نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۴۲۱-۴۰۹

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No.4, Winter 2019, P. 409-421

# ارزیابی مقاومت برخی ارقام تجاری و لاین‌های پیشرفته گندم به شته‌ی روسی گندم، *Diuraphis noxia* (Mordvilko)

قدیر نوری قنبلانی[1*]- جواد ابراهیمی حاجیکلائی[2]- مژگان مردانی طلایی[3]- جبرائیل رزمجو[4]- سید علی اصغر فتحی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴

## چکیده

شته روسی گندم، *Diuraphis noxia* (Mordvilko)، یکی از آفات مهم غلات دانه‌ریز، به‌ویژه گندم و جو می‌باشد. در این تحقیق، مقاومت نسبی ۳۰ ژنوتیپ گندم و یک رقم تریتیکاله در اتاقک رشدی با دمای ۳±۲۳ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ (تاریکی: روشنایی) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. شمارش تعداد شته‌های بالغ جلب شده روی ژنوتیپ‌ها پس از گذشت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت از شروع رهاسازی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه فاقد مقاومت آنتی‌زنوزی بودند و تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد شته‌های جلب شده بر روی ژنوتیپ‌های مختلف وجود نداشت. در ارزیابی مقاومت آنتی‌بیوزی، بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$) به ترتیب روی ارقام الوند (۰/۲۷۳ بر روز) و بزوستایا (۰/۲۱۴ بر روز) به‌دست آمد. در ارزیابی تحمل اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر درصد کاهش نسبی ارتفاع و وزن خشک مشاهده شد. در تریتیکاله (رقم جونیلو) و گندم رقم کاسکوژن تحمل نسبی به شته *D. noxia* داشتند. بر اساس نتایج این پژوهش، کاشت ارقام کاسکوژن و جونیلو به دلیل داشتن مقاومت آنتی‌بیوزی متوسط و بیش‌ترین میزان تحمل نسبت به شته روسی گندم می‌توانند در مدیریت تلفیقی این آفت مفید واقع شود.

**واژه‌های کلیدی:** آنتی‌بیوز، آنتی‌زنوز، تحمل، شته روسی گندم، گندم

## مقدمه

گندم، *Triticum* spp.، گیاهی تک‌لپه‌ای، علفی و یک‌ساله، یکی از چهار گیاه زراعی مهم جهان محسوب می‌شود که حدود ۲۰ درصد کالری غذایی انسان را تأمین می‌کند (۳۱). عوامل متعددی از جمله بیمارگرها و آفات سبب کاهش عملکرد گندم می‌شوند که در این میان، شته روسی گندم، *Diuraphis noxia* (Mordvilko) از جمله آفات مهم گندم در شمال آفریقا، غرب و مرکز آسیا می‌باشد (۹). ایران یکی از خاستگاه‌های شته روسی گندم بوده و حضور این شته در بسیاری از مناطق غله‌خیز کشور گزارش شده است (۱۱ و ۳). تغذیه این شته از برگ‌های گیاه سبب اختلال در رشد و نمو گیاه می‌شود که میزان این اختلال در ارقام با ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم متفاوت است. زردی و پیچیدگی برگ‌ها، کوتولگی، کاهش فتوسنتز، کاهش وزن خشک و کاهش عملکرد از جمله اختلالات ناشی از تغذیه *D. noxia* روی گیاه میزبان است (۲۱ و ۲۸). برگ‌های پیچیده محیط مناسبی برای تولیدمثل شته‌ها ایجاد کرده و سبب در امان ماندن کلنی آفت در برابر شرایط نامساعد آب و هوایی، عوامل کنترل بیولوژیک و حشره‌کش‌های شیمیایی تماسی می‌شوند و در نتیجه، کارایی این روش‌ها کاهش می‌یابد (۱۱). استفاده از ارقام مقاوم به آفات یکی از ارکان اساسی مدیریت مزرعه جهت بهبود و افزایش عملکرد گندم می‌باشد (۷). بر اساس تعریف پینتر (۲۴ و ۲۵) مقاومت گیاهان به حشرات به سه شکل عدم رجحان (آنتی‌زنوز) (۱۸)، آنتی‌بیوز و تحمل ایجاد می‌شود. آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز به‌ترتیب سبب بروز تاثیر منفی بر زیست‌شناسی و رفتار حشره می‌شوند و مکانیسم تحمل، خسارت ناشی از تغذیه آفت از گیاه را جبران می‌کند. کارایی شکل‌های مختلف مقاومت در مدیریت تلفیقی آفات بسته به ویژگی‌های رفتاری و زیستی حشره متفاوت است و در نظر گرفتن این امر پایداری و موفقیت استفاده از یک رقم مقاوم را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۳۴). با توجه به اهمیت ارقام مقاوم در کاهش خسارت آفات، تحقیقات زیادی در کشورهای تولید کننده گندم که شته روسی گندم به عنوان یک آفت مهم در آن‌جا مطرح است انجام و منجر به کاهش هزینه‌ها شده است. به‌طور مثال، دست‌یابی به ارقام مقاوم و استفاده از آن‌ها در مزارع گندم در ایالات متحده‌ی امریکا حدود ۴۲ میلیون دلار ارزش اقتصادی سالانه داشته و از این مقدار، ۱۳ میلیون دلار مربوط به استفاده از ارقام مقاوم به شته روسی گندم می‌باشد (۳۴). در این راستا مطالعات متعددی توسط محققان مختلفی از جمله رید و همکاران

