

تجزیه و تحلیل مقاومت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در نژادگان‌های گندم امیدبخش سال ۱۳۹۲ اقلیم گرم و مرطوب شمال

علی ملیحی پور^{۱*}، محمدعلی دهقان^۲ و کمال شهبازی^۳

۱. استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲. مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۳. مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پارس آباد، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۱۶)

چکیده

بیماری بلایت فوزاریومی سنبله که توسط گونه‌های مختلف قارچ *Fusarium* به ویژه گونه *Fusarium graminearum* ایجاد می‌شود یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم در ایران به ویژه در اقلیم گرم و مرطوب کشور است که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. در این پروژه شمار ۲۰ نژادگان (ژنوتیپ) گندم مربوط به آزمایش‌های مقایسه عملکرد امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-1392) در دو سال در شرایط مزرعه در دو منطقه گرگان و مغان نسبت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله با هدف شناسایی و گزینش نژادگان‌های دارای مقاومت به بیماری، آزمایش شدند. ارزیابی نژادگان‌های آزمایشی و تجزیه مرکب داده‌های مربوط به میزان رخداد، شدت و شاخص بیماری و میزان آلودگی دانه به بیماری نشان داد که برای هر چهار صفت گفته شده، تفاوت معنی‌داری بین نژادگان‌ها وجود دارد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد، پنج نژادگان آزمایشی N-92-3، N-92-1 (رقم مروارید)، N-92-19، N-92-4، و N-92-9 با داشتن پایین‌ترین میانگین رخداد، شدت و شاخص بیماری و آلودگی دانه و کسب بهترین میانگین رتبه از چهار صفت مورد بررسی، به عنوان مقاوم‌ترین نژادگان‌های آزمایشی به شمار می‌روند. پایین بودن میزان رخداد بیماری و آلودگی دانه در نژادگان‌های گفته شده می‌تواند دلیلی بر وجود به ترتیب مقاومت نوع I و IV در آن‌ها باشد. بنا بر نتایج به دست آمده از این تحقیق، چهار نژادگان آزمایشی N-92-3، N-92-19، N-92-4، و N-92-9 می‌توانند نامزدهای مناسبی برای جایگزینی رقم‌های قدیمی تر در این اقلیم باشند.

واژه‌های کلیدی: بلایت فوزاریومی سنبله، گندم، مقاومت، اقلیم گرم و مرطوب شمال، *Fusarium graminearum*

Analysis of Resistance to Fusarium head blight (FHB) among the Genotypes of 2012 Elite Wheat Genotypes of the North Warm and Humid Zone in Iran

Ali Malhipour^{1*}, Mohammadali Dehghan², and Kamal Shahbazi³

1. Assistant professor, Cereal Research Department, Seed & Plant Improvement Institute (SPII), AREEO, Karaj, Iran

2. Instructor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

3. Instructor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Parsabad, Iran

(Received: October 22, 2016 - Accepted: August 7, 2017)

ABSTRACT

Fusarium head blight (FHB), which is caused mainly by *Fusarium graminearum*, is one of the most important diseases of wheat in Iran which reduces wheat yield and quality especially in northern parts of the country. For the purpose of identifying and selecting FHB-resistant genotypes, the reactions of 20 lines of the Elite Regional Wheat Yield Trials from the North warm and humid zone in 1392 (ERWYT-N-1392) were determined to FHB under field conditions in two locations for two years. Results of combined analysis of variance of several datasets including disease incidence, severity, and index and Fusarium-damaged kernels (FDK) from two locations (Gorgan and Moghan) in two years (1393 and 1394) showed significant differences among the genotypes for all datasets. Results of the present investigation showed that five genotypes of N-92-3, N-92-1 (cv. Morvarid), N-92-19, N-92-4, and N-92-9 having the lowest disease incidence, severity and disease index and FDK, and the best means of ranks from these traits were the most resistant lines under field conditions. Low disease incidence and FDK in these genotypes may indicate the presence of type I and type IV resistances, respectively. Based on the results of this research, the experimental lines N-92-3, N-92-19, N-92-4, and N-92-9 may be proposed as candidate lines to replace the older cultivars in this region, if their high yield and resistance to other diseases is confirmed as well.

Keywords: Wheat, Fusarium head blight (FHB), *Fusarium graminearum*, resistance, North warm and humid zone.

* Corresponding author E-mail: a.malhipour@areeo.ac.ir

مقدمه

گندم به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین و نشاسته مورد نیاز نقش اساسی را در تغذیه مردم ایران ایفا می‌کند. با توجه به نبود امکان افزایش سطح زیر کشت گندم به منظور افزایش تولید این محصول به دلیل محدودیت‌های مختلفی که در زمینه خاک زراعی قابل استفاده و آب وجود دارد، بیشترین تمرکز باید روی افزایش عملکرد در واحد سطح، اصلاح کیفیت محصول، و کاهش ضایعات آن صورت گیرد.

گندم هر ساله در نتیجه ابتلا به بیماری‌های مختلف به ویژه بیماری‌های قارچی متحمل آسیب زیادی می‌شود. بیماری بلایت فوزاریومی سنبله (*Fusarium head blight*) که توسط گونه‌های مختلف قارچ *Fusarium* به ویژه گونه *Fusarium graminearum* ایجاد می‌شود یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم است که در مناطق مختلف جهان به ویژه در اقلیم گرم و مرطوب باعث آسیب به این محصول می‌شود (Bai & Shaner, 2004). این بیماری افزون بر کاهش عملکرد گندم، روی کیفیت محصول نیز تأثیر بسیار زیانباری دارد. دانه‌های گندم آلوده به بیماری ممکن است میزان زیادی از قارچ‌زهرها (*mycotoxins*) همچون دی‌اوکسی‌نیوالنول (deoxynivalenol) و زیرالنون (zearalenone) داشته باشند که تهدیدی جدی برای بهداشت انسان و دام و سلامت مواد غذایی به شمار می‌رود (McMullen et al., 1997; Bai and Shaner, 1994; Sutton, 1982; Parry et al., 1995).

در سه دهه اخیر همه‌گیری‌های (epidemic) گسترده‌ای از این بیماری در مناطق مختلف جهان روی داده است. ایالات متحده آمریکا، کانادا و چین سه کشوری هستند که بیماری در آن‌ها به شدت مشکل ساز بوده است. در سال ۱۹۹۹ میلادی وزارت کشاورزی آمریکا این بیماری را به عنوان بدترین بیماری گیاهی اعلام کرد که این کشور پس از همه‌گیری بیماری زنگ سیاه در دهه ۱۹۵۰ با آن روبه‌رو بوده است (Wood et al., 1999). در کانادا، همه‌گیری این بیماری در سال ۱۹۸۰ در شرق کانادا و در سال ۱۹۹۳ در استان مانیتوبا این کشور را وادار کرد تا در مسیر یافتن رقم‌های مقاوم به بیماری و اتخاذ راهبردهای مناسب برای مهار (کنترل) بیماری قرار

گیرد (Gilbert and Haber, 2013). بیماری بلایت فوزاریومی در این دو کشور همچنان اهمیت دارد و در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۵ بیماری در برخی مناطق آمریکا به صورت همه‌گیری درآمده است (Bolanos et al., 2016). در چین، بیماری در یک دهه گذشته از دره‌های میانی و پایینی رود یانگ‌تسه (Yangtze River) به مناطق کشت گندم زمستانه رود زرد (Yellow River) و رود هوای (Huai River) گسترش یافته و همه‌گیری‌های شدیدی از بیماری در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ روی داده است (Chen et al., 2016). مساحت مناطق کشت گندم زمستانه حوزه رودهای زرد و هوای، ۱۴/۱ میلیون هکتار (بیش از ۴۵٪ سطح کشت گندم چین) و میزان تولید گندم آن، ۶۴/۲ میلیون تن (بیش از ۵۰٪ گندم کشور) است (Lu et al., 2016). در ایران، با اینکه این بیماری از زمان‌های دور به طور پراکنده در برخی استان‌ها وجود داشته است ولی از اوایل دهه ۱۳۶۰ آلودگی زیادی از آن به ویژه در استان‌های گلستان و مازندران مشاهده شده است (Bamdadian and Torabi, 1983). از اوایل دهه ۱۳۷۰ تاکنون، افزون بر مناطق شمالی کشور و منطقه مغان که بلایت فوزاریومی سنبله به صورت محلی (endemic) در این مناطق وجود داشته و هر چند سال یکبار به صورت همه‌گیر در آمده است، بیماری به طور غیرمعمول در سال ۱۳۷۵ در برخی مناطق استان هرمزگان و در سال ۱۳۷۶ در برخی گندمزارهای جیرفت واقع در استان کرمان آسیب وارد کرده است (Malihipour, Unpublished data). آخرین گزارش از همه‌گیری بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در ایران به سال ۱۳۹۰ در منطقه مغان برمی‌گردد که در آن آسیب قابل توجهی به رقم‌های حساس گندم وارد شد (Vahabzadeh, Pers. commun.). این بیماری همچنان در نواحی شمالی ایران و منطقه مغان اهمیت داشته و یکی از دغدغه‌های اصلی تولیدکنندگان گندم در این مناطق به شمار می‌رود.

