Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

ارزیابی مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم به شته روسی گندم *Diuraphis noxia* (Mordvilko)

توحید نجفی میرک[۱]، عباسعلی زالی[۱]، عبدالهادی حسین‌زاده[۱]، حسن زینالی[۱]، غلامرضا رسولیان[۲] و عباس سعیدی[۳]

چکیده

شتهٔ روسی گندم یکی از آفات مهم غلات، به‌ویژه گندم و جو در بسیاری از مناطق غله‌خیز جهان محسوب می‌شود. استفاده از ارقام مقاوم به‌عنوان روشی بسیار مؤثر برای کنترل این آفت شناخته شده است. به‌منظور ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های گندم به شتهٔ روسی، شمار ۱۳ رقم گندم نان و ۱۵ لاین گندم دوروم به همراه دو رقم شاهد مقاوم و حساس در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه کشت شد. در هر تکرار از هر ژنوتیپ سه گیاهچه در یک گلدان پلاستیکی به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. در مرحلهٔ ۲-۱ برگی تعداد پنج پورهٔ سنین ۵-٤ شته روی هر کدام از گیاهچه‌ها رهاسازی شد. ۲۱ روز پس از رهاسازی، درصد پیچیدگی برگ‌ها و درصد زردی یا کلروز برگ‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. علی‌رغم وجود هم‌بستگی بسیار بالا (٪۸۰) بین میزان پیچیدگی و میزان کلروز برگ‌ها، غربال ژنوتیپ‌ها بر اساس هر دو صفت انجام شد.

تجزیهٔ واریانس داده‌ها، تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ‌ها برای هر دو صفت نشان داد، به طوری‌که لاین‌های گندم دوروم **DW2**، **DW8**، **DW12**، **DW9**، **DW14**، **DW4**، **DW7**، **DW3** *و رقم آزادی با داشتن پیچیدگی برگ و میزان کلروز برگ کمتر نسبت به شاهد مقاوم، به عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها و لاین گندم دوروم* **DW13** *و رقم شیرودی و* **M-75-7** *که هم دارای پیچیدگی برگ بیشتری و هم دارای میزان کلروز برگ بیشتری نسبت به شاهد حساس بودند، به‌عنوان حساس‌ترین آنها به بیوتیپ مورد آزمایش شتهٔ روسی شناخته شدند. مقایسه گروهی ژنوتیپ‌ها نشان داد که در کل، لاین‌های گندم دوروم مقاوم‌تر از ارقام گندم نان هستند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با بهره‌گیری از تجزیهٔ خوشه‌ای بر اساس دو صفت مذکور بیانگر همین نتیجه بود.*

واژه‌های کلیدی: *شتهٔ روسی گندم، مقاومت، تنوع ژنتیکی، گندم دوروم*

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، استادیار و دانشیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
۲. دانشیار گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گندم آفات است، به‌طوری‌که بشر سالانه میلیاردها ریال خسارت آفات، به‌خصوص حشرات را تحمل می‌کند. در این میان شته‌ها علاوه بر تغذیهٔ مستقیم از گیاه، با انتقال عوامل بیماری‌زای گیاهی باعث ایجاد خسارت زیادی می‌شوند. ده گونه شته بر روی گندم‌های ایران گزارش شده است که شتهٔ روسی گندم [Russian Wheat Aphid (RWA)] یکی از آنهاست(۱، ۶ و ۹). بررسی مطالعات انجام شده در طی سال‌های اخیر در مورد پراکنش شتهٔ روسی در مناطق غله‌خیز ایران نشان‌دهنده افزایش تراکم این حشره و به دنبال آن افزایش خسارت ناشی از تغذیهٔ آن است. بنابراین تلاش برای پیشگیری از طغیان شدید این آفت اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد.

شتهٔ روسی گندم با نام علمی *Diuraphis noxia* [(Mordvilko),(Homoptera: Aphididae)] از آفات مهم گندم و جو بوده و بومی نواحی جنوب شوروی سابق، ایران، افغانستان و کشورهای واقع در مدیترانه است. این حشره از سال ۱۹۰۰ به‌عنوان آفت گندم و جو در جنوب روسیه و منطقه مدیترانه شناخته شد و در سال ۱۹۷۸ به‌صورت یک آفت مهم در مناطقی از آفریقای جنوبی که دارای بارندگی تابستانه هستند درآمده است (۴۰). مناسب‌ترین شرایط تولید مثلی این حشره بر روی گندم، مرحلهٔ رویشی ساقه‌دهی است و حساس‌ترین مرحلهٔ گیاه به تغذیهٔ حشره، مرحلهٔ رویشی گیاهچه (Seedling) (قبل از ساقه رفتن) و بعد از آن مرحلهٔ خوشه‌دهی است (۴).

شتهٔ روسی گندم علاوه بر تغذیه از شیره گیاهی با تزریق توکسین در محل‌های تغذیه باعث تخریب کلروپلاست گیاهی شده و نوارهای طولی زرد و سفید و گاهی ارغوانی رنگ بر روی گیاه میزبان ایجاد می‌کند. گیاهانی که شدیداً آلوده می‌شوند، اغلب از رشد بازمانده و برگ‌های لوله شده دارند که در گیاهان مسن‌تر حتی برگ پرچم نیز لوله می‌شود. در ارقام حساس با تخریب کلروپلاست گیاهی در اثر تغذیه این آفت، ارتفاع بوته، وزن اندام‌های هوایی و شمار سنبلچه و در نهایت میزان محصول کاهش پیدا می‌کند. آلودگی مزارع گندم پاییزه به شته روسی در بعضی از ژنوتیپ‌ها ممکن است باعث افزایش سرمازدگی شود (۳۷). هم‌چنین تغذیهٔ این حشره روی گندم، محتویات پروتئینی و کیفیت نانوایی آرد حاصل از آن را پایین می‌آورد (۴ و ۳۸).

این حشره علاوه بر گندم و جو به غلات دیگری نظیر یولاف، چاودار و تریتیکاله نیز حمله می‌کند و بنا به گزارش پورتر و همکاران در حال حاضر به‌عنوان مخرب‌ترین حشره در مناطق دارای بارندگی تابستانه محسوب می‌شود (۳۰). بنا بر گزارش هاگس و می‌والد (۱۹۹۰) شتهٔ روسی گندم می‌تواند در مزارع گندم و جو به‌ترتیب باعث از بین رفتن محصول به میزان ۸۰ و ۱۰۰ درصد گردد (۲۳). به‌طور کلی میزان کاهش محصول در اثر تغذیهٔ این آفت متغیر است. خسارت شته روسی در آفریقای جنوبی حدود ۳۵ الی ۶۰ درصد، در کشور اتیوپی ۷۰-۶۰ درصد و در جنوب آلبرتای کانادا حدود ۳۷ درصد برآورد شده است. طبق این گزارش، وزن هزار دانه، وزن خوشه‌ها، وزن اندام‌های هوایی گیاه، وزن ریشه‌ها، ارتفاع گیاه، قدرت زنده ماندن و تحمل به سرما در ارقام پاییزه در اثر آلودگی به این حشره شدیداً کاهش نشان داده‌اند (۱۵).