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب استاد، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشجوی سابق دکتری حشره‌شناسی کشاورزی و استادان گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: (Email: ghadirnouri@yahoo.com
DOI: 10.22067/jpp.v33i4.69760

(۳۲)؛ برور و همکاران (۴)؛ کاسترو و همکاران (۶)؛ پورتر و همکاران (۲۶)؛ اناهلی و همکاران (۱۱)؛ ساتلو و همکاران (۳۵)؛ ال بوهسینی و همکاران (۹) و (۱۰)؛ در مورد مقاومت غلات به شته روسی گندم انجام شده است.

بنابراین، با توجه به اهمیت غذایی گندم در کشور و نیاز به واردات ۲ میلیون تن گندم در سال (۱) و نیز بروز خسارت توسط شته روسی گندم در برخی از مناطق کشور از جمله مناطق سردسیر استان اردبیل، این پژوهش با هدف ارزیابی مقاومت نسبی۳۰ ژنوتیپ گندم نان و یک رقم تریتیکاله به شته روسی گندم از طریق بررسی مکانیسم‌های مقاومت و نهایتا شناسایی ژنوتیپ(های) مقاوم احتمالی در شرایط آزمایشگاهی انجام شده است. استفاده از ارقام مقاوم معرفی شده می‌تواند به حفظ سلامتی مصرف‌کنندگان، صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید، کاهش آلودگی‌های محیط زیست و حفظ دشمنان طبیعی شته روسی گندم و دیگر آفات کلیدی گندم کمک نماید (۱۳، ۳۴، ۳۰، ۱۱، ۲۱ و ۲۸).

## مواد و روش‌ها

### زمان و مکان تحقیق

### ژنوتیپ‌های مورد بررسی

بذور ژنوتیپ‌های مورد نیاز این تحقیق شامل ۲۷ رقم و ۳ لاین گندم نان به نام‌های آذر ۲، آزادی، اروم، الموت، الوند، امید، اوحدی، بزوستایا، بک‌کراس روشن زمستانه، پیشگام، تک‌آب، توس، رصد، ریژاو، زارع، زرین، سای‌سونز، سبلان، سرداری، شهریار، کراس سبلان، گاسپارد، کاسکوژن، میهن، نوید، هما، MV17، C-89-9، C-89-12، C-89-15 و یک رقم تریتیکاله به‌نام جوانیلو از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور (شهرستان کرج، استان البرز)، مرکز تحقیقات کشاورزی دیم کشور (شهرستان مراغه، استان آذربایجان شرقی)، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی (شهرستان تبریز)، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اردبیل (استان اردبیل)، جهاد کشاورزی شهرستان مریوان (استان کردستان)، جهاد کشاورزی شهرستان ایلام (استان ایلام) و گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده‌ی علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شدند.

### تشکیل کلنی شته روسی گندم، *D. noxia*

جهت تشکیل کلنی شته روسی گندم، شته‌ها از مزارع گندم آلوده در اطراف شهرستان نمین (استان اردبیل) جمع‌آوری شدند. شته‌های جمع‌آوری شده از مزرعه روی بوته‌های گندم رقم سبلان در اتاقک رشد با دمای ۳±۲۳ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ (تاریکی: روشنایی) پرورش داده شد. پس از گذشت چهار ماه از شروع پرورش، افزایش جمعیت و خالص‌سازی کلنی شته، از آن‌ها در آزمایش‌های مربوطه استفاده شد. از مشخصه‌های ماده‌های بی‌بال سبز- زرد یا سبز- خاکستری رنگ با داشتن شاخک کوتاه (۶ بندی و کوتاه‌تر از نصف بدن)، کورنیکول کوتاه و مهم‌تر از همه وجود زایده بالای دمی در سطح پشتی و بند هشتم شکمی این شته است که کار تشخیص را تسهیل می‌نماید (۳۶).