برای مدیریت و مهار بیماری بلایت فوزاریومی سنبله روش‌های مختلفی شامل روش‌های زراعی، شیمیایی، زیستی (بیولوژیکی) و استفاده از رقم‌های مقاوم بیان شده‌اند. تولید و استفاده از رقم‌های مقاوم عملی‌ترین،

زمستانه رقم ترومن (Truman) (McKendry *et al.*, 2005) و دو رقم گندم بهاره استیل-ND (Steele-ND) (Mergoum *et al.*, 2005) و گلن (Glenn) (Mergoum *et al.*, 2006) وجود داشته باشد. افزون بر این‌ها، در سال ۲۰۰۹ یک رقم گندم زمستانه با نام شنگسون ۶ (Shengxuan 6) در چین معرفی شده است که افزون بر عملکرد بالا، مقاومت بسیار خوبی در برابر بیماری بلایت فوزاریومی سنبله دارد. با توجه به اهمیت بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور، از اوایل دهه ۱۳۷۰ تاکنون با مستقر شدن تحقیقات بیماری‌شناختی (پاتولوژی) غلات در بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ارزیابی همه نژادگان‌های آزمایشی گندم مربوط به برنامه اصلاح گندم اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور نسبت به این بیماری در دستور کار قرار گرفت. از آن زمان تاکنون، هزاران رگه و رقم گندم تولیدشده در کشور یا دریافتی از منابع خارجی از نظر مقاومت به این بیماری بررسی و از بین آن‌ها مواد مقاوم به بیماری انتخاب شده‌اند. نتیجه این اقدام‌ها، معرفی رقم متحمل به بیماری تجن در سال ۱۳۷۴، رقم نیمه‌متحمل شیرودی در سال ۱۳۷۶، دو رقم متحمل آرتا و دریا و رقم نیمه‌متحمل مغان ۳ در سال ۱۳۸۵، رقم مقاوم مروارید در سال ۱۳۸۸ و در نهایت رقم نیمه‌متحمل گنبد در ۱۳۹۲ بود. امروزه، دو رقم مروارید و گنبد سطح به نسبت گسترده‌ای از اقلیم گرم و مرطوب شمال شامل استان‌های گلستان و مازندران و منطقه مغان را زیر پوشش خود دارند. این تحقیق به منظور تجزیه و تحلیل مقاومت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در نژادگان‌های گندم مربوط به آزمایش‌های مقایسه عملکرد یکنواخت امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92) نسبت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در شرایط مزرعه بود. بنا بر نتایج به دست آمده از این تحقیق، نژادگان‌های با مقاومت مطلوب در برابر این بیماری برای معرفی در سطح اقلیم گرم و مرطوب شمال پیشنهاد خواهند شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این تحقیق، ۲۰ نژادگان گندم مربوط به آزمایش‌های

اقتصادی‌ترین و سالم‌ترین روش از نظر زیست‌محیطی برای مهار پایدار این بیماری به شمار می‌رود (Yang *et al.*, 2005). نخستین گام برای تولید رقم‌های مقاوم به بیماری، مقایسه رقم‌ها و رگه (لاین)‌های مختلف گندم از نظر مقاومت به بیماری و شناسایی منابع مقاومت به آن است. Arthur (1891) نخستین پژوهشگری بود که تفاوت در مقاومت/حساسیت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله را در بین رقم‌های گندم گزارش کرد. از آن زمان تاکنون تلاش‌های زیادی برای یافتن منابع مقاومت به بیماری برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی صورت گرفته است. در حال، بیشتر محققان به این نتیجه رسیده‌اند که هیچ گندمی در برابر این بیماری مصون نبوده و تنها موارد معدودی گندم مقاوم وجود دارد (Bai & Shaner, 2004). منابع مقاومت معروف و شناخته شده برای این بیماری شامل سومای ۳ (Sumai 3) و مشتقات آن از چین، نوبوکابوزو-کوموجی (Nobeokabouzu-komugi)، شینچوناگا (Shinchunaga)، نیوبای (Nyu Bai) و مشتقات آن‌ها از ژاپن و فرونتانا (Frontana) و انکروزیلهدا (Encruzilhada) از برزیل هستند (Bai & Shaner, 2004). شماری از خویشاوندان وحشی گندم نیز به عنوان منابع مقاومت به بیماری شناسایی شده (Ban, 1997; Liu *et al.*, 2003; Buerstmayr *et al.*, 2003; Wan *et al.*, 1997a; Shen *et al.*, 2004; Wan *et al.*, 1997b) و در مواردی کروماتین خارجی حامل ژن‌های مقاومت به این بیماری از گونه‌های وحشی به گندم زراعی منتقل شده‌اند (Chen & Liu, 2000; Liu *et al.*, 2003; Fedak *et al.*, 2003; Han & Fedak, 2003). از رقم‌های تجاری گندم، سه رقم آرینا (Arina)، رنان (Renan) و پراگ-۸ (Praag-8) از جمله رقم‌های زمستانه بوده و در کشورهای اروپایی معرفی شده‌اند، به عنوان نژادگان (ژنوتیپ)‌های مقاوم به بیماری گزارش شده‌اند (Ruckenbauer *et al.*, 2003; Gervais *et al.*, 2001; Snijders, 1990). در ایالات متحده آمریکا، دو رقم گندم زمستانه ارنی (Ernie) و فریدم (Freedom) در شرایط مزرعه درصد رخداد و شدت کمی از بیماری از خود نشان داده‌اند (Rudd *et al.*, 2001). همچنین، گفته می‌شود که مقاومت به بیماری در چندین رقم گندم به نسبت جدید معرفی شده در آمریکا از جمله در گندم

جدول ۱ نشان داده شده است. شایان یادآوری است که از بین نژادگان‌های آزمایشی گفته شده در جدول ۱، دو شماره ۱ و ۲ به ترتیب رقم‌های شاهد تجاری مروارید و گنبد هستند که امروزه در اقلیم گرم و مرطوب شمال کشت می‌شود.

مقایسه عملکرد امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92) به همراه دو رقم گندم سومای ۳ (Sumai 3) و فلات به ترتیب به عنوان شاهد‌های مقاوم و حساس به بیماری آزمایش شدند. ویژگی‌های نژادگان‌های مورد استفاده در این بررسی، در

جدول ۱. نام، شجره و منشأ نژادگان‌های گندم آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق به همراه شاهد‌های مقاوم و حساس
Table 1. Names, pedigrees, and origin of the genotypes used in the present study along with the resistant and susceptible checks

Genotype	Pedigree	Origin
N-92-1	Morvarid	-
N-92-2	Gonbad	-
N-92-3	SHIROODI/6/LUAN/4/V763.23/3/V879.C8//PVN/5/PICUS/7/HUA 8759	GORGAN
N-92-4	CHAMRAN/6/LUAN/4/V763.23/3/V879.C8//PVN/5/PICUS/7/MILAN/SHA7	GORGAN
N-92-5	ATRAK//ATTILA/3*BCN/3/MILAN/SHA7	GORGAN
N-92-6	ATTILA*2/PBW65/6/PVN//CAR422/ANA/5/BOW/CROW//BUC/PVN/3/YR/...	5EBWYT ¹
N-92-7	SHA7/VEE#5/5/VEE#8//JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WEAVER/6/SKAUZ/PARUS//PARUS	31ESWYT ²
N-92-8	QUAIU	31ESWYT
N-92-9	VOROBAY	21HRWSN ³
N-92-10	KLCQ/ER2000//WBLL1	21HRWSN
N-92-11	PRL/VEE#6//CLMS/3/METSO/4/WBLL1	21HRWSN
N-92-12	SHA3/CBRD//PRL/2*PASTOR	21HRWSN
N-92-13	CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/BAV92/4/BERKUT	21HRWSN
N-92-14	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//KAUZ/3/ATTILA/4/BOW/PRL//BUC/3/WH576	21HRWSN
N-92-15	PBW343*2/KUKUNA/3/PASTOR//CHIL/PRL/4/PBW343*2/KUKUNA	43IBWSN ⁴
N-92-16	BERKUT//PBW343*2/KUKUNA	43IBWSN
N-92-17	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//KAUZ/3/ATTILA/4/BOW/PRL//BUC/3/WH576	43IBWSN
N-92-18	PASTOR/KAUZ/6/CNDO/R143//ENTE/MEXI_2/3/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)/4/...	43IBWSN
N-92-19	PBW343/TONI//TROST/3/SOVA	43IBWSN
N-92-20	NG8201/KAUZ/4/SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/5/MILAN/KAUZ/6/ACHYUTA/7/PBW343*2/...	43IBWSN
Sumai 3 (Res. check)	-	-
Falat (Sus. check)	-	-

- 5th Elite Bread Wheat Yield Trial received from International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico.
- 31th Elite Spring Wheat Yield Trial received from International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico.
- 21th High Rainfall Wheat Screening Nursery received from International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico.
- 43th International Bread Wheat Screening Nursery received from International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico.