برای نخستین بار در ایران وجود شتهٔ روسی در مزارع گندم ورامین، اصفهان، سیرجان و اردکان توسط دواچی (۱۳۳۰) و پس از آن توسط فرحبخش (۱۳٤۰) گزارش شده است. طبق گزارش سازمان حفظ نباتات مناطق سردسیر استان کرمان و قسمت‌هائی از استان‌های کردستان، سمنان، سیستان و بلوچستان، زنجان، قزوین، مرکزی، چهارمحال و بختیاری، خراسان و فارس به شتهٔ روسی آلوده بوده است (۳). نوری و رضوانی (۱۳۷٤) پراکنش این شته را همراه با هفت گونهٔ دیگر در مناطق ورامین، کرج و فیروزکوه بررسی نموده، و اظهار کرده‌اند که این گونه در مناطق ورامین و کرج بعد از شتهٔ سبز گندم (*Shizaphis graminum*)، و در فیروزکوه نسبت به بقیهٔ گونه‌ها در ردیف اول قرار داشته است (۹).

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

برآورد دقیقی از شدت آلودگی و میزان خسارت این آفت در کشور گزارش نشده، ولی شدت آلودگی آن در استان‌های سمنان، سیستان و بلوچستان، خراسان و فارس در حدی بوده که روی آنها مبارزهٔ شیمیایی انجام می‌گیرد. هنگامی که ۱۰ درصد گیاهان در مرحلهٔ ساقه‌دهی تا مرحلهٔ خوشه‌دهی به شته آلوده شده باشند، سموم شیمیایی بر علیه آن استفاده می‌شود (۴، ۷ و ۱۰).

آلودگی به شته روسی باعث تنش در گیاهان حساس و مقاوم می‌شود. از نظر متابولیکی گیاهان مقاوم، قابلیت بهتری برای بقا در شرایط تنش ایجاد شده به‌وسیلهٔ این آفت دارند. حمله شته، تغییراتی در تراکم پرولین که در ایجاد مقاومت به استرس نقش زیادی دارد، به وجود می‌آورد. افزایش تراکم مواد فنلی در فنوتیپ‌های مقاوم پس از آلودگی نیز ممکن است یک اثر بازدارندگی روی تغذیه شته داشته باشد. گزارش شده است که اسیدهای هیدروگزامیک با ایجاد تأخیر در حصول و هضم بافت الیافی توسط شته باعث کاهش میانگین رشد آنها می‌شود. هم‌چنین بازدارنده‌های پیروتئناز باعث افزایش مرگ و میر پوره‌های سنین آخر و کاهش تولید پوره از شته‌های بالغ در گندم می‌شوند (۲۲، ۴۰، ۴۳ و ٤٤). عبور نور فلورسنت در مزوفیل و غلاف دستجات آوندی نزدیک به زخم مربوط به تغذیهٔ شته نشان داده است که واکنش گیاه در برابر تغذیه این آفت به‌طور قابل توجهی شبیه واکنش فوق حساسیت در بیماری‌های میکروبی است و ژنوتیپ‌های مقاوم نسبت به ژنوتیپ‌های حساس، سلول‌های اتوفلورسنت تخریب شده بیشتری تولید نموده‌اند که شفاف بودن محل‌های مورد حمله شته مشاهده آنها را در تمام قسمت‌های برگ امکان‌پذیر ساخته است. این امر در غربال برای ژنوتیپ‌های مقاوم می‌تواند مفید واقع شود (۲۸).

غربال ژنوتیپ‌های گندم برای مقاومت به شته روسی در شرایط اتاقک رشد، گلخانه و یا مزرعه انجام می‌گیرد. لاو (۱۹۸۴) روش غربال ساده آزمایشگاهی (شرایط اتاقک رشد) را بسیار منطقی توصیف کرده و آن را با ارزیابی مزرعه‌ای منطبق دانسته است. در این روش هر ژنوتیپ به‌صورت یک کپه در داخل اتاقک رشد کشت شده و پس از سبز شدن، کل پلات با شته آلوده می‌شود. پس از ۲۱-۱٤ روز ارزیابی انجام گرفته و آنهایی که سبز مانده‌اند، به‌عنوان ژنوتیپ مقاوم انتخاب می‌شوند (۲۸). برخی از محققین از جمله پورتر و همکاران (۱۹۹۳) و تولمی و همکاران (۱۹۹۹) معتقدند که ارزیابی اولیه ارقام برای مقاومت به شته باید از طریق غربال گیاهچه‌ها به‌وسیلهٔ آلودگی مصنوعی در گلخانه انجام گیرد که در این روش زنده ماندن گیاهچه‌ها میزان و محک مناسبی برای یافتن گیاهان مقاوم محسوب می‌شود (۳۱ و ۳۹). دیوتویت (۱۹۸۹) برای ارزیانی مقاومت به شته روسی گندم یک مقیاس ٦ درجه‌ای براساس کلروز و پیچیدگی برگ پیشنهاد کرده است که در آن درجه‌های ۱، ۲ و ۳ به‌عنوان مقاوم و درجه‌های ۴ و ۵ و ۶ به‌عنوان حساس محسوب می‌شود (۱۸). وبستر (۱۹۸۷) مقیاس‌های مجزایی را بر اساس پیچیدگی برگ‌ها (۳ درجه‌ای)، زردی یا کلروز برگ‌ها (۹ درجه‌ای) و کاهش رشد گیاه (۵ درجه‌ای) برای ارزیابی مقاومت ارقام پیشنهاد داده است (٤٤). پورتر و همکاران (۱۹۹۳) با استفاده از این مقیاس‌ها، ۱۲۰۰۰ ژنوتیپ گندم از کلکسیون ملی دانه‌ریز آمریکا را برای مقاومت به شته روسی ارزیابی کرده و ۲۹ ژنوتیپ نسبتاً مقاوم از کشورهای ایران، افغانستان و شوروی سابق را شناسایی نموده است.