### ارزیابی آنتی‌زنوز

ارزیابی آنتی‌زنوز به‌صورت آزمون انتخاب آزاد و بر اساس روش اناهلی و همکاران (۱۱) با تغییرات جزیی انجام شد. از هر ژنوتیپ مورد مطالعه ۲ عدد بذر پیش‌جوانه‌دار شده به طور تصادفی در سینی هایی با قطر دهانه‌ی ۴۵ و ارتفاع ۶ سانتی‌متر در مخلوطی از خاک، ماسه و کود حیوانی با نسبت‌های ۱:۱:۲ کاشته شدند. پس از سبز شدن گیاهچه‌ها و در مرحله رشدی ۱۱ (یک برگی) تعداد بوته‌ها به یک عدد به ازای هر ژنوتیپ کاهش داده شد (۴۱). در مرحله رشدی ۱۲ (دو برگی) جهت یکسان کردن ارتفاع و حذف تاثیر ارتفاع در جلب شته‌ها، سر بوته‌ها از یک ارتفاع معین قطع شد. سپس، تعداد ۱۸۰ شته بالغ بی‌بال به طور همزمان در مرکز هر سینی و روی یک کاغذ دایره‌ای شکل (به قطر ۲۰ سانتی‌متر) رهاسازی شدند. هر سینی با یک قفس پلاستیکی شفاف به ارتفاع ۲۰ و قطر ۳۷ سانتی‌متر محبوس شد. پس از سپری شدن ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، تعداد شته‌های جلب شده روی هر ژنوتیپ شمارش و داده‌های آن ثبت گردید. این آزمایش در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد.

### ارزیابی آنتی‌بیوز

برای ارزیابی آنتی‌بیوز دو آزمایش طراحی شد. در آزمایش اول از روش هسلر و ثارپ (۱۵) و اناهلی و همکاران (۱۱) با تغییرات جزیی استفاده شد. در این آزمایش، ۴ عدد بذر پیش‌جوانه‌دار شده از هر ژنوتیپ، به‌طور جداگانه در ۵ تکرار در داخل گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۷ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر کاشته و به اتاقک رشدی با شرایط ذکر شده در بالا منتقل شدند. هشت روز پس از کاشت، هنگامی‌که گیاهچه‌ها در مرحله رشدی ۱۲ قرار داشتند، تعداد آن‌ها در هر گلدان به یک عدد کاهش داده شد و سپس هر گیاهچه با سه عدد شته ماده بالغ بی‌بال که به‌طور تصادفی از کلنی انتخاب شدند آلوده شده و با قفس‌های پلاستیکی شفاف (به ارتفاع ۳۰ و قطر ۶ سانتی‌متر) محصور شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت شته‌های ماده حذف شده و پوره‌های موجود روی بوته‌ها شمارش شدند (شمارش اول). سپس همه پوره‌ها جز سه پوره به ازای هر گیاه حذف شدند و گیاهان به همراه پوره‌ها در اتاقک رشد نگه‌داری شدند. به منظور کاهش خطای احتمالی، یک روز پس از شروع آزمایش تمامی گیاهچه‌ها بازبینی شده و در صورت مشاهده شته‌های اضافه به حذف آن‌ها مبادرت گردید. چهارده روز

پس از شروع آلودگی تعداد شته‌های تولید شده روی هر گیاهچه شمارش و داده‌ها ثبت شد (شمارش دوم). در این آزمون از رقم سرداری به‌عنوان رقم شاهد حساس (۱۶) و رقم آزادی به‌عنوان رقم شاهد مقاوم (۲۳) استفاده شد. میزان تغییر و افزایش جمعیت طی ۱۴ روز به عنوان شاخص مقاومت آنتی‌بیوزی در نظر گرفته شد؛ به طوری‌که ژنوتیپ‌های دارای بیش‌ترین تعداد شته حساس و ژنوتیپ-های دارای کم‌ترین تعداد شته مقاوم در نظر گرفته شدند (۱۱). این آزمایش در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام شد.