میلی‌لیتر میزان ۵ گرم کاه گندم آسیاب شده به همراه ۱۲۵ میلی‌لیتر آب شیر ریخته شده و به فاصله ۲۴ ساعت دو بار در اتوکلاو سترون (استریل) شد. پس از این مرحله، قطعه‌های کوچکی به قطر حدود ۵-۳ میلی‌متر از محیط‌های کشت PDA که حدود ده روز پیش جدایه‌های مورد نظر قارچ عامل بیماری (*F. graminearum*) به‌طور جداگانه روی آن‌ها کشت داده شده بودند، برداشته و

تهیه مایه تلقیح بیماری

برای تهیه مایه تلقیح بیماری برای خزانه‌های آزمایشی در هر دو منطقه اجرای آزمایش، مخلوط پنج جدایه (ایزوله) قارچ عامل بیماری (*F. graminearum*) گردآوری شده از منطقه مربوطه در نظر گرفته شد. تهیه مایه تلقیح با استفاده از روش تعدیل‌شده وگنر (Wegener, 1992) انجام شد. برای این منظور، در ارلن‌های به حجم ۲۵۰

McMullen, 1994). افزون بر آن، پس از برداشت بوته-های هر کرت، کوبیدن آن‌ها و نمونه‌برداری از دانه‌های به‌دست‌آمده، اقدام به شمارش دانه‌های آلوده و سالم و تعیین درصد دانه‌های آلوده به بیماری برای هر نژادگان شد.

تجزیه داده‌ها

به‌منظور تجزیه داده‌های پدیدگانی (فنوتیپی) گردآوری شده از اجرای آزمایش‌ها در مدت دو سال در دو منطقه و مقایسه میانگین‌های مقادیر بیماری نژادگان‌های آزمایشی از نرم‌افزار SAS استفاده شد. پیش از انجام تجزیه واریانس، داده‌های پدیدگانی با استفاده از رویه PROC UNIVARIATE برای عادی (نرمال) بودن آزمایش شدند و به‌علت تبعیت نکردن اشتهای باقی‌مانده (Residuals) از توزیع نرمال، روی داده‌ها عملیات تبدیل داده از نوع آرکسینوس (Arcsine) انجام گرفت.

تجزیه واریانس داده‌های مرکب با استفاده از رویه PROC MIXED و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌های صفات مختلف به روش توکی انجام گرفت. در مدل آماری مربوطه، اثر نژادگان، ثابت و اثرهای سال، مکان و بلوک، تصادفی در نظر گرفته شدند. بنا بر نتایج مقایسه میانگین برای صفات مختلف، رتبه‌بندی نژادگان‌ها با روش Ketata et al. (1989) انجام گرفت. بدین‌گونه که در آغاز رتبه‌بندی نژادگان‌ها برای هر صفت بر پایه مقایسه میانگین مربوط به آن صفت انجام گرفت و پس از آن با جمع‌کردن رتبه هر نژادگان برای صفات مختلف و میانگین‌گیری از آن اقدام به تعیین رتبه نهایی هر نژادگان بر پایه میانگین رتبه اکتسابی آن برای صفات مختلف شد.

نتایج و بحث

شرایط استاندارد آزمایشی از نظر استقرار و گسترش بیماری در هر دو منطقه اجرای آزمایش در هر دو سال، امکان مقایسه دقیق نژادگان‌های آزمایشی و تصمیم‌گیری درباره مقاومت/حساسیت آن‌ها را فراهم کرد. افزون بر اینکه هر دو منطقه اجرای آزمایش (گرگان و مغان) به‌طور طبیعی از نظر دما، رطوبت و دیگر متغیرهای جوی برای استقرار بیماری مطلوب بودند، برقراری آبیاری مه‌پاشی در

درون ارلن‌ها ریخته شدند. سپس، ارلن‌ها روی شیکر دورانی با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای ۳۰-۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از گذشت حدود ۹۶ ساعت اسپورهای فراوانی از قارچ به دست آمد. مایه تلقیح به‌دست‌آمده در این روش از پارچه ممل عبور داده شد تا بقایای قارچی روی پارچه باقی‌مانده و اسپورهای بدون بقایا در ظرف دیگری گردآوری شوند. در نهایت، غلظت اسپورها به حدود 5×10^4 اسپور در هر میلی‌لیتر از محلول رسانده شده و برای مایه‌زنی‌های مربوطه استفاده شدند.

بررسی واکنش مواد آزمایشی

نژادگان‌های مورد نظر به مدت دو سال یعنی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در شرایط مزرعه در دو منطقه از کشور یعنی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی عراقی محله (گرگان) و اولتان (مغان) بررسی شدند. در هر دو منطقه اجرای آزمایش، مواد آزمایشی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شدند. برای اجرای آزمایش، در فصل کاشت اقلیم گرم و مرطوب شمال (اواخر پاییز) هرکدام از نژادگان‌های آزمایشی روی یک خط ۱٫۵ متری کاشته شده، عملیات معمول (آبیاری، کوددهی، مدیریت و مهار علف‌های هرز و ...) به‌منظور رساندن گیاهان به مرحله سنبله‌دهی انجام شد. به‌محض آنکه هر نژادگانی به ۵۰ درصد گل‌دهی خود رسید، اقدام به اسپورپاشی سنبله‌های آن با استفاده از محلول اسپورهای قارچ عامل بیماری شد، طوری که سنبله‌های مایه‌زنی شده به‌کلی خیس شدند و این کار دو روز دیگر تکرار شد. برای کمک به توسعه بیماری، آبیاری مه‌پاشی (میست) در خزانه‌های آزمایشی برقرار شد. حدود سه هفته پس از نخستین اسپورپاشی، یادداشت‌برداری از بیماری شامل میزان رخداد (disease incidence) و شدت بیماری (disease severity) انجام شد. میزان رخداد بیماری با محاسبه درصد سنبله‌های آلوده در هر کرت و شدت بیماری و برآورد چشمی میانگین درصد پیشرفت بیماری در سنبله‌های هر کرت تعیین شد. همچنین، شاخص بیماری (disease index) برای هر نژادگان با تقسیم کردن حاصل‌ضرب میزان رخداد بیماری در شدت بیماری بر عدد ۱۰۰ محاسبه شد (Stack and

وجود دارد (جدول ۲). افزون بر تأثیر نژادگان، اثر متقابل سال \times مکان \times نژادگان در سطح احتمال ۱ درصد روی هر چهار صفت گفته شده معنی دار بود (جدول ۲). همچنین، اثر متقابل سال \times مکان در سطح احتمال ۵ درصد روی میزان رخداد و شدت بیماری و در سطح احتمال ۱ درصد روی آلودگی دانه معنی دار بود (جدول ۲). افزون بر آن، اثر متقابل مکان \times نژادگان در سطح احتمال ۵ درصد روی آلودگی دانه معنی دار بود (جدول ۲).

خزانه‌های آزمایشی هم کمک مؤثری به این امر کرد. در چنین شرایطی نژادگان‌های آزمایشی توانستند ظرفیت (پتانسیل) واقعی خود را از نظر واکنش به بیماری بلایت فوزاریومی بروز دهند (شکل ۱). ارزیابی واکنش نژادگان‌های آزمایشی در مدت دو سال در شرایط مزرعه در دو منطقه گرگان و مغان و تجزیه مرکب داده‌های مربوط به میزان رخداد، شدت و شاخص بیماری و میزان آلودگی دانه نشان داد، از نظر هر چهار صفت گفته شده، در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری بین این نژادگان‌ها



شکل ۱. واکنش یک رگه آزمایشی گندم مقاوم به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله (راست) در کنار یک رگه حساس به بیماری (چپ) در شرایط آبیاری مه‌پاشی در خزانه‌های آزمایشی

Fig. 1. Reactions of an FHB-resistant wheat line (right) along with a susceptible line (left) under mist irrigation in the nurseries

گرگان بود (جدول ۳). در رابطه با میزان آلودگی دانه‌ها به بیماری نیز مشخص شد، همانند میزان رخداد بیماری، در هر دو سال اجرای آزمایش میزان آلودگی دانه در منطقه گرگان بسیار بیشتر از منطقه مغان است (جدول ۳). با توجه به اثر متقابل مکان \times نژادگان روی میزان آلودگی دانه، که نشان‌دهنده واکنش ویژه (حساس‌تر یا مقاوم‌تر بودن) یک یا چند نژادگان از نژادگان‌های آزمایشی در یکی از دو مکان اجرای آزمایش از نظر صفت گفته شده است، میانگین آلودگی دانه نژادگان‌های آزمایشی در دو مکان مختلف نشان داد، نژادگان N-92-1 (رقم مروارید) در هر دو منطقه گرگان و مغان و

برای نشان دادن اثر متقابل سال \times مکان روی میزان رخداد بیماری، که بیانگر مناسب‌تر بودن یکی از دو مکان و برعکس نامناسب بودن یکی از آن‌ها در یکی از دو سال یا هر دو سال اجرای آزمایش برای بروز این صفت است، با محاسبه میزان رخداد بیماری در دو محل در دو سال اجرای آزمایش مشخص شد که در هر دو سال، سطح بیماری در منطقه گرگان بسیار بیشتر از منطقه مغان است (جدول ۳). در ارتباط با اثر متقابل گفته شده روی شدت بیماری، در حالی که در سال اول اجرای آزمایش، میزان شدت بیماری در منطقه گرگان بالاتر از مغان بود، در سال دوم، میزان آن در منطقه مغان بسیار بیشتر از

نژادگان N-92-4 در منطقه گرگان از نظر سالم بودن دانه، بهترین وضعیت را دارند (جدول ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان رخداد، شدت و شاخص بیماری بلایت فوزاریومی سنبله و دانه‌های آلوده به بیماری به‌دست‌آمده از اجرای آزمایش روی نژادگان‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92) در دو منطقه گرگان و مغان در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴*

Table 2. Combined analysis of variance for data of Fusarium head blight (FHB) incidence, severity, and index and Fusarium-damaged kernels (FDK) collected from the lines of Elite Regional Wheat Yield Trials in 1392 (ERWYT-92) tested in Gorgan and Moghan in two growin years of 2013-14 and 2014-15*