کیندلر و همکاران (۱۹۹۳) از میان جنس‌های دائمی خانواده گندمیان، *Lemus* و *Elymus* را به‌عنوان بهترین منبع مقاومت به شته معرفی کرده‌است (۲٤). در یک آزمایش از ۵۴۷ لاین حاصل از تلاقی بین جنسی *Elymus* و *Triticum* و *Scale* ، ۲۳ مورد سطوح متفاوتی از مقاومت را نشان داده‌اند (۲۱). بررسی روی ۱۹۷ رقم گندم از گونه‌های مختلف *Triticum* نشان داده است که *T. dicoccum* کمترین حساسیت طبیعی را به شته روسی دارد (۲۵). هم‌چنین از ارزیابی ۸۰۷ ژنوتیپ از گندم‌های زراعی و وحشی و هگزاپلوییدهای سنتتیک، شمار زیادی از گونه‌های ژنوم D و شمار کمتری از گونه‌های ژنوم B به شته

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

روسی مقاومت نشان داده‌اند و از ۱۸۱ ژنوتیپ *T. dicoccum* بانک ژن مؤسسهٔ بین‌المللی CIMMYT، ۲۴ مورد مقاومت زیادی به شته روسی داشته‌اند (۳۳). شکاریان و نعمت‌الهی (۱۳۷۷) به‌طور جداگانه شماری از ارقام ایرانی مقاوم به شته روسی گندم را معرفی کرده‌اند که از جمله آنها می‌توان به ارقام آزادی، امید، آلتار، یاوارس، اروند موتانت، بزوستایا و چند لاین گندم اشاره کرد (۷ و ۸).

بررسی‌های ژنتیکی در مورد مقاومت به شته روسی در گندم نشان می‌دهد که این مقاومت توارث‌پذیری ساده‌ای داشته و به‌صورت کیفی کنترل می‌شود (۱۴). ژن‌های Dn1, Dn2, Dn4, Dn5, و Dn6 ، به‌ترتیب عامل مقاومت در لاین‌های گندم PI134739 , PI262660 , PI372129 , PI294994 و PI243781 شناخته شده‌اند (۱۷، ۱۸ و ۳۴). ژن‌های Dn8 و Dn9 نیز به‌عنوان عوامل مقاومت در گندم PI294994 گزارش شده است (۲۶). البته در مورد شمار ژن‌های مقاومت در گندم PI294994 گزارشات متفاوتی وجود دارد. مارایس و دیوتویت (۱۹۹۳) یک ژن، السیدیگ و زور (۱۹۹۳) دو ژن و بیکر و همکاران (۱۹۹۶) سه ژن برای آن گزارش کرده‌اند (۲۷، ۲۰ و ۱٤). به دلیل وجود این تناقضات زنگ و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی تنوع ژنتیکی مقاومت به شته در لاین PI294994 ، ۲۴ گیاه مقاوم به شته روسی گندم از داخل جمعیت این لاین انتخاب کردند و برای بررسی توارث مقاومت، با یک رقم حساس تلاقی داده شدند. در پنج گیاه، دو ژن غالب و مستقل از هم، در چهار گیاه، یک ژن غالب، و در دو گیاه، یک ژن غالب و یک ژن مغلوب برای مقاومت به شته روسی شناسایی شد. در بقیه گیاهان PI294994، مقاومت به شته یا با یک ژن غالب و یا با یک ژن غالب و یک ژن مغلوب کنترل می‌شد. به این ترتیب، بر اساس مقاومت به شته روسی گندم چهار زیرجمعیت در لاین مذکور شناسایی گردید (٤٥).

هم‌چنین ژن Dn3 به‌عنوان عامل مقاومت به شته روسی گندم در *Aegilopes tauschii* معرفی شده است (۲۹). پورتر و همکاران با بررسی توارث مقاومت به شته در لاین PI140207، نشان دادند که ژن کنترل کننده مقاومت در این لاین همان ژن مقاومت در لاین PI134739 است (۳۱). نحوهٔ توارث مقاومت به شته روسی در دو ژنوتیپ گندم ایرانی توسط دری و آساد (۱۳۷۷) مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که مقاومت بر اساس میزان کلروز برگ در هر دو ژنوتیپ آزادی و ۴۸۹۸ با یک ژن غالب کنترل می‌شود. نتیجه به دست آمده از تجزیه آللی نشان داد که این دو ژن مقاوم در دو ژنوتیپ مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند. از نظر تغییر شکل برگ مقاومت در هر دوی این ژنوتیپ توسط دو ژن با آثار اپیستازی کنترل می‌شود (۲ و ۳).

طبق گزارش آدام و همکاران (۲۰۰۱) مقاومت در دو لاین تریتیکاله PI386146 و PI386156، حداقل توسط دو ژن کنترل می‌شود. یکی از آنها (Dn7) روی بازوی بلند کروموزوم 4R (مشتق شده از چاودار) قرار دارد که انتقال آن به گندم نان منجر به ایجاد مقاومت نسبی گردیده است. یعنی به‌خاطر وجود تفاوت‌های ساختاری در دو کروموزوم دهنده و گیرنده، انتقال مقاومت به‌طور کامل موفقیت‌آمیز نبوده است (۱۲).

به طور کلی، مطالعات ژنتیکی مقاومت به شته روسی گندم نشان می‌دهد که استفاده از ارقام مقاوم به‌دلیل اهمیت اقتصادی، داشتن قابلیت تلفیق بهتر با سایر روش‌های کنترل و نداشتن آثار تخریبی در محیط زیست، روشی بسیار مؤثر در حفظ محصول از خسارت این آفت است. بررسی حاضر در همین راستا و با هدف شناسایی منابع جدید مقاومت در میان ارقام تجاری گندم نان و لاین‌های پیشرفته گندم دوروم به مرحله اجرا درآمده است.