در آزمایش دوم چند پارامتر زیستی و دموگرافیک شامل طول دوره نشوونمای مراحل نابالغی، طول دوره باروری، میزان باروری روزانه، میزان باروری کل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$) شته روسی گندم روی پنج ژنوتیپ منتخب که بر اساس نتایج آزمایش اول (شمارش دوم) انتخاب شده بودند اندازه‌گیری شدند. ژنوتیپ‌های جوانیلو (تریتیکاله)، بزوستایا و C-89-15 به‌عنوان ژنوتیپ‌های دارای کم‌ترین تعداد شته و ژنوتیپ‌های الوند و اروم به‌عنوان ژنوتیپ‌های دارای بیش‌ترین تعداد شته برای ارزیابی این پارامترها انتخاب شدند. بدین منظور، ۴ عدد بذر پیش‌جوانه‌دار شده از هر یک از پنج ژنوتیپ منتخب به اتاقک رشد منتقل شدند. هشت روز پس از کاشت، هنگامی‌که گیاهچه‌ها در مرحله رشدی ۱۲ قرار داشتند تعداد آن‌ها در هر گلدان به یک عدد کاهش داده شد و سپس در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. هر گیاهچه با سه عدد شته بالغ بی‌بال آلوده شده و پس از گذشت ۲۴ ساعت، شته‌ی ماده و تمامی پوره‌ها به جز یک پوره به ازای هر ماده از روی گیاهان حذف شد و زنده‌مانی پوره به طور روزانه ثبت شد. پس از ظهور شته‌ی بالغ، تولیدمثل و مرگ و میر هر شته‌ی کامل بکرزا به طور روزانه ثبت شد و این کار تا زمان مرگ آخرین شته‌ی بالغ ادامه یافت. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده، نرخ ذاتی افزایش جمعیت طبق فرمول زیر محاسبه شد (۲). همچنین تکراردار کردن داده‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت با استفاده از روش جک‌نایف در ۱۴ تکرار انجام شد (۲۲).

فرمول (۱):

$$\sum_{\alpha}^{\beta} e^{-r_m} l_x m_x = 1$$

### ارزیابی تحمل

جهت ارزیابی تحمل، از هر ژنوتیپ منتخب، ۴ عدد بذر پیش جوانه‌دار شده در داخل گلدان‌های پلاستیکی کشت و به اتاقک رشد منتقل شدند. هشت روز پس از کاشت، هنگامی که گیاهچه‌ها در مرحله رشدی ۱۲ قرار داشتند تعداد آن‌ها در هر گلدان به یک عدد کاهش داده شد و سپس در آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. برای تمامی تکرارهای هر ژنوتیپ سعی شد تا گیاهچه‌های دارای شرایط رشدی تقریبا یکسان انتخاب شوند.

این آزمون در ۶ تکرار شامل ۳ تکرار بدون آلودگی (شاهد) و ۳ تکرار با آلودگی مصنوعی در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی انجام شد. پس از اندازه‌گیری ارتفاع اولیه گیاهان، گیاهچه‌های مورد نظر با ۱۴ شته بالغ بی‌بال که به‌طور تصادفی از کلنی انتخاب شدند آلوده شده و با قفس‌های پلاستیکی شفاف محصور شدند. بر اساس تعریف تحمل و نیز جهت حذف اثرات آنتی‌بیوزی و جداسازی آن از تحمل (۳۳ و ۳۴)، در تکرارهای دارای آلودگی هر ژنوتیپ، بوته‌ها به‌طور منظم هر ۲۴ ساعت یک‌بار مورد بازدید قرار گرفته و با حذف پوره های تولید شده، تعداد شته‌های موجود روی گیاهچه‌ها در ۱۴ عدد شته بالغ تنظیم شد. چهارده روز پس از شروع آلودگی و مشاهده‌ی علایم زردی متوسط و ضعف در گیاهچه‌ی ژنوتیپ‌های حساس (۱۱) آزمون متوقف شد. پس از اندازه‌گیری ارتفاع نهایی، گیاهچه‌های آلوده و شاهد از سطح خاک کف‌بر شده و پس از شماره‌گذاری، جهت خشک‌شدن به مدت ۷۲ ساعت در آون تنظیم شده در دمای ۶۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. وزن خشک گیاهچه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شد. میزان تحمل در هر ژنوتیپ با محاسبه درصد کاهش نسبی وزن خشک گیاه (DWT) (۳۳) و درصد کاهش نسبی ارتفاع بوته (HT) بر اساس فرمول‌های (۲) و (۳) ارزیابی شد:

فرمول (۲) $DWT= [(Wc-Wt)/(Wc)] \times 100$

فرمول (۳) $HT= [(Hc-Ht)/(Hc)] \times 100$

در فرمول ۲ Wc و Wt به‌ترتیب وزن خشک گیاه شاهد و آلوده هستند و در فرمول ۳ Hc و Ht به‌ترتیب برابر با میزان تغییر ارتفاع گیاه شاهد و آلوده می‌باشند.