Sources of Variation	D.F.	SS	MS	F Value	Pr > F
Disease Incidence:					
Year	1	3.7098	3.7098	9.41	0.1809
Location	1	8.5153	8.5153	21.90	0.1316
Year x Location	1	0.3744	0.3744	6.05	0.0225
Block (Year x Location)	8	0.1595	0.0199	1.98	0.0519
Genotype	21	10.6145	0.5055	5.85	< 0.0001
Year x Genotype	21	1.5131	0.0721	1.39	0.2303
Location x Genotype	21	1.3943	0.0664	1.28	0.2899
Year x Location x Genotype	21	1.0914	0.0520	5.16	< 0.0001
Error	168	1.6925	0.0101	-	-
Coefficient of Variation (C.V.): 18.74%					
Disease Severity:					
Year	1	2.6784	2.6784	4.57	0.2547
Location	1	0.1177	0.1177	0.22	0.7241
Year x Location	1	0.5491	0.5491	5.42	0.0349
Block (Year x Location)	8	0.4230	0.0529	1.40	0.1986
Genotype	21	12.1336	0.5778	4.84	0.0003
Year x Genotype	21	2.5704	0.1224	1.42	0.2133
Location x Genotype	21	1.7419	0.0829	0.96	0.5334
Year x Location x Genotype	21	1.8077	0.0861	2.28	0.0020
Error	168	6.3335	0.0377	-	-
Coefficient of Variation (C.V.): 21.51%					
Disease Index:					
Year	1	1.1285	1.1285	8.41	0.1741
Location	1	4.2107	4.2107	30.24	0.0732
Year x Location	1	0.1206	0.1206	2.58	0.1255
Block (Year x Location)	8	0.1244	0.0156	1.29	0.2492
Genotype	21	9.7824	0.4658	6.17	< 0.0001
Year x Genotype	21	1.1920	0.0568	1.31	0.2686
Location x Genotype	21	1.2997	0.0619	1.43	0.2085
Year x Location x Genotype	21	0.9073	0.0432	3.60	< 0.0001
Error	168	2.0179	0.0120	-	-
Coefficient of Variation (C.V.): 26.45%					
FDK:					
Year	1	0.4423	0.4423	2.67	0.3412
Location	1	2.6025	2.6025	15.38	0.1426
Year x Location	1	0.1620	0.1620	15.35	0.0014
Block (Year x Location)	8	0.0535	0.0067	2.56	0.0117
Genotype	21	1.6701	0.0795	4.53	0.0005
Year x Genotype	21	0.2198	0.0105	1.61	0.1401
Location x Genotype	21	0.2888	0.0138	2.12	0.0461
Year x Location x Genotype	21	0.1361	0.0065	2.48	0.0007
Error	166	0.4338	0.0026	-	-
Coefficient of Variation (C.V.): 24.94%					

*پیش از تجزیه واریانس، روی داده‌ها عملیات تبدیل داده از نوع آرکسینوس انجام شده است.

*Arcsine transformed data was applied for data analysis.

جدول ۳. مقایسه میزان رخداد و شدت بیماری بلایت فوزاریومی سنبله و دانه‌های آلوده به بیماری در دو منطقه گرگان و مغان در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ به دست آمده از اجرای آزمایش روی نژادگان‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92)

Table 3. Comparison of Fusarium head blight (FHB) disease incidence and severity and Fusarium-damaged kernels (FDK) in Gorgan and Moghan in two growing years of 2013-14 and 2014-15 obtained from the lines of Elite Regional Wheat Yield Trials in 1392 (ERWYT-92)

Trait	2013-14		2014-15	
	Gorgan	Moghan	Gorgan	Moghan
Disease Incidence	58.6	17.9	28.1	7.4
Disease Severity	54.1	49.2	64.9	77.0
FDK	13.6	1.5	5.6	0.8

جدول ۴. مقایسه میانگین آلودگی دانه نژادگان‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92) نسبت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در دو منطقه گرگان و مغان به دست آمده از اجرای آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴

Table 4. Comparison of means for Fusarium-damaged kernels (FDK) in the lines of Elite Regional Wheat Yield Trials in 1392 (ERWYT-92) in Gorgan and Moghan obtained from two growing years of 2013-14 and 2014-15

Genotype	Gorgan	Moghan
N-92-1	2.3	0.0
N-92-2	13.3	2.1
N-92-3	2.8	0.1
N-92-4	2.3	0.1
N-92-5	8.1	0.6
N-92-6	23.4	3.3
N-92-7	12.7	2.9
N-92-8	6.6	1.5
N-92-9	4.8	0.5
N-92-10	7.8	1.2
N-92-11	8.9	2.0
N-92-12	17.7	2.6
N-92-13	13.1	1.9
N-92-14	9.1	1.6
N-92-15	15.4	1.7
N-92-16	7.4	1.4
N-92-17	10.3	0.5
N-92-18	9.8	0.5
N-92-19	3.6	0.5
N-92-20	12.0	1.4
Sumai 3	0.7	0.0
Falat	27.1	4.0

های آزمایشی در دو مکان مختلف در دو سال اجرای آزمایش نشان داد، صرف نظر از شاهد مقاوم به بیماری، نژادگان آزمایشی N-92-1 (رقم مروارید) هم در سال اول و هم سال دوم اجرای آزمایش در منطقه گرگان با تخصیص جایگاه اول به خود از نظر مقاومت به بیماری،

در ارتباط با اثر متقابل سال x مکان x نژادگان، که بیانگر واکنش ویژه (حساس تر یا مقاوم تر بودن) یک یا چند نژادگان از نژادگان‌های آزمایشی در یکی از دو مکان مربوط به یکی از دو سال اجرای آزمایش از نظر صفت مورد بررسی است، مقایسه میزان رخداد بیماری نژادگان-

نژادگان N-92-4 در سال دوم اجرای آزمایش در منطقه مغان با اختصاص جایگاه اول به خود، مقاومترین نژادگان-ها از بین ۲۰ ماده آزمایشی در مکان/سال‌های مختلف هستند (جدول ۵). افزون بر این، با توجه به اثر متقابل سال X مکان X نژادگان روی آلودگی دانه، معلوم شد که نژادگان N-92-3 در سال اول اجرای آزمایش در منطقه گرگان، نژادگان N-92-1 (مروارید) در همین سال در منطقه مغان و نژادگان N-92-9 در سال دوم اجرای آزمایش در منطقه گرگان مقاومترین مواد آزمایشی در برابر آلودگی دانه هستند، این در حالی است که دو نژادگان آزمایشی N-92-1 و N-92-3 در سال دوم اجرای آزمایش در منطقه مغان بالاترین میزان مقاومت به آلودگی دانه را داشتند (جدول ۵).

مقاومترین نژادگان در برابر بیماری است، درحالی که در سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش در منطقه مغان، به-ترتیب دو نژادگان N-92-3 و N-92-4 مقاومترین نژادگان-ها از بین ۲۰ ماده آزمایشی بودند (جدول ۵). بررسی اثر متقابل گفته شده روی شدت بیماری نشان داد، چهار نژادگان N-92-19، N-92-3، N-92-9 و N-92-5 به ترتیب در سال اول در گرگان، سال اول در مغان، سال دوم در گرگان و سال دوم در مغان، مقاومترین نژادگان‌ها به‌شمار می‌روند (جدول ۵). همچنین، به‌عنوان یکی از نتایج این اثر روی شاخص بیماری، مشخص شد که نژادگان N-92-19 در سال اول اجرای آزمایش در منطقه گرگان، دو نژادگان N-92-3 و N-92-4 در سال اول در منطقه مغان، دو نژادگان N-92-3 و N-92-9 در سال دوم در گرگان و

جدول ۵. مقایسه میزان رخداد، شدت و شاخص بیماری بلایت فوزاریومی سنبله و دانه‌های آلوده به بیماری روی نژادگان‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92) به تفکیک مناطق و سال‌های اجرای آزمایش*

Table 5. Comparison of Fusarium head blight (FHB) disease incidence, severity, and index and Fusarium-damaged kernels (FDK) from the lines of Elite Regional Wheat Yield Trials in 1392 (ERWYT-92) by locations and years*