مواد و روش‌ها

بر اساس مناطق مورد حمله شته روسی گندم در ایران، شمار ۱۳ رقم تجاری گندم نان و ۱۵ لاین پیشرفته گندم دوروم، که در سال زراعی ۱۳۷۹ وارد آزمایش‌های یک‌نواخت سراسری بخش غلات مؤسسهٔ اصلاح و تهیه نهال و بذر شده بودند، به‌همراه دو رقم شاهد مقاوم و حساس در قالب طرح بلوک‌های

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

جدول ۱. ارقام و لاین‌های گندم مورد استفاده در آزمایش

ردیف	رقم یا لاین	شجره
۱	آزادی	
۲	امید	
۳	چمران	
۴	داراب ۲	
۵	روشن	
۶	زرین	
۷	زاگرس	
۸	شعله	
۹	شیرودی	
۱۰	کویر	
۱۱	مرودشت	
۱۲	مهدی	
۱۳	هالت	
۱۴	M-75-7	Alvand//Alvand"s"//As58 40072-48
۱۵	M-75-10	Gv/D630//Ald"s"/3Azd
۱۶	+(p-1-1)*DW1	Quassil-1/4/Marb-Sh/Rabi/Gr/Cr
۱۷	(P-1-4) DW2	Porto-7
۱۸	(p-1-6) DW3	Tem/4/Gediz
۱۹	(p-1-8) DW4	Sora/Plata-12
۲۰	(p-1-9) DW5	Lagost-2
۲۱	(p-1-12) DW	Bicre/3/…
۲۲	(p-1-13) DW7	Int-Pro
۲۳	(p-1-14) DW8	Bicre/3/Cham-1//Gta/Stk
۲۴	(p-2-5) DW9	Syn-3/Cops//Plata-13
۲۵	(p-2-6) DW10	Wizza-16
۲۶	(p-2-9) DW11	Zhong Zuo/2*Green-3
۲۷	(p-2-10) DW12	Artico/Ajala-3
۲۸	(p-2-12) DW13	Zeivra-5
۲۹	(p-2-14) DW14	Himan-9 CD88612-4m
۳۰	(p-2-15) DW15	Sopus-4 CD88709-2

*: علامت DW نشان دهندهٔ لاین‌های گندم دوروم است.

+: شماره ثبت در بخش غلات مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

کامل تصادفی با چهار تکرار کشت شد. ارقام و لاین‌ها در جدول ۱ آورده شده‌اند. از رقم شعله که توسط شکاریان و نعمت‌الهی (۸) حساس شناخته شده بود، به‌عنوان شاهد حساس و از رقم خارجی هالت (Halt) (۳۲) به‌عنوان شاهد مقاوم استفاده شده است. از دو رقم آزادی و امید که در بررسی‌های قبلی مقاوم شناخته شده بودند نیز استفاده شده است.

با توجه به این‌که در بسیاری از آزمایش‌ها واکنش گیاه به شته روسی گندم در مراحل آخر دورهٔ رویش شبیه مراحل اولیه رشد گیاه بوده و نتایج آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای تفاوت چندانی نشان نداده‌اند، بنابراین ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای مقاومت به شته در این پژوهش در مرحله گیاهچه و در شرایط گلخانه با دمای $25\pm5^{\circ}C$، رطوبت نسبی ۵۰-۴۰ درصد و ۱۴ ساعت نور ۱۰ ساعت تاریکی انجام گرفت. شته مورد نیاز برای آلودگی مصنوعی از مزارع گندم شهرستان قزوین جمع‌آوری شد. به‌منظور تهیه یک جمعیت ایزوله، هر کدام از شته‌ها به‌طور انفرادی در گلدانی که به‌وسیلهٔ یک سیلندر پلاستیکی شفاف و دارای محفظه‌های توری ایزوله شده بود، روی گندم الموت پرورش و تکثیر یافتند. یکی از این جمعیت‌ها برای رهاسازی روی ژنوتیپ‌ها انتخاب و بقیه حذف شدند.

از هر ژنوتیپ، شمار ۵ بذر در یک گلدان پلاستیکی به قطر ۱۰ و عمق ۹ سانتی‌متر کشت و به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. پس از سبز شدن بذرها، شمار گیاهچه‌ها به ۳ عدد در هر گلدان کاهش یافت. بر اساس روش وبستر و همکاران (۴۲) در مرحلهٔ ۲-۱ برگی گیاه، به وسیله قلم موی نرم و مرطوب تعداد ۵ پوره سنین ۵-۴ شته بر روی هر کدام از گیاهچه‌ها رهاسازی شد. بیست و یک روز پس از رهاسازی، ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌ها بر اساس درصد پیچیدگی یا کلروز برگ‌ها انجام گرفت. درصد سطح پیچیده و سطح کلروزه برگ به سطح کل برگ محاسبه گردید. با توجه به این‌که داده‌های حاصل از آزمایش به‌صورت درصد بود و دامنهٔ وسیعی را پوشش می‌داد تبدیل زاویه‌ای روی آنها انجام گرفت (۱۱). داده‌های تبدیل شده مورد تجزیه قرار گرفته و مقایسات مختلف از نظر مقاومت به شته بین و درون ارقام گندم نان و دوروم انجام شد. با توجه به این‌که اثر بلوک در طرح بلوک‌های کامل تصادفی معنی‌دار نشد، تجزیه به روش طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌صورت یک‌جا و جداگانه برای گندم‌های نان و دوروم با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای انجام گرفت. هم‌چنین هم‌بستگی خطی بین اجزای مقاومت (پیچیدگی برگ‌ها و کلروز برگ‌ها) برآورد گردید. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C، و برای تجزیه خوشه‌ای و برآورد هم‌بستگی بین اجزای مقاوم از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر پیچیدگی برگ تفاوت معنی‌داری با هم دارند (جدول ۲). مقایسه میانگین برای این صفت با بهره‌گیری از روش دانکن، در جدول ۳ نشان می‌دهد که لاین‌های گندم دوروم DW2، DW10،DW9، DW14، DW4، DW7، DW12، Dw3 و DW8 پیچیدگی برگ کمتری نسبت به شاهد مقاوم هالت داشته و از مقاومت بالایی برخوردارند. رقم آزادی و لاین‌های DW5 و DW6 نیز با مقاوم‌ترین لاین (DW9) در حرف K مشترک بوده و تفاوت معنی‌داری با آن ندارند در نتیجه جزو ارقام مقاوم محسوب می‌شوند. ارقام شیرودی، زاگرس، مرودشت و M-75-7 و لاین DW13 پیچیدگی برگ بیشتری نسبت به شاهد حساس بوده و داراب ۲، چمران، زرین، کویر، مهدوی، روشن و DW11 تفاوت معنی‌داری با حساس‌ترین رقم (شیرودی) ندارند. بنابراین در گروه حساس قرار می‌گیرند. بقیه ارقام و لاین‌ها در حد واسط بین دو گروه قرار می‌گیرند.

