آلودگی در هفت زمان مختلف در مدت یک ماه تکرار گردید. برای ایجاد شرایط مرتبط جهت اشاعه بیماری از سیستم مه‌پاش (Mist irrigation) استفاده شد.

سنبله‌ها و سنبچه‌های دارای هر یک از علایم آلودگی به ترتیب به عنوان درصد آلودگی و شدت بیماری در ۲۸، ۳۵ و ۴۰ روز بعد از آلودگی مصنوعی یعنی با مشاهده علایم بیماری در واریته حساس، شمارش شدند. شدت بیماری از طریق درصد سنبچه‌های آلوده هر سنبله براساس ۱۰ بوته در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد (Bai & Shaner, 1994). شاخص DS بیماری (FHB Index) نیز براساس شاخص‌های DI و AUDPC برآورد گردید (Wilcoxon et al., 1992). شاخص AUDPC برای درصد آلودگی، شدت آلودگی و شاخص بیماری بستا 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 آم xi: نامین روز مشاهده n: تعداد کل مشاهدات در این تحقیق DI و DS در آخرین تاریخ ارزیابی مورد بررسی قرار گرفتند.

در سنبله در شرایط فاقد و واجد تنش و نیز در متوسط شرایط مذکور بود. در تجزیه واریانس این صفات F معنی‌داری در بین ارقام مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). در بررسی هر سه صفت معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنتیپ × محیط بیانگر عدم وجود روند یکنواخت تغییرات ژنتیپ‌ها از نظر شاخص‌های مذکور در شرایط مختلف بوده است (جدول ۳). بنابراین، از نظر این شاخص‌ها، امکان غربال نمودن ژنتیپ‌های برتر با لحاظ کردن تأثیر محیط، وجود خواهد داشت. از نظر عملکرد دانه، برتری ارقام Nonjing-8201، شیروودی و فلات در شرایط فاقد تنش (جدول ۴) و ارقام Nonjing-8201 و شیروودی به طور توان در دو محیط مشاهده شد (جدول ۵)، در حالی که لاین‌های فلات، شیروودی، Nonjing-8201 و تجن در شرایط واجد تنش از کمترین عملکرد دانه نسبت به بقیه برخوردار بودند (جدول‌های ۴ و ۵). 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 زمرة لاین‌های حساس گروه‌بندی شدند. به نظر می‌رسد این موضوع به علت ایجاد آلودگی مصنوعی سنگین بوده باشد. در بین ارقام مورد ارزیابی، لاین مقاوم Wangshui-bai 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 ۴).

اطلاعاتی از توسعه پاتوژن در داخل سنبله را ندارند بلکه به راحتی نمی‌توانند ارقام پیاس و نیمه حساس را از یکدیگر متمایز نمایند (جدول ۴). شاخص بیماری AUDPC (DIX) و آن نیز نه تنها امکان تفکیک ارقام نیمه مقاوم و نیمه حساس را نداشتند، بلکه قدرت غربال کردن ارقام مقاوم را نیز از خود نشان ندادند (جدول ۴). 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 (Wilcoxon et al., 1992). این پژوهشگران مفید بودن شاخص DI را مبنی‌به بالا بودن شدت آلودگی ذکر کرده‌اند. با وجود شدید بودن آلودگی در DIX این پژوهش، ضعیف بودن قدرت تمایز شاخص DI ممکن است ناشی از شاخص DI نباشد. در یک شاخص‌های بحث شده به نظر می‌رسد که DS و AUDPC مربوط به آن در شرایط موجود، بازده بهتری داشته‌اند. زیرا علاوه بر تمایز رقم حتناس 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 ۴).