Genotype	Disease Incidence				Disease Severity				Disease Index				FDK			
	Gorgan 2013-14	Moghan 2013-14	Gorgan 2014-15	Moghan 2014-15	Gorgan 2013-14	Moghan 2013-14	Gorgan 2014-15	Moghan 2014-15	Gorgan 2013-14	Moghan 2013-14	Gorgan 2014-15	Moghan 2014-15	Gorgan 2013-14	Moghan 2013-14	Gorgan 2014-15	Moghan 2014-15
N-92-1	19.0	6.5	6.1	2.3	26.6	32.8	43.2	75.1	4.9	2.1	2.5	1.7	3.3	0.0	1.6	0.0
N-92-2	53.4	21.5	43.3	8.5	43.3	70.0	83.6	79.1	22.7	15.0	36.0	6.9	15.6	2.3	11.2	1.9
N-92-3	42.7	0.0	6.9	4.3	32.1	0.0	28.4	61.8	14.4	0.0	1.9	2.6	2.9	0.1	2.6	0.0
N-92-4	53.4	0.2	13.5	1.1	61.7	2.4	48.5	57.9	32.8	0.0	7.2	1.0	3.3	0.1	1.8	0.1
N-92-5	66.8	11.6	24.7	4.5	37.7	56.7	51.7	35.9	25.5	6.6	13.0	3.0	15.6	0.9	2.9	0.3
N-92-6	76.8	18.3	66.8	13.7	71.7	53.4	89.1	69.0	55.0	9.7	58.5	9.5	23.3	4.2	23.5	2.6
N-92-7	68.7	23.3	44.9	10.6	49.9	56.7	60.1	81.7	34.3	13.1	27.2	8.6	21.3	3.7	6.1	2.1
N-92-8	48.3	43.3	39.9	5.9	58.4	53.4	89.1	85.2	28.2	23.0	34.9	5.0	8.2	2.2	5.2	0.9
N-92-9	51.7	10.0	8.1	2.6	46.6	39.9	22.2	67.1	24.1	4.0	1.9	1.7	11.5	1.2	0.9	0.1
N-92-10	66.7	10.0	21.4	4.7	55.0	43.2	62.0	71.4	36.8	4.3	12.9	3.2	12.0	1.9	4.4	0.7
N-92-11	63.4	16.4	43.3	12.4	72.3	70.3	84.1	90.4	45.3	11.6	34.6	11.3	14.3	2.3	4.6	1.8
N-92-12	76.7	60.0	38.0	9.3	68.4	80.0	63.4	93.5	52.3	48.0	23.6	8.7	30.3	4.2	7.9	1.3
N-92-13	81.7	13.2	29.2	10.0	83.8	80.0	74.0	90.4	68.4	10.6	21.9	9.0	21.8	2.2	6.4	1.6
N-92-14	87.5	48.3	43.3	10.6	77.7	73.5	84.1	89.1	68.3	34.9	35.5	9.4	16.3	2.1	3.8	1.2
N-92-15	79.1	21.6	46.6	17.9	80.2	53.4	67.1	80.7	63.5	11.5	30.3	14.3	23.5	1.8	8.8	1.6
N-92-16	62.0	13.2	24.3	7.8	55.4	56.7	68.4	84.3	33.7	7.5	16.9	6.5	8.5	1.9	6.3	1.0
N-92-17	50.0	3.9	39.9	6.6	63.6	86.0	83.6	85.9	31.5	3.2	33.4	5.6	11.4	1.2	9.3	0.1
N-92-18	56.7	11.6	16.2	4.1	43.0	70.3	39.9	60.1	24.4	8.1	6.1	2.5	17.1	0.4	4.4	0.6
N-92-19	22.4	13.2	7.1	6.6	11.3	23.2	32.9	75.1	2.5	3.1	2.4	5.1	3.1	0.2	4.2	0.9
N-92-20	79.1	46.6	27.7	6.3	83.1	46.6	89.1	89.8	65.8	21.6	24.2	5.6	21.7	2.3	4.9	0.7
Sumai 3	0.0	0.0	1.6	1.3	0.0	0.0	39.4	68.2	0.0	0.0	0.6	1.3	1.3	0.1	0.4	0.0
Falat	92.0	87.0	73.8	31.8	87.2	90.7	91.8	76.0	80.6	76.4	67.7	23.0	31.7	4.6	22.8	3.5

* در جدول بالا کمترین مقادیر برای هر صفت (بالاترین مقاومت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله) به رنگ تیره نشان داده شده‌اند.

* The least values for each trait (the highest resistance to FHB) are displayed with bold letters.

جدول ۶. مقایسه میانگین میزان رخداد، شدت و شاخص بیماری بلایت فوزاریومی سنبله و دانه‌های آلوده به بیماری روی نژادگان‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم و مرطوب شمال در سال ۱۳۹۲ (ERWYT-N-92) در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در دو منطقه گرگان و مغان و رتبه‌بندی نژادگان‌های آزمایشی

Table 6. Comparison of means for Fusarium head blight (FHB) disease incidence, severity, and index and Fusarium-damaged kernels (FDK) from the lines of Elite Regional Wheat Yield Trials in 1392 (ERWYT-92) tested in two locations of Gorgan and Moghan in two growing years of 2013-14 and 2014-15 and genotypes ranking

Genotype	Traits values and ranks				Mean Rank	Rank Standard Deviation
	Disease Incidence	Disease Severity	Disease Index	FDK		
N-92-1	7.5 (1)	44.4 (5)	2.7 (1)	0.6 (1)	2.0	1.73
N-92-2	29.9 (11)	69.9 (11)	19.0 (11)	6.6 (16)	12.3	2.17
N-92-3	8.6 (2)	24.5 (1)	2.9 (2)	0.9 (2)	1.8	0.45
N-92-4	10.9 (3)	38.9 (3)	6.2 (5)	0.8 (3)	3.5	0.89
N-92-5	23.8 (9)	45.5 (6)	10.7 (7)	3.3 (6)	7.0	1.22
N-92-6	42.6 (18)	71.8 (13)	30.4 (18)	11.4 (20)	17.3	2.59
N-92-7	35.3 (15)	62.6 (9)	19.8 (12)	7.0 (18)	13.5	3.36
N-92-8	32.3 (14)	73.0 (14)	21.3 (13)	3.6 (7)	12.0	2.92
N-92-9	14.7 (5)	43.6 (4)	5.9 (4)	2.1 (5)	4.5	0.55
N-92-10	22.5 (8)	58.1 (8)	11.9 (8)	3.8 (9)	8.3	0.45
N-92-11	32.3 (13)	80.0 (17)	24.2 (14)	4.9 (13)	14.3	1.64
N-92-12	44.7 (19)	77.7 (15)	31.4 (19)	8.6 (19)	18.0	1.73
N-92-13	31.7 (12)	82.5 (20)	25.1 (15)	6.3 (15)	15.5	2.88
N-92-14	47.2 (20)	81.5 (19)	35.5 (20)	4.6 (12)	17.8	3.35
N-92-15	40.7 (17)	70.9 (12)	28.2 (17)	7.0 (17)	15.8	2.17
N-92-16	24.6 (10)	66.8 (10)	14.8 (9)	3.9 (10)	9.8	0.45
N-92-17	21.5 (7)	80.5 (18)	15.7 (10)	3.9 (11)	11.5	4.04
N-92-18	19.3 (6)	53.5 (7)	8.9 (6)	3.8 (8)	6.8	0.84
N-92-19	11.7 (4)	34.4 (2)	3.2 (3)	1.7 (4)	3.3	0.84
N-92-20	38.0 (16)	79.0 (16)	27.0 (16)	5.5 (14)	15.5	0.89
Sumai 3	0.4 (-)	16.1 (-)	0.2 (-)	0.2 (-)	-	-
Falat	73.5 (-)	87.0 (-)	62.4 (-)	13.4 (-)	-	-

آزمایشی بوده و نژادگان N-92-3 با داشتن میانگین رخداد بیماری ۸/۶ درصد پس از آن در جایگاه دوم قرار دارد. سه نژادگان آزمایشی N-92-4، N-92-19 و N-92-9 به ترتیب با میانگین‌های رخداد بیماری ۱۰/۹، ۱۱/۷ و ۱۴/۷ درصد جایگاه‌های سوم تا پنجم را از نظر این صفت به خود اختصاص دادند. در این بررسی، میانگین رخداد بیماری در شاهد مقاوم سومای ۳ به میزان ۰/۴ درصد و در

در این تحقیق، جایگاه و رتبه هر نژادگان برای هر کدام از صفات مورد بررسی با مقایسه میانگین این صفات، به‌طور جداگانه تعیین شد (جدول ۶). مقایسه میانگین رخداد بیماری بین نژادگان‌های آزمایشی به‌دست‌آمده از دو سال اجرای آزمایش در دو منطقه نشان داد، نژادگان N-92-1 (رقم مروارید) با داشتن میانگین رخداد بیماری ۷/۵ درصد به‌عنوان مقاوم‌ترین نژادگان از بین ۲۰ ماده

میانگین رتبه اکتسابی از مجموعه صفات مورد بررسی، کسب رتبه مناسب و داشتن مقاومت مطلوب از نظر تک- تک صفات مورد بررسی نیز اهمیت زیادی دارد، به عنوان یکی از معیارهای سنجش این امر، در این بررسی اقدام به تعیین انحراف معیار بین رتبه‌های به دست آورده هر نژادگان برای صفات مختلف شد (جدول ۶). نتایج این بررسی نشان داد، پنج نژادگان آزمایشی N-92-1، N-92-3 (مروارید)، N-92-4، N-92-19، N-92-9 به ترتیب با کسب میانگین رتبه‌های ۱/۸، ۲/۰، ۳/۳، ۳/۵ و ۴/۵ از چهار صفت مورد بررسی، به عنوان مقاوم‌ترین نژادگان‌ها از بین ۲۰ نژادگان مورد بررسی هستند. انحراف معیار این نژادگان‌ها برای رتبه‌های اکتسابی برای صفات مختلف نیز بسیار پایین و در دامنه ۰/۴۵ تا ۱/۷۳ به دست آمد. این امر می‌تواند نشان‌دهنده ماهیت همسان یا مرتبط صفات مورد بررسی در این نژادگان‌ها باشد. در این بررسی، نژادگان آزمایشی N-92-12 با کسب بالاترین میانگین رتبه (۱۸/۰) به عنوان حساس‌ترین نژادگان در پایین جدول قرار گرفت.