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، لاین‌ها و ارقام از نظر میزان کلروز برگ نیز تفاوت معنی‌داری دارند و مقایسه میانگین‌های آنها برای این صفت نشان می‌دهد که لاین دوروم DW3 مقاوم‌ترین ژنوتیپ بوده و لاین‌های دوروم

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌های گروهی ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم برای واکنش به شته روسی گندم

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	
		درصد پیچیدگی برگ	درصد کلروز برگ
ژنوتیپ	۲۹	۱۶۸/۲۲**	۲۳۴/۰**
مقایسه ۱	۱	۱۸۲۰/۴۶**	۱۱۱۹/۴۵**
مقایسه ۲	۱۴	۸۳/۹۱**	۱۶۵/۳۱**
مقایسه ۳	۱۴	۱۳۴/۵۵**	۲۳۹/۷۰**
اشتباه آزمایشی	۹۰	۳۱/۵۶	۲۶/۷۷
ضریب تغییرات (CV)	-	۱۴/۵۵	۱۵/۲۷

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

مقایسه ۱ : مقایسه بین گندم نان و گندم دوروم

مقایسه ۲ : مقایسه بین ارقام گندم نان

مقایسه ۳ : مقایسه بین لاین‌های دوروم

DW14, DW9, DW4, DW2, DW7 DW1, DW12,DW8 و ارقام امید و آزادی تفاوت معنی‌داری با مقاوم‌ترین لاین(DW3) ندارند در حالی‌که لاین DW13 به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ شناخته شده و به همراه ارقام شیرودی، شعله و M-75-7 گروه حساس را تشکیل می‌دهند (جدول ۳).

نتایج مقایسه‌های گروهی نشان داد که ارقام گندم نان و لاین‌های دوروم از نظر هر دو صفت با هم متفاوت هستند (جدول ۲). با توجه به جدول ۳ مشخص می‌شود که لاین‌های دوروم از نظر درصد پیچیدگی و درصد کلروز برگ اکثراً پایین‌تر از شاهد مقاوم قرار گرفته و دارای مقاومت بیشتری نسبت به گندم‌های نان هستند. مقایسه گروهی داخل گندم‌های نان و دوروم به‌طور مجزا نشان می‌دهد که در داخل آنها نیز تفاوت معنی‌داری برای هر دو صفت وجود دارد (جدول ۲). از نظر کلروز برگ در بین ارقام گندم، شیرودی حساس‌ترین رقم بوده و آزادی، امید و M-75-10 در گروه مقاوم قرار می‌گیرند و بقیه ارقام در حد واسط بین دو گروه قرار می‌گیرند از نظر پیچیدگی برگ، شیرودی، زاگرس، مرودشت، شعله، داراب ۲، چمران و زرین بیشترین حساسیت و هالت و آزادی بیشترین مقاومت را نشان داده‌اند (جدول ۳). لاین‌های گندم دوروم نیز از نظر هر دو صفت مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان داده‌اند، به‌طوری که لاین DW13 حساس‌ترین لاین از نظر کلروز برگ، و لاین‌های DW14, DW9, DW4, DW2, DW7, DW1, DW12 DW3, و DW8 مقاوم‌ترین آنها هستند. این لاین‌ها به‌جز لاین DW1 از نظر پیچیدگی برگ نیز در گروه مقاوم قرار می‌گیرند. لاین‌های DW13 و DW11 حساس‌ترین گروه را از نظر پیچیدگی برگ تشکیل می‌دهند (جدول ۳).

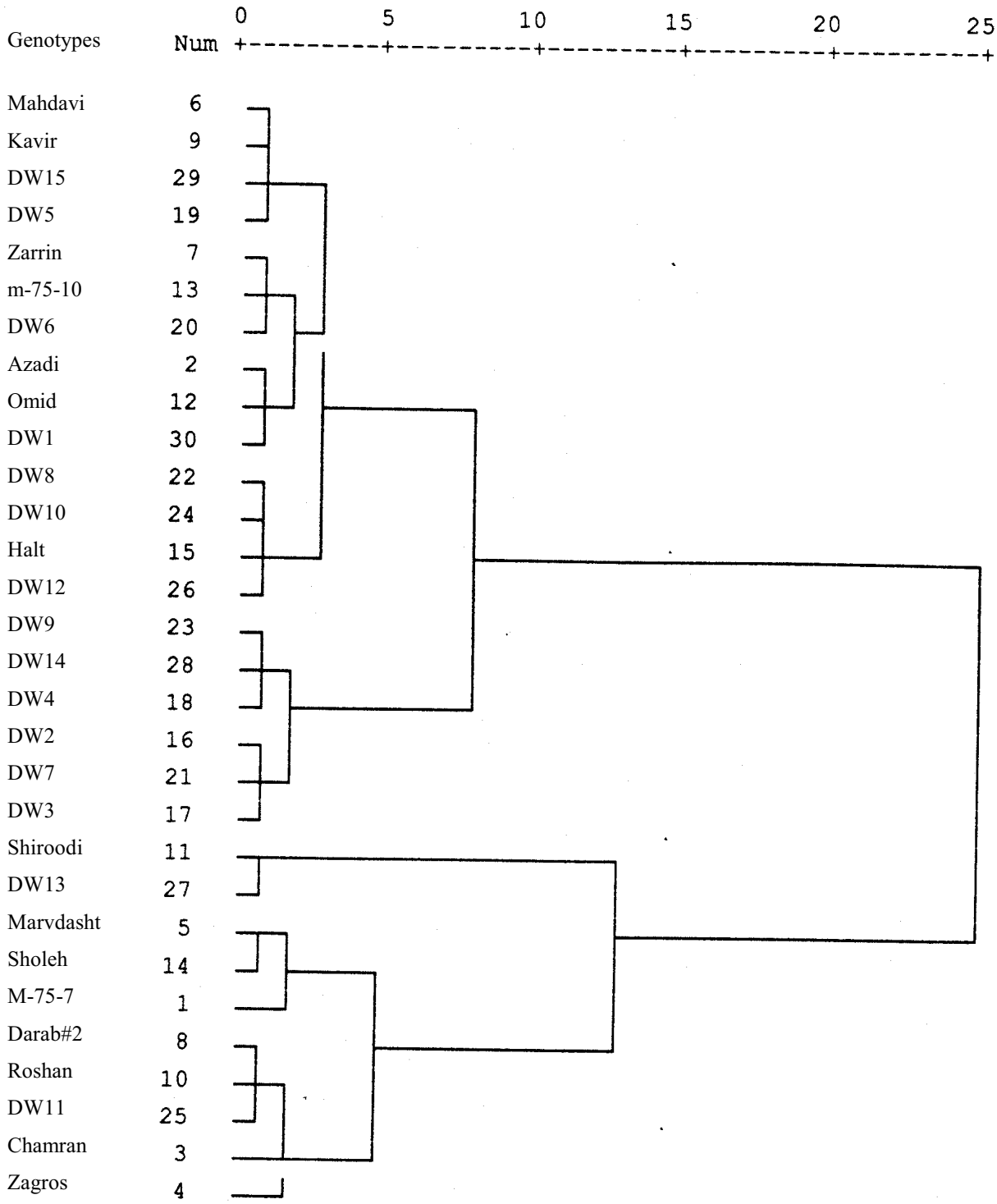
به‌طور کلی لاین گندم دوروم DW13 و ارقام شیرودی و شعله و M-75-7 هم از نظر پیچیدگی برگ و هم از نظر کلروز در گروه حساس قرار گرفته و در نتیجه حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی هستند. در حالی که لاین‌های دوروم DW8, DW12, DW7, DW2, DW4, DW9, DW3 و DW14 و رقم آزادی، از نظر هر دو صفت در گروه مقاوم قرار گرفته و به‌عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس هر دو صفت پیچیدگی و کلروز برگ با بهره‌گیری از تجزیهٔ خوشه‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است. در این نمودار با خط برش در فاصلهٔ ۵ ژنوتیپ‌ها در پنج گروه زیر قرار می‌گیرند:

گروه ۱ (خیلی مقاوم): DW9، DW14، DW2، DW7 و DW3

گروه ۲ (مقاوم): مهدوی، کویر، DW15, DW5 ، زرین، آزادی،

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021



شکل ۱. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم برای واکنش به شته روسی گندم براساس درصد پیچیدگی و درصد گلروز برگ‌ها

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

جدول ۳. مقایسه میانگین* ژنوتیپ‌های گندم از نظر پیچیدگی برگ‌ها و درصد کلروز برگ‌ها در اثر تغذیه شته روسی گندم

درصد کلروز برگ‌ها			درصد پیچیدگی برگ‌ها		
رقم یا لاین	میانگین	کلاس	رقم یا لاین	میانگین	کلاس
DW13	۶۰/۸۴	a	شیرودی	۵۹/۱۶	A
شیرودی	۶۰/۸۳	a	M-75-7	۵۷/۹۲	Ab
شعله	۴۹/۱۷	ab	DW13	۵۵/۸۳	abcd
M-75-7	۴۸/۷۵	ab	زاگرس	۵۳/۷۵	abcde
مرودشت	۴۵/۰۰	bc	مرودشت	۵۳/۳۳	abcdef
DW11	۴۳/۳۳	bc	شعله	۴۹/۱۷	abcdef
داراب ۲	۳۹/۱۷	bcd	داراب ۲	۴۸/۳۳	abcdef
روشن	۳۷/۹۲	bcd	چمران	۴۶/۶۷	abcdefgh
زاگرس	۳۷/۵۰	bcde	DW11	۴۵/۸۳	abcdefgh
DW15	۳۴/۵۹	cdef	روشن	۴۵/۰۰	abcdefghi
مهدوی	۳۳/۳۴	cdef	زرین	۴۲/۵۰	bcdefghi
DW5	۳۳/۳۴	cdef	کویر	۴۲/۰۸	bcdefghi
کویر	۳۲/۹۲	cdef	مهدوی	۴۰/۷۵	cdefghi
چمران	۳۲/۵۰	cdefg	DW1	۴۰/۶۶	cdefghi
هالت	۲۸/۷۵	defgh	M-75-10	۴۰/۰۰	cdefghi
DW6	۲۸/۷۵	defgh	DW15	۳۸/۵۹	defghi
زرین	۲۸/۳۴	defgh	امید	۳۸/۳۴	defghij
DW10	۲۷/۹۲	defgh	DW6	۳۷/۵۰	efghijk
DW8	۲۶/۵۸	defghi	آزادی	۳۵/۴۲	fghijk
M-75-7	۲۵/۸۳	defghi	DW5	۳۴/۵۹	fghijk
DW12	۲۵/۴۲	defghi	هالت	۳۳/۷۵	fghijk
آزادی	۲۳/۷۵	efghi	DW8	۳۱/۶۷	ghijk
امید	۲۳/۳۴	efghi	DW10	۳۰/۸۳	ghijk
DW1	۲۰/۸۴	eghi	DW2	۳۰/۰۰	hijk
DW7	۱۹/۵۹	ghi	DW3	۲۷/۵۰	Ijk
DW2	۱۹/۵۸	Ghi	DW12	۲۶/۸۸	Ijk
DW4	۱۸/۷۵	hi	DW7	۲۶/۷۸	Ijk
DW9	۱۶/۶۷	hi	DW4	۲۲/۹۹	Ik
DW14	۱۵/۰۰	i	DW14	۲۲/۰۸	K
DW3	۱۴/۹۸	i	DW9	۲۱/۶۷	K

* مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال اشتباه ۱٪ انجام گرفته است. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری با همدیگر تفاوت دارند.

DW6, M-75-10 ، امید، DW1, DW8, DW10 ، هالت و DW12

گروه ۳ (حساس تا مقاوم): داراب ۲، روشن، DW11، چمران و زاگرس

گروه ۴ (حساس): مرودشت، شعله و M-75-7

گروه ۵ (خیلی حساس): شیرودی و DW13

همان‌گونه که در گروه‌بندی فوق دیده می‌شود، همهٔ ژنوتیپ‌های خیلی مقاوم به شته، از گندم‌های دوروم که دارای ژنوم AB است، می‌باشند. این موضوع با گزارشات قبلی هم‌آهنگی دارد، به‌طوری که نعمت‌الهی و احمدی (۱۳۷۷) نیز

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

شماری از ژنوتیپ‌های گندم دوروم را در کنار چندین رقم گندم نان به‌عنوان منابع مقاومت به شته روسی گندم معرفی کرده‌اند(۸). در مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) نیز طی سال‌های اخیر تعدادی گندم دوروم مقاوم به شته روسی شناسایی و در برنامهٔ اصلاحی گندم برای توسعه ارقام مقاوم به شته روسی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۹). هم‌چنین در مطالعات رابینسون و همکاران (۱۹۹۲) در بین گونه‌های مختلف گندم، گونهٔ *T. diccoccum* که دارای ژنوم AB است از حساسیت طبیعی کمتری برخوردار بوده است(۳۳). بنابراین علی‌رغم وجود شمار زیادی از ژن‌های مقاومت بر روی ژنوم D می‌توان گفت که این ژن‌ها در گونه‌های مختلف روی ژنوم‌های متفاوت قرار گرفته‌اند. اسکرودر و همکاران (۱۹۹٤) به وجود ژن‌هایی با آثار فرعی روی مقاومت به شته در ژنوم B اشاره کرده‌اند در حالی‌که وجود سطوح بسیار بالایی از مقاومت در گونه *T. diccoccum* نشان از وجود ژن‌های اصلی مقاومت در ژنوم B و یا A است (۳۰).