شاخص‌های عملکرد دانه و اجزای آن

از شاخص‌های دیگری که برای تمایز ارقام استفاده گردید، میزان عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه

جدول ۱- اسامی لاین‌ها و واکنش آن‌ها به بیماری فوزاریوم سنبله گندم
Table 1. The studied lines and their response to Fusarium head blight

Shiroudy	شیروودی	MS _ه	نیمه حساس
Falat	فلات	S _ه	حساس
Pastour	پاستور	MS _ه	نیمه حساس
Tajan	تجن	MR _ه	نیمه مقاوم
Wangshui-bai	ونگشیای	R _ه	مقاوم
Sumai # 3	سمای ۳	R _ه	مقاوم
Nonjing-8201	نانجینگ ۸۲۰۱	MR _ه	نیمه مقاوم

جدول آنچه برایه واریانس میانحرم های مختلف در شرایط واحد و واحد تری
Table 2. Analysis of variance for different indices under normal and stress conditions

Non stress conditions										Stress conditions									
AUDPC										Shrivelled and shrivelled									
	DI	DS	DIX	DI	DS	DIX	Grian	TKW	No. of grain	Grian	TKW	No. of grain/	Head	TKW	No. of grain/	head	Shrivelled	Shrivelled	
Rep.	d.f.																		
Genotype	6	3441.03**	684.83**	615.6**	422457.76**	76357.9**	61416.1**	7.65**	132.67**	283.60**	15.57**	45.18**	31.08*						
Rep.	2	274.54*	13.14	19.42	53215.46*	574.26	2382.18	1.46	21.65**	11.37	15.33*	5.51	4.96						
Error	12	87.47	19.48	15.67	8743.86	1877.00	1445.62	0.87	2.80	28.25	2.66	6.42	10.04						
C.V. %		%623.46	%629.27	%638.36	%622.49	%629.53	%640.85	%614.66	%65.42	%614.97	%616.31	%66.33	%7.58						

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

سطح زیر منتهی پیشرفت یماری

1A: و نوع يارCDC الودي
* * * بيه ترتيب معنى دار در

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

* و ** بیه ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

دریاچه تریب معنی دارد.

جدول ۳- 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 d. f.	وزن هزار دانه TKW	M S		میانگین مزیمات
			تعداد دانه در سنبله No. of grain/ head	عملکرد Yield	
Environment	محیط	1	881.59**	475.37**	138.76*
En./ Treatment	محیط / نکار	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

Nonjing-8201 و فلات در شرایط فاقد تنش، تحت تأثیر تعداد دانه در سنبله بوده است (جدول‌های ۴ و ۵). 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 سنبله‌های فاقد علایم آلودگی، بذور تقریباً نرمالی تولید شده و اصولاً سنبله‌های دارای علایم آلودگی، بذور چروکیده با اندازه کوچک‌تر و وزن هزار دانه کمتر تولید می‌کنند (Bai & Shaner, 1994). اما ممکن است در سنبله‌های 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 (1977) (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

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 سنبله 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). چنان‌که زیادی عملکرد ارقام

جدول ۴- میانگین لاین‌های گندم مورد مطالعه از نظر شاخص‌های مختلف در شرایط وابد و فاقد تنش

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

LINES	Stress conditions						Non stress conditions					
	AUDPC						شرايط وابد تشن					
	DI ^t	DS	DIX	DI	DS	DIX	TKW	No. of grain/Read	TKW	No. of grain/Read	TKW	No. of grain/Read
Shiroudy شرودي	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 فالات	96.48 ^a	51.09 ^a	49.33 ^a	1098.69 ^a	538.6 ^a	496.3 ^a	4.14 ^c	19.34 ^c	24 ^c	10.34 ^{ab}	36.77 ^{cd}	45 ^{ab}
Pastour پاسور	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 تاجان	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 وانگشوي-باي	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 ^b	8.97 ^{bc}	45.75 ^a	43.33 ^{ab}
Sumaiii#3 سوماي	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}
Nanjing-8201 نانجینج-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

+ شرط عالیم اختصاری در زیرنویس جدول آمده است.

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 بونه		وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله
		Yield (g/pl.)	TKW		No. of grain/ head
شرایط واجد تنش	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 ^b	30.03 ^{de}
شرایط قاقد تنش	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

توانایی تمايز لاین‌های نیمه حساس و نیمه مقاوم را از خود نشان نداد ولی توانت رقیم حساس را از بقیه ارقام تفکیک نماید (جدول‌های ۴ و ۵).