تاکنون پنج نوع مقاومت ژنتیکی نسبت بیماری بلائی فوزاریومی سنبله در گندم شناسایی شده است. دو نوع از این مقاومت‌ها یعنی مقاومت به آلودگی اولیه (مقاومت نوع I) و مقاومت به گسترش بیماری در بافت گیاهی (مقاومت نوع II) برای نخستین بار Schroeder and Christensen (1963) معرفی شدند. بعدها سه نوع مقاومت دیگر یعنی مقاومت به تجمع زهرابه (توکسین) در بافت‌های گیاهی (مقاومت نوع III)، مقاومت به آلودگی دانه (مقاومت نوع IV)، و تحمل گیاه در برابر بیماری گزارش شده‌اند (Mesterházy, 1995؛ Wang and Miller, 1988؛ 1985). رخداد بیماری که نشان‌دهنده مقاومت نوع I است به طور معمول در گندم- های کاشته شده در کرت‌ها یا گلدان‌هایی که روی آن‌ها اسپورپاشی انجام می‌شود یا به طور طبیعی آلوده می‌شوند ارزیابی می‌شود (Buerstmayr et al., 2009). بنابراین، ارزیابی مقاومت نوع I به طور معمول با اسپورپاشی گیاهان با استفاده از قارچ عامل بیماری به‌ویژه در شرایط مزرعه و ثبت میزان رخداد بیماری انجام می‌شود. برعکس، آنچه در شرایط مزرعه به دنبال اسپورپاشی گیاهان به عنوان شدت بیماری ثبت و اعلام می‌شود نمی‌تواند به طور

شاهد حساس فلات به میزان ۷۳/۵ درصد به دست آمد. از نظر میانگین شدت بیماری، نژادگان N-92-3 با داشتن میانگین شدت بیماری ۲۴/۵ درصد به عنوان مقاوم‌ترین نژادگان بوده و پس از آن چهار نژادگان N-92-19، N-92-4، N-92-9 و N-92-1 (رقم مروارید) به ترتیب با میانگین- های شدت بیماری ۳۴/۴، ۳۸/۹، ۴۳/۶ و ۴۴/۴ درصد در جایگاه‌های دوم تا پنجم قرار گرفتند. از نظر این صفت، شاهد‌های مقاوم و حساس به ترتیب میانگین‌های بیماری ۱۶/۱ و ۸۷/۰ درصد را به دست آوردند. مقایسه میانگین شاخص بیماری بین نژادگان‌های آزمایشی نیز نشان داد، نژادگان N-92-1 (رقم مروارید) با داشتن میانگین شاخص بیماری ۲/۷ درصد از نظر این شاخص به عنوان مقاوم‌ترین نژادگان از بین ۲۰ ماده آزمایشی بوده و نژادگان آزمایشی N-92-3 با داشتن میانگین شاخص بیماری ۲/۹ درصد، در جایگاه دوم پس از آن قرار دارد. پس از رقم مروارید، سه نژادگان N-92-19، N-92-9 و N-92-4 به ترتیب با میانگین‌های شاخص بیماری ۳/۲، ۵/۹ و ۶/۲ درصد جایگاه‌های سوم تا پنجم را به خود اختصاص دادند. بنا بر نتایج به دست آمده برای این صفت، شاهد‌های مقاوم و حساس به ترتیب میانگین‌های ۰/۲ و ۶۲/۴ درصد را به خود اختصاص دادند. از نظر میانگین آلودگی دانه، نژادگان N-92-1 (رقم مروارید) با داشتن میانگین آلودگی ۰/۶ درصد باز هم به عنوان مقاوم‌ترین نژادگان تعیین شد. پس از رقم مروارید چهار نژادگان N-92-3، N-92-4، N-92-19 و N-92-9 به ترتیب با میانگین آلودگی ۰/۸، ۰/۹، ۱/۷ و ۲/۱ درصد آلودگی دانه جایگاه‌های دوم تا پنجم را به خود اختصاص دادند. در این بررسی، میانگین آلودگی دانه برای شاهد مقاوم سومای ۳ به میزان ۰/۲ درصد و برای شاهد حساس فلات به میزان ۱۳/۴ درصد به دست آمد. با توجه به اینکه تعیین جایگاه نژادگان‌های آزمایشی با در نظر گرفتن همه صفات مرتبط با مقاومت، از نظر کاربردی مهم است، در این تحقیق جایگاه هر نژادگان با در نظر گرفتن هر چهار صفت مورد بررسی به صورت یکجا نیز تعیین شد. به همین منظور، ضمن میانگین‌گیری از رتبه‌های اکتسابی نژادگان‌های مورد بررسی برای صفات مختلف، اقدام به تعیین رتبه نهایی هر نژادگان برای صفات مختلف شد (جدول ۶). همچنین، با توجه به اینکه افزون بر شناسایی نژادگان‌های مقاوم به بیماری بر پایه

اختصاصی نشان‌دهنده مقاومت نوع II باشد بلکه در واقع بیانگر ترکیبی از دو نوع مقاومت I و II خواهد بود که به آن مقاومت کل هم گفته می‌شود (Buerstmayr *et al.*, 2009). با توجه به این امر، با داشتن میزان شدت بیماری یک رقم/رگه آزمایشی، اندازه‌گیری شده در مزارع تلقیح شده با اسپورپاشی شده، امکان جداسازی این دو نوع مقاومت و مشخص کردن سهم هر یک در میزان شدت بیماری وجود ندارد. همین‌طور، شاخص بیماری نیز که از مشارکت دو متغیر میزان رخداد و شدت بیماری به دست می‌آید، نشان‌دهنده ترکیب این دو نوع مقاومت است. برعکس آزمایش‌های مزرعه‌ای، شدت بیماری اندازه‌گیری شده در گیاهانی که در شرایط مدیریت و مهار شده گلخانه با تلقیح نقطه‌ای آلوده می‌شوند نشان‌دهنده مقاومت نوع II است (Waldron *et al.*, Bai *et al.*, 1999). به دلایل مختلف، از جمله تحت مدیریت و مهار بودن، ساده بودن نوع مقاومت مورد بررسی، و امکان کار کردن در فصل‌های مختلف، بیشترین کار روی مقاومت نوع II انجام شده است. برای تعیین مقاومت‌های نوع III و IV به ترتیب میزان دی‌اوکسی‌نیوالنول (DON) موجود در دانه‌های گندم و درصد دانه‌های آلوده به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله اندازه‌گیری می‌شود.

در بررسی واکنش نژادگان‌های گندم مورد بررسی نسبت به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله در این تحقیق، پنج نژادگان آزمایشی N-92-1 (رقم مروارید)، N-92-3، N-92-19، N-92-9 و N-92-4 همگی با داشتن میانگین رخداد بیماری کمتر از ۱۵ درصد از نظر این صفت مقاومت به نسبت بالایی از خود نشان داده و جزو پنج نژادگان برتر به شمار آمدند. با توجه به اینکه میزان رخداد بیماری معیاری برای اندازه‌گیری مقاومت نوع I نسبت به این بیماری است پایین بودن اندازه آن در پنج ماده آزمایشی گفته شده می‌تواند دلیلی بر وجود مقاومت نوع I در آن‌ها باشد. با اینکه میانگین شدت بیماری در مواد آزمایشی گفته شده به نسبت بالا و در دامنه ۲۴/۵ تا ۴۴/۴ درصد قرار داشت، با توجه به بالاتر بودن نسبی شدت بیماری در همه نژادگان‌های آزمایشی، پنج نژادگان گفته شده از نظر میانگین شدت بیماری هم جزو پنج نژادگان برتر بودند. با توجه به اینکه در آزمایش‌های مزرعه‌ای تلقیح شده به روش اسپورپاشی شدت بیماری ترکیبی از دو نوع مقاومت

I و II را نشان می‌دهد به رغم احتمال وجود مقاومت نوع I در این نژادگان‌ها، ممکن است به علت نبود مقاومت نوع II در آن‌ها شدت بیماری خیلی پایین نیامده باشد. افزون بر آن، به علت ماهیت روش اسپورپاشی ممکن است شمار زیاد اسپورهای قرار گرفته روی سنبله‌ها، جوانه‌زنی‌های اسپورها و اتصال مناطق کوچک بافت مرده (نکروزه) ناشی از آن‌ها در ایجاد مناطق بافت مرده بزرگ‌تر در سنبله‌ها نقش داشته باشد که به‌طور کاذب باعث بالاتر دیده شدن شدت بیماری روی سنبله‌ها می‌شود. این امر به‌ویژه اگر بارهای اسپورپاشی خزانه‌های آزمایشی بیش‌از حد معمول رخ داده باشد بیشتر دیده می‌شود. با توجه به مطالب گفته شده، به‌طور قطع نمی‌توان درباره وجود یا نبود مقاومت نوع II در این نژادگان‌ها نظر داد. به‌هرحال، در صورت انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای به روش تلقیح نقطه‌ای در شرایط استاندارد امکان اثبات این موضوع وجود داشت. هر پنج نژادگان آزمایشی گفته شده در بالا از نظر شاخص بیماری هم بهترین وضعیت را داشته و همگی با داشتن میانگین شاخص بیماری نزدیک به ۶ درصد یا کمتر، بسیار مقاوم ظاهر شدند. با در نظر گرفتن این موضوع که در روند محاسبه شاخص بیماری هر دو متغیر رخداد و شدت بیماری دخالت دارند و با توجه به پایین‌تر بودن نسبی میانگین رخداد بیماری در مقایسه با شدت بیماری در این نژادگان‌ها، ممکن است رخداد بیماری نقش برجسته‌تری در پایین آوردن این شاخص داشته باشد. به نظر می‌رسد که وجود مقاومت نوع I در این مواد توانسته است آن‌ها را به خوبی در برابر بیماری حفظ کند. در این تحقیق، پنج نژادگان آزمایشی گفته شده در بالا همگی با داشتن میانگین آلودگی دانه نزدیک به ۲ درصد یا کمتر، از این نظر هم جزو برترین نژادگان‌ها بودند. پایین بودن میزان آلودگی دانه ممکن است به علت وجود مقاومت نوع IV در این مواد باشد هر چند که وجود مقاومت نوع I یا II هم که باعث کاهش آلودگی سنبله‌ها به بیماری می‌شوند می‌تواند به‌طور غیرمستقیم در این امر نقش داشته باشد. در هر حال، پایین‌تر بودن آلودگی دانه در این پنج ماده آزمایشی می‌تواند دلیل دیگری برای انتخاب آن‌ها باشد.