بالا بودن ضریب هم‌بستگی بین دو جزء مقاومت یعنی میزان پیچیدگی برگ و میزان کلروز برگ (r=٪۸۰)، بیانگر این نکته است که غربال برای هر کدام از این صفات به تنهایی نیز می‌تواند به شناسایی ارقام مقاوم منجر گردد. ولی در بعضی موارد ژنوتیپ‌هایی با پیچیدگی برگ بالا و کلروز پایین و یا برعکس دیده می‌شود و این امر باعث می‌گردد که استفاده از درجه‌بندی‌ها بر اساس هر دوی این صفات به‌طور یک‌جا مثل درجه‌بندی دیوتویت (۱۵)، برای ارزیابی مقاومت ارقام از دقت کافی برخوردار نباشد. بنابراین برای رسیدن به نتیجه مطلوب در ارزیابی‌ها بهتر است از هر دو صفت استفاده گردد و رقمی به‌عنوان مقاوم معرفی شود که هم میزان پیچیدگی برگ کمتری داشته و هم از میزان کلروز برگ کمتری برخوردار باشد. دری و آساد نیز برای بررسی نحوهٔ توارث مقاومت به شته، کلروز و پیچیدگی برگ ناشی از تغذیه شته را به‌عنوان دو صفت مستقل مورد مطالعه قرار داده‌اند (۲). نعمت‌الهی و احمدی از شاخص PRI (Plant Resistance Index)، برای تفکیک ارقام مقاوم و حساس استفاده کرده‌اند (۸). این شاخص، میانگین هندسی اجزای مقاومت بوده و رابطه عکس با مقاومت دارد. با استفاده از این شاخص ممکن است رقمی که از نظر دو جز مقاومت بالا ولی از نظر سومی پایین است، به‌عنوان رقم مقاوم انتخاب شود درحالی که وقتی ژنوتیپ‌های موردمطالعه برای تک تک اجزا به‌طور جداگانه غربال می‌شوند، رقمی به‌عنوان مقاوم شناخته می‌شود که از نظر تمام اجزا مقاومت نشان داده باشد.

نتیجه‌گیری

براساس بررسی حاضر ژنوتیپ‌های گندم دوروم نسبت به ژنوتیپ‌های گندم نان مقاومت بیشتری به شته روسی گندم نشان می‌دهند و این بیانگر وجود ژن‌های مقاومت در ژنوم A و یا B است. از لاین‌های گندم دوروم DW4 ,DW14 ,DW9 ,DW2 ,DW7 و DW3 به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم و لاین دوروم DW13 و رقم شیرودی به عنوان ژنوتیپ‌های حساس می‌توان درمطالعات ژنتیکی و کشت در مناطق مورد حملهٔ شته روسی استفاده کرد. به رغم وجود هم‌بستگی بالا بین دو صفت پیچیدگی برگ و کلروز برگ ناشی از تغذیه شته روسی، توصیه می‌شود از آنها به‌عنوان دو صفت مستقل برای ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌ها به شته روسی گندم استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین و کارشناسان واحد به‌نژادی گندم نان و دوروم بخش تحقیقات غلات مؤسسهٔ اصلاح و تهیه نهال و بذر، به‌خاطر در اختیار گذاشتن بذرهای مورد نیاز برای اجرای طرح حاضر قدردانی می‌گردد.

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ع. و ع. سرافرازی. ۱۳۷۲. انتشار و دشمنان طبیعی شته روسی گندم در فارس. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، رشت.

۲. دری، ح. و م. آساد. ۱۳۷۷. توارث مقاومت به شته روسی با ارزیابی تغییر شکل برگ. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.

۳. دری، ح.، م. آساد، ی. امام ۱۳۷۷. توارث مقاومت به شته روسی با ارزیابی کلروزیس برگ. چکیده مقالات پنجمین کنگرهٔ زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، کرج.

٤. دولتی، ل. ۱۳۷۳. بررسی بیولوژی و پراکنش شته روسی در استان تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران.

۵. دولتی، ل. ۱۳۸۱. بررسی چند شکلی DNA ژنومی و تفاوت خسارت‌زایی شته روسی گندم در مناطق آلوده ایران. پایان‌نامهٔ دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

٦. رستگاری، ن. و ح. نوبخش. ۱۳۷۲. بررسی مقدماتی شته‌های گندم در شهرکرد. خلاصهٔ مقالات یازدهمین کنگرهٔ گیاه‌پزشکی ایران، رشت.

۷. شکاریان، ب. ۱۳۷۷. بررسی مقاومت ارقام گندم به شته روسی گندم در کرج. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه کشاورزی، دانشگاه تهران.

۸. نعمت‌الهی، م. و ع. احمدی. ۱۳۷۷. شناسایی منابع مقاومت به شته روسی گندم (*Diuraphis noxia*) در ژنوتیپ‌های گندم. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۹. نوری، پ. و ع. رضوانی. ۱۳۷۴. بررسی تغییرات جمعیت شته‌های غلات در استان تهران. خلاصهٔ مقالات دوازدهمین کنگرهٔ گیاه‌پزشکی ایران، کرج.

۱۰. نوری قنبلانی، ق. ۱۳۷۴. مقاومت *گیاهان به حشرات*. انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

۱۱. یزدی صمدی، ب.، ع. رضایی و م. ولی‌زاده. ۱۳۷۶. *طرح‌های آماری در پژوهش‌های کشاورزی*. انتشارات دانشگاه تهران.

12. Adam, J. L., D. R. Porter, C. A. Backer, K, Rybka and B. Lapinski. 2001. Attemps to transfer Russian Wheat Aphid resistance from a rye chromosome in Russian triticales to wheat. Crop Sci. 41: 1743-1749.
13. Baker, C. A., D. R. Porter and J. A. Webster. 1994. Registration of STARS-9302W and STARS-9303W, Russian Wheat Aphid resistant wheat germplasm. Crop Sci. 34(4): 1135-1136.
14. Baker, C. A., D. R. Porter and J. A. Webster. 1996. Identification of Genetic Diversity for Russian Wheat Aphid Resistance in Wheat. P. 93. *In*: Agronomy Abstracts. ASA, Indianapolis, IN.
15. Butts, R. A. and G. B. Schaalje. 1997. Impact of subzero temperatures on survival, longevity and natality of adult Russian Wheat Aphid. Environ. Entomol. 26(3): 661-667.
16. Deol, G. S., G. E. Wilde and B. S. Gill. 1995. Host plant resistance in some wild wheats to the Russian Wheat Ahpid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko). Plant Breed. 114(6): 545-546.
17. Dong, H. 1997. Inheritance and allelism of Russian Wheat Aphid resistance in several wheat lines. Plant Breed. 116(5): 449-453.
18. Du Toit, F. 1989. Inheritance of resistance in two *Triticum aestivum* lines to Russian Wheat Aphid (Hom.: Aphididae). J. Econ. Entomol. 82(4): 1251-1253.
19. El-Bouhssini, M., M. M. Nuchit, C. Royo, N. D. Fonzoand and J. L. Arous. 2000. New sourse of resistance in durum wheat and wild relatives to Russian Wheat Aphid (Hom.: Aphididae). Proc. Seminar, 12-14 April, 2000, Zaragoza, Spain.
20. Elsidaig, A. A. and P. K. Zwer. 1993. Genes for resistance to Russian Wheat Aphid in PI 29494 wheat. Crop Sci. 33(5): 998-1001.