مقایسه ژنتیک‌ها 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 رانیز فراهم می‌نماید. به طوری که ارقام Nonjing-8201 و شیرودی در شرایط موجود منطقه (فاقد تنش) بیشترین عملکرد را داشته‌اند (جدول ۵). در مجموع چنین استباط می‌شود که شاخص‌های عملکرد دانه و اجزای آن موقعی می‌توانند مناسب باشند که هدف گزینش زرم پلاسم‌های مقاوم جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی باشد.

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

می‌تواند در گزینش ارقام مقاوم و حساس مورد استفاده باشد.

همبستگی ساده شاخص‌های AUDPC آن‌ها با همدیگر مثبت و معنی دار اما همبستگی این شاخص‌ها با عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله منفی و معنی دار بود (جدول ۶). اوتلر و واهل (Ottler & Wahle, 2001) شاخص DS و میزان کاهش وزن دانه در سنبله را بهترین شاخص در غربال نمودن ژنتیک‌های 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 توانت ارقام حساس، نیمه حساس و نیمه مقاوم به FHB را در شرایط واجد تنش از هم متمایز نماید. تعداد دانه در سنبله نیز همانند عملکرد دانه قابلیت تشخیص ارقام حساس، نیمه حساس و نیمه مقاوم را نداشت. هر چند که وزن هزار دانه در شرایط واجد تنش

جدول ۶- ضرایب همبستگی خطی بین شاخص‌های مختلف ارزیابی مقاومت به فوزاریوم سبله گندم
در شرایط تحت تنش

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

No. of grain/ head	تعداد دانه در سبله TKW	وزن هزار دانه grain yield	AUDPC							
			DIX	DS	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		
-0.81	-0.82	-0.77	0.98	—	—	—	—	DS	AUDPC	
-0.82	-0.82	-0.81	—	—	—	—	—	DIX		
0.84	0.80	—	—	—	—	—	—	عملکرد دانه grain yield		
0.86	—	—	—	—	—	—	—	وزن هزار دانه TKW		

+ تمامی ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بودند.

می‌توان گفت که سطوح بالای مقاومت به گسترش آلدگی می‌تواند مشکل آلدده شدن دانه‌ها به توکسین را بر طرف نماید. افزوده بر این، شاخص‌های عملکرد و اجزای آن که در ارتباط با مقاومت نوع ۷ 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 می‌باشد. در نهایت با مر نظر قرار دادن تمامی جواب امر می‌توان اظهار داشت که شاخص‌های DS، AUDPC آن و وزن هزار دانه از اولویت خاصی برای گزینش ارقام مقاوم و تمایز از قام حساس، نیمه حساس، نیمه مقاوم و مقاوم و نیز امکان شناسایی انواع مختلف مقاومت برخوردار هستند.

انتقال توکسین از طریق گسترش آلدگی به سبله‌چهای سالم و آلدده 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 محسن ذکر شده، شاخص شناسایی مقاومت پایدار نیز محسوب شده و به طور غیر مستقیم 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 آلدگی از نظر علایم ظاهری مشاهده شده است (Mesterhazy 1995 ; Mesterhazy et al., 1999)

References

- بابادوست، م. ۱۳۷۴. وقوع گونه‌های Fusarium در بذور و گیاهان گندم در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل. بیماری‌های گیاهی. ۳۱: ۸۸-۱۰۰.

منابع مورد استفاده

زمانی زاده، ح. و هـ. خورستندی. ۱۳۷۴. گونه‌های فوزاریوم و مایکوتوكسین‌های آن‌ها در گندم‌های استان مازندران. بیماری‌های گیاهی. ۳۱: ۳۷-۲۲.

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 سبله گندم. گزارش پیشرفت پروژه بیماری فوزاریوم سبله (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 سبله گندم و جستجوی منابع مقاومت نسبت به گونه *F. graminearum* در گرگان و مازندران. بیماری‌های گیاهی. ۳۴: ۱۶۹-۱۵۸.

مهرآبادی، م.، ع. علیزاده و م. ترابی. ۱۳۷۸. بررسی مقاومت نسبی ارقام و لاین‌های مختلف گندم به بیماری فوزاریومی سبله گندم. گزارش پیشرفت پروژه بیماری فوزاریوم سبله (FHB) و راه‌های کنترل آن در ایران. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه 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.

- 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 zaeae*. *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.