با توجه اینکه شاخص بیماری در برگیرنده هم میزان رخداد و هم میزان شدت بیماری در مزرعه است، تعیین

رقم داخلی و خارجی از نظر مقاومت به این بیماری بررسی و ارزیابی شده‌اند. (1995) Foroutan *et al.* شماره ۷۱۷ نژادگان گندم را در شرایط مزرعه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل (قائم‌شهر) آزمایش کرده و توانسته‌اند ۱۸ نژادگان مقاوم را شناسایی کنند. همچنین، Golzar (1995) در بررسی شماری از رقم‌ها و رگه‌های گندم در شرایط آلودگی مزرعه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله (گرگان)، برخی نژادگان‌های مقاوم را شناسایی کرده است. در آزمایشی دیگر، (1996) Etebarian & Torabi شماره ۳۱ نژادگان گندم ایرانی، آمریکایی و چینی را در شرایط آلودگی مزرعه در ایستگاه قراخیل آزمایش و برخی نژادگان‌های مقاوم به بیماری را شناسایی کرده‌اند. افزون بر آن، (2000) Malhipour *et al.* ضمن ارزیابی شماره ۳۰۵ نژادگان گندم در شرایط مزرعه در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی قراخیل و عراقی محله، تنوع زیادی را بین این نژادگان‌ها مشاهده کردند. از اواسط دهه ۱۳۷۰ تاکنون ارزیابی همه نژادگان‌های مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور در دستور کار بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر قرار گرفته و ضمن ارزیابی سالانه صدها رگه و رقم مربوط به این اقلیم، از مواد مقاوم به بیماری در برنامه‌های به‌نژادی این اقلیم استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نیز نشان داد، از بین ۲۰ نژادگان امیدبخش مورد بررسی این اقلیم، جدای از شاهد تجاری مروارید، چهار نژادگان مقاومت مطلوب در برابر بیماری دارند. این امر می‌تواند دلیلی بر موفقیت تلاش‌های انجام شده در بخش تحقیقات غلات و مؤثر بودن گزینش‌های انجام شده برای مقاومت به این بیماری باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بیماری بلایت فوزاریومی سنبله یکی از مهم‌ترین بیماری‌های شایع گندم در اقلیم گرم و مرطوب شمال است که افزون بر کاهش عملکرد محصول، مشکلات زیادی را از نظر بهداشتی و سلامتی و کیفیت بذر تواید شده در این اقلیم ایجاد می‌کند. رقم مروارید که سال‌هاست در اقلیم گرم و مرطوب شمال کشت می‌شود مقاوم‌ترین رقم تجاری موجود در کشور در برابر این بیماری بوده و به نظر می‌رسد همچنان مقاومت بالایی در برابر بیماری دارد. رقم

آن از نظر کاربردی بسیار مهم بوده و استفاده از آن در غربال کردن نژادگان‌های آزمایشی، انتخاب مواد، و تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت این بیماری بسیار سودمند است. در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی گندم، برای آسانی کار انتخاب مواد آزمایشی از این شاخص استفاده می‌شود. در بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر نیز تاکنون انتخاب مواد برای مقاومت به بیماری بلایت فوزاریومی به‌طور عمده بر پایه این شاخص بوده و کمترین استاندارد لازم برای گزینش نژادگان‌های گندم امیدبخش در کشور داشتن شاخص بیماری ۱۰ درصد یا کمتر بوده است. درهرحال، تعیین رتبه نژادگان‌های آزمایشی با در نظر گرفتن همه صفات مرتبط با مقاومت از جمله شاخص بیماری و انتخاب مواد بر پایه میانگین رتبه اکتسابی، که در این تحقیق انجام شد، ممکن است اعتبار بیشتری داشته باشد. البته بررسی و تفسیر هر یک از صفات مورد بررسی به‌صورت جداگانه نیز از نظر شناسایی و تعیین نوع مقاومت موجود در آن‌ها اهمیت زیادی دارد. در این بررسی، چه بر پایه تک‌تک صفات مورد بررسی و چه با در نظر گرفتن همه صفات به‌صورت یکجا، پنج نژادگان آزمایشی گفته شده در بالا به‌عنوان مقاوم‌ترین نژادگان‌ها تشخیص داده شدند. این امر و نیز انحراف معیار بسیار پایین این نژادگان‌ها برای رتبه‌های به‌دست‌آورده آن‌ها می‌تواند دلیلی بر پایداری مقاومت موجود در این نژادگان‌ها باشد.

از سه دهه پیش تاکنون که بیماری بلایت فوزاریومی سنبله دوباره در مناطق مختلف جهان ظهور کرد، بسیاری از کشورهای تولیدکننده گندم که در معرض خطر این بیماری بودند برنامه‌های به‌نژادی خود را به سمت تولید رقم‌های مقاوم به این بیماری جهت دادند. برای این منظور، پیش از هر چیز لازم بود نژادگان‌های گندم از نظر مقاومت به بیماری بررسی شوند تا ضمن انتخاب نژادگان‌های مقاوم به بیماری، بتوان از آن‌ها در برنامه‌های تولید رقم‌های مقاوم استفاده کرد. برای این منظور از دهه ۱۹۸۰ میلادی تاکنون ده‌ها هزار نژادگان گندم در نقاط مختلف جهان از نظر مقاومت به این بیماری ارزیابی شده‌اند. در ایران، به‌دنبال شیوع بیماری در اقلیم گرم و مرطوب شمال از اوایل دهه ۱۳۷۰ شمسی، هزاران رگه و

مقاومت به دیگر بیماری‌ها نیز مدنظر قرار گیرد. و البته مهم‌تر از آن لازم خواهد بود عملکرد این مواد هم با عملکرد رقم‌های مورد کاشت یا پیشنهادی برای کاشت در اقلیم گرم و مرطوب شمال توجه و مقایسه شود.

سپاسگزاری

از آقایان اسماعیل ابراهیمی میمند، حسین بهلول و عزیز ناصری به ترتیب کارشناسان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل که در اجرای پروژه تحقیقاتی مصوب شماره ۰۳-۰۳-۹۲۳۰۲-۰ همکاری داشته‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. همه هزینه‌های اجرای این تحقیق از محل اعتبارات پروژه بالا توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تأمین شده است.

REFERENCES

1. Arthur, J.C. (1891). *Wheat scab. Indiana Agricultural Experiment Station Bulletin* 36: 129-138.
2. Bai, G.H. & Shaner, G.E. (1994). Scab of wheat: prospects for control. *Plant Disease* 78: 760-766.
3. Bai, G.-H. & Shaner, G.E. (2004). Management and resistance in wheat and barley to *Fusarium* head blight. *Annual Review of Phytopathology* 42: 135-161.
4. Bai, G.-H., Kolb, F. L., Shaner, G. & Domier, L. L. (1999). Amplified fragment length polymorphism markers linked to a major quantitative trait locus controlling scab resistance in wheat. *Phytopathology* 89:343-348.
5. Bamdadian, A. & Torabi, M. (1983). *Important Diseases of Wheat and Barely and Methods of Scoring*. Plant Pests and Diseases Research Institute, Tehran, Iran. 67 pp. (In Farsi).
6. Ban, T. (1997). Evaluation of resistance to *Fusarium head blight* in indigenous Japanese species of *Agropyron (Elymus)*. *Euphytica* 97: 39-44.
7. Bolanos-Carriel, C., Wegulo, S.N., Hallen-Adams, H., Baenziger, P.S., Eskridge, K.M. & Funnell-Harris, D. (2016). Effects of cultivar resistance, fungicide application timing, and fungicide chemical class on FHB and DON in winter wheat. In: S. Canty, A. Clark, K. Wolfe, and D. Van Sanford (Eds.), *Proceedings of the 2016 National Fusarium Head Blight Forum* (pp. 9-10). East Lansing, MI/Lexington, KY, USA.
8. Buerstmayr, H., Ban, T. & Anderson, J.A. (2009). QTL mapping and marker-assisted selection for *Fusarium* head blight resistance in wheat: a review. *Plant Breeding* 128: 1-26.
9. Buerstmayr, H., Stierschneider, M., Steiner, B., Lemmens, M., Griesser, M., Nevo, E. & Fahima, T. (2003). Variation for resistance to head blight caused by *Fusarium graminearum* in wild emmer (*Triticum dicoccoides*) originating from Israel. *Euphytica* 130: 17-23.
10. Chen, P. (2016). Improvement of wheat *Fusarium* head blight (FHB) resistance in China. In: E.M. Del Ponte, G.C. Bergstrom, W. Pavan, A. Lazzaretti, and J.M.C. Fernandes (Eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Fusarium Head Blight* (p. 18). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.
11. Chen, P.D., & Liu, D.J. (2000). Transfer of scab resistance genes from *Leymous racemosus*, *Roegneria ciliaris*, and *Roegneria kamoji* into common wheat. In: W.J. Raupp, Z. Ma, P.D. Chen, and D.J. Liu (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Wheat Improvement for Scab Resistance*, (pp. 62-67). Suzhou and Nanjing, China.
12. Chen, Q., Eudes, F., Conner, R.L., Graf, R., Comeau, A., Collin, J., Ahmad, F., Zhou, R., Li, H., Zhao, Y. & Laroche, A. (2001). Molecular cytogenetic analysis of a durum wheat x *Thinopyrum distichum* hybrid used as a new source of resistance to *Fusarium* head blight in the greenhouse. *Plant Breeding* 120: 375-380.
13. Etebarian, H.R., & Torabi, M. (1996). Studies on resistance of wheat cultivars to *Fusarium* head blight. *Iranian Journal of Plant Pathology* 32: 9-21. (In Farsi).