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 10:26 IRST on Wednesday December 8th 2021

21. Fromush, E. S., G. E. Wilde, J. H. Hatchett and R. D. Collins. 1994. Resistance to the Russian Wheat Aphid in wheat and wheat-related hybrids. J. Econ. Entomol. 87(1): 241-244.
22. Givivich, A. and H. M. Niemeyer. 1996. Role of hydroxamic acids in the resistance of wheat to the Russian Wheat Aphid, *Diuraphis nixia.* J. Appl. Entomol. 120(9): 537-539.
23. Hughes, R. D. and G. F. Maywald. 1990. Forecasting the favourableness of the Australian environment for the Russian Wheat Aphid, *Diurahpis noxia* and its potential impaction Australian wheat yields. Bull. Entomol. Res. 80: 165-175.
24. Kindler, S. D., K. B. Jensen and T. L. Springer. 1993. Resistance to the Russian Wheat Aphid within the Peranial T. J. Econ. Entomol. 86(5): 1609-1618.
25. Liu, X. M., C. M. Smith, B. S. Gill and V. Tolmay. 2001. Microsatellite markers linked to six Russian Wheat Aphid resistance genes in wheat. Theor. Appl. Genet. 102: 504-510.
26. Liu, Z. G., R. Zhang and M. Mannuti. 1996. Evaluation of natural tolerance and resistance of wheat varieties to *Diuraphis nixia.* Plant Protec. 22(6): 23-24.
27. Marais, G. F. and F. Du Toit. 1993. A monosomic analysis of Russian Wheat Aphid resistance in the common wheat PI294994. Plant Breed. 111: 246-248.
28. Miller, B. M., D. R. M. L. Pierce and A. J. Mort. 1994. An early indicator on resistance in barley to Russian Wheat Aphid. Plant Biol. 105(4): 1289-1294.
29. Nkongolo, K. K., J. S. Quick, A. E. Limin and D. B. Flower. 1991. Source and inheritance of resistance to the Russian Wheat Aphid in Triticum species and *Triticum tauschii*. Can. J. Plant Sci. 71: 703-708.
30. Porter, D. R, C. A. Baker and J. A. Webster. 1998. Inheritance of Russian Wheat Aphid resistance in PI140207 spring wheat. Plant Breed. 117(3): 293-294.
31. Porter, D. R., J. A. Webster and C. A. Baker. 1993. Detection of resistance to the Russian Wheat Aphid in hexaploid wheat. Plant Breed. 110: 175-160.
32. Quick, J. S., G. E. Gellis, R. M. Norman, J. A. Stromberg, J. F. Shanahan, F. B. Peairs, J. B. Rudolph and K. Lorenz. 1996. Registration of"Halt" wheat. Crop Sci. 36: 210.
33. Rodinson, J. and B. Skovmand. 1992. Evaluation of emmer wheat and other Triticeae for resistance to the Russian Wheat Aphid. Genet. Resour. Crop Evol. 39(3): 159-163.
34. Saidi, A. and J. S. Quick. 1996. Inheritance and allelic relationships among Russian Wheat Aphid resistance genes in winter wheat. Crop Sci. 36(2): 256-258.
35. Schroder, T. S., R. S. Zemetra, D. J. Skotzko, C. M. Smith and M. Rafi. 1994. Monosomic analysis of Russian Wheat Aphid resistance in *Triticum aestivum* lines PI137739. Euphytica 74(1-2): 117-120.
36. Shufran, K., J. D. Burd and J. A. Webster. 1997. Biotypic status of Russian Wheat Aphid populations in the United States. J. Econ. Entomol. 90(6): 1684-1689.
37. Storlie, E., L. E. Talbert, G. A. Talor, H. A. Ferkosen and J. H. Brown. 1993. Effect of the Russian Wheat Aphid on osmotic potential and fractun content of winter wheat seedling. Euphytica 65(1): 9-14.
38. Tolmay V. L., M. C. Van der Westhuizen and C. S. Van Deventer. 1999. A six week screening method for mechanisms of host plant resistance to *Diuraphis noxia* in wheat accessions. Euphytica 107: 76-86.
39. Tolmay, V., D. V. Lill, M. F. Smith and L. D. Van. 1997. The influence of demeton-S-metyl parathion and imidacloprid on the yield and quality of Russian Wheat Aphid resistant and susceptible wheat cultivars. South Africa J. Plant Soil. 14(3): 107-111.
40. Tran, P. 1997. Plant priteinase inhibitors are potential anti cereal aphid compounds. J. Econ. Entomol. 90(6): 1672-1677.
41. Walters, M. C., F. Penn, F. Du Toit, T. C. Both, K. Aalloersberg, P. H. Hewitt and S. W. Broadryk. 1980. The Russian Wheat Aphid Farmining South Africa. Leaflet series-Wheat, G3.
42. Westhuizen, A. V., Z. Pretorius and A. J. Van. 1995. Biochemical and physiological responses of resistant and susceptible wheat to Russian Wheat Aphid infection. Cereal Res. Commun. 23(3): 305-313.
43. Westhuizen, A. V., X. M. Qian, A. M. Botha and A. J. Van. 1998. Beta-1,3-Glucanases in wheat and resistance to the Russian Wheat Aphid. Physiol. Plant. 103(1): 125-131.
44. Webster, J. A., K. R. Straks and R. L. Burton. 1987. Plant resistance studies with *Diuraphis noxia,* a new United States wheat pest. J. Econ. Entomol. 80: 944-949.
45. Zhang Y., J. S. Quik and S. Liu. 1998. Genetic variation in PI 294994 wheat for resistance to Russian Wheat Aphid. Crop Sci. 38: 527-530.