گنبد نیز که در این آزمایش همراه با رقم مروارید به‌عنوان شاهد تجاری استفاده شده بود چندین سال است که در این اقلیم کشت می‌شود. هر چند که مقاومت این رقم در برابر بیماری بلایت فوزاریومی سنبله بالا نیست، ولی کشت آن برای مناطقی از این اقلیم توصیه می‌شود که این بیماری زیاد شایع نیست. در هر حال، عملکرد محصول هر دو رقم گفته شده، در مقایسه با رقم‌های مورد کشت در دیگر اقلیم‌های کشور به‌نسبت پایین است و بنابراین لازم است با رقم‌های جدیدتری از گندم که افزون بر مقاومت بالا در برابر بیماری بلایت فوزاریومی سنبله و دیگر بیماری‌های شایع در اقلیم شمال عملکرد بالاتری هم داشته باشند، جایگزین شوند. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، نژادگان‌های آزمایشی N-92-3، N-92-19، N-92-4 و N-92-9 نامزدهای مناسبی برای جایگزینی رقم‌های قدیمی‌تر خواهند بود. البته لازم است افزون بر مقاومت این نژادگان‌ها به بیماری بلایت فوزاریومی سنبله،

14. Fedak, G., Han, F., Cao, W., Burvill, M., Kritenko, S. & Wang, L. (2003). Identification and characterization of novel sources of resistance to FHB. In: N.E. Pogna and R.A. McIntosh (Eds.), *Proceedings of 10th International Wheat Genetics Symposium*, (pp. 354-356). Paestum, Italy.
15. Foroutan, A., Nategh, Z., Olady, M. & Rostami, F. (1995). Selection tolerant materials of wheat to scab in Mazandaran. In: *Proceedings of 12th Iranian Plant Protection Congress*, (p. 49). Karaj, Iran.
16. Gervais, L., Dedryver, F., Morlais, J.-Y., Bodusseau, V., Negre, S., Bilous, M., Groos, C. & Trottet, M. (2003). Mapping of quantitative trait loci for field resistance to Fusarium head blight in an European winter wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 106: 961-970.
17. Gilbert, J. & Haber, S. (2013). Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology* 35: 149-174.
18. Golzar, H. (1995). Record of sources of resistance to Fusarium head blight. In: *Proceedings of 12th Iranian Plant Protection Congress*, (p. 51). Karaj, Iran.
19. Han, F. & Fedak, G. (2003). Molecular characterization of partial amphiploids from *Triticum durum* x tetraploid *Thinopyrum elongatum* as novel sources of resistance to wheat Fusarium head blight. In: N.E. Pogna and R.A. McIntosh (Eds.), *Proceedings of 10th International Wheat Genetics Symposium*, (pp. 1148-1150). Paestum, Italy.
20. Ketata H., Yan S.K. & Nachit M. (1989). Relative consistency performance across environments. Int. Symposium on Physiology and Breeding of Winter Cereals for stressed Mediterranean Environments. Montpellier, July 3–6, 1989.
21. Liu, W.X., Chen, P.D. & Liu, D.J. (2000). Radiation-induced *Triticum aestivum*-*Leymous racemosus* translocations and their molecular cytogenetic analysis. In: W.J. Raupp, Z. Ma, P.D. Chen, and D.J. Liu (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Wheat Improvement for Scab Resistance*, (pp. 73-76). Suzhou and Nanjing, China.
22. Lu, W.Z., Luo, M. & Shen, T.M. (2016). Breeding and improvement of wheat scab resistance in Yellow and Huai Valleys winter wheat zone, China. In: E.M. Del Ponte, G.C. Bergstrom, W. Pavan, A. Lazzaretti, and J.M.C. Fernandes (Eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Fusarium Head Blight* (p. 35). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.
23. Malihpour, A., Saidi, A., Alizadeh, A., Dehghan, M.A. & Foroutan, A.R. (2000). Evaluation of resistance of some spring wheat advanced lines and cultivars to Fusarium head blight in Iran. In: Z. Bedo and L. Láng (Eds.), *Proceedings of 6th International Wheat Conference*, (p. 184). Budapest, Hungary.
24. McKendry, A.L., Tague, D.N., Wright, R.L., Tremain, J.A. & Conley, S.P. (2005). Registration of 'Truman' wheat. *Crop Science* 45: 421-423.
25. McMullen, M., Jones, R. & Gallenberg, D. (1997). Scab of wheat and barley: A reemerging disease of devastating impact. *Plant Disease* 81: 1340-1348.
26. Mergoum, M., Frohberg, R.C., Miller, J.D. & Stack, R.W. (2005). Registration of 'Steele-ND' wheat. *Crop Science* 45: 1163-1164.
27. Mergoum, M., Frohberg, R.C., Miller, J.D., Stack, R.W., Olsona, T., Friesen, T.L. & Rasmussen, J.B. (2006). Registration of 'Glenn' wheat. *Crop Science* 46: 473-474.
28. Mesterházy, A. (1995). Types and components of resistance to fusarium head blight of wheat. *Plant Breeding* 114: 377-386.
29. Miller, J.D., Young, J.C. & Sampson, D.R. (1985). Deoxynivalenol and fusarium head blight resistance in spring cereals. *Journal Phytopathology* 113: 359-367.
30. Parry, D.W., Jenkinson, P. & McLeod, L. (1995). Fusarium ear blight (scab) in small grains-a review. *Plant Pathology* 44: 207-238.
31. Ruckebauer, P., Buerstmayr, H. & Lemmens, M. (2001). Present strategies in resistance breeding against scab (*Fusarium* spp.). *Euphytica* 119: 121-127.
32. Rudd, J.C., Horsley, R.D., McKendry, A.L. & Elias, E.M. (2001). Host plant resistance genes for fusarium head blight: Sources, mechanisms, and utility in conventional breeding systems. *Crop Science* 41: 620-627.
33. Schroeder, H.W., & Christensen, J.J. (1963). Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology* 53: 831-838.
34. Shen, X., Kong, L. & Ohm, H.W. (2004). Fusarium head blight resistance in hexaploid wheat (*Triticum aestivum*)-*Lophopyrum* genetic lines and tagging of the alien chromatin by PCR markers. *Theoretical and Applied Genetics* 108: 808-813.
35. Snijders, C.H.A. (1990). Genetic variation for resistance to Fusarium head blight in bread wheat. *Euphytica* 50: 171-179.

36. Stack, R. W. & McMullen, M. P. (1994). A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat-PP1095. North Dakota State University, Fargo, ND, USA.
37. Sutton, J. (1982). Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 4: 195-209.
38. Waldron, B.L., Moreno-Sevilla, B., Anderson, J.A., Stack, R.W. & Froberg, R.C. (1999). RFLP mapping of QTL for fusarium head blight resistance in wheat. *Crop Science* 39: 805-811.
39. Wan, Y.-F., Yen, C. & Yang, J.-L. (1997a). The diversity of head-scab resistance in Triticeae and their relation to ecological conditions. *Euphytica* 97: 277-281.
40. Wan, Y.-F., Yen, C., Yang, J.-L. & Liu, F.-Q. (1997b). Evaluation of *Roegneria* for resistance to head scab caused by *Fusarium graminearum* Schwabe. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44: 211-215.
41. Wang, Y.-Z. & Miller, J.D. (1988). Effects of *Fusarium graminearum* metabolites on wheat tissue in relation to *Fusarium* head blight resistance. *Journal of Phytopathology* 122: 118-125.
42. Wegener, M. (1992). *Optimierung von saatgutpillierungen mit mikrobiellen antagonistien zur biologischen biologischen bekämpfung von Fusarium culmorum (W. G. Smith) Sacc. in weizen*. Diplomarbeit, Georg-August-Universitaet Göttingen, Göttingen, Germany.
43. Wood, M., Comis, D., Harden, D., McGraw, L. & Stelljes, K. B. (1999). Fighting Fusarium. Agricultural Research. June issue. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville, MD, USA.
44. Yang, Z., Gilbert, J., Fedak, G. & Somers, D.J. (2005). Genetic characterization of QTL associated with resistance to *Fusarium* head blight in a doubled-haploid spring wheat population. *Genome* 48: 187-196.