### تجزیه‌های آماری

آزمون نرمال‌کردن داده‌ها به روش کولموگروف- اسمیرنوف و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۹ انجام شد. داده‌های غیر نرمال در آزمون‌های آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز به روش تبدیل جذری نرمال شدند. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌های آماری به روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون‌های HSD و SNK (در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۱۹ انجام شد.

## نتایج و بحث

### آنتی‌زنوز

براساس نتایج تجزیه واریانس بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر میانگین تعداد شته‌های جلب شده در مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از رهاسازی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱).

**جدول ۱- میانگین (±خطای معیار) تعداد شته‌های بالغ جلب شده به هر ژنوتیپ در ۲٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت پس از رهاسازی**

**Table 1- Mean (± SE) number of adult aphids attracted to each genotype at 24, 48 and 72 hours after release**

| ژنوتیپ Genotype | میانگین شته‌های بالغ جلب شده Mean number of aphids attracting | | |
|---|---|---|---|
| | 24 h | 48 h | 72 h |
| Tak Ab | 5±1.5 a* | 5±1.5 a | 5.0±1.5 a |
| Ryzhav | 4.3±2.1 a | 4.3±2.1 a | 4.3±2.3 a |
| Oohadi | 4.3±2.0 a | 4.0±1.6 a | 3.3±1.4 a |
| Gaspard | 9.5±0.6 a | 9.5±0.6 a | 9.8±0.6 a |
| Say Sunz | 10±2.3 a | 8.5±2.6 a | 8.3±2.8 a |
| Alvand | 4.8±0.5 a | 4.8±0.5 a | 4.8±0.6 a |
| Phishgam | 6.0±1.9 a | 6.0±1.9 a | 5.3±1.8 a |
| Azadi | 7.8±1.7 a | 8.3±1.8 a | 7.0±1.6 a |
| Kras Sabalan | 3.0±1.5 a | 3.0±1.5 a | 3.0±1.5 a |
| Omid | 5.5±2.1 a | 5.5±2.1 a | 5.5±2.1 a |
| Navid | 6.3±1.5 a | 6.3±1.2 a | 5.8±1.4 a |
| Sabalan | 5.3±1.8 a | 5.3±1.8 a | 5.0±1.8 a |
| Mihan | 3.8±1.4 a | 4.0±1.3 a | 3.5±1.2 a |
| Orum | 1.5±0.3 a | 1.8±0.5 a | 2.0±0.7 a |
| Zare | 4.8±1.5 a | 4.3±1.7 a | 4.3±1.7 a |
| Sardari | 3.0±2.0 a | 3.0±2.0 a | 3.0±2.0 a |
| Homa | 5.3±0.9 a | 5.3±0.9 a | 5.3±0.9 a |
| Rasad | 2.8±1.5 a | 2.8±1.5 a | 2.8±1.5 a |
| Cascogen | 7.5±2.3 a | 6.5±1.8 a | 6.0±1.5 a |
| Tos | 3.0±1.7 a | 3.3±1.6 a | 3.3±1.6 a |
| Shahriar | 4.5±1.9 a | 5.0±2.0 a | 5.8±2.3 a |
| Bezostiya | 3.8±2.4 a | 3.8±2.4 a | 3.5±2.2 a |
| Azar 2 | 3.5±2.0 a | 3.3±1.9 a | 3.3±1.9 a |
| Bak Kras Roshan | 2.3±0.9 a | 2.3±0.9 a | 2.3±0.9 a |
| MV17 | 4.3±1.1 a | 4.3±0.9 a | 4.0±1.0 a |
| C-89-7 | 7.5±2.5 a | 7.0±2.5 a | 7.0±2.5 a |
| C-89-12 | 7.0±2.9 a | 7.5±3.2 a | 7.3±3.4 a |
| C-89-15 | 5.0±0.7 a | 5.0±0.7 a | 5.0±0.7 a |
| Zarin | 7.0±2.7 a | 6.8±2.5 a | 6.5±2.3 a |
| Almot | 4.3±1.2 a | 4.3±1.2 a | 4.3±1.2 a |
| Triticale | 5.5±1.7 a | 3.8±1.6 a | 1.5±0.2 a |

* میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارد (HSD).

* Means in each column with similar characters have not significant differences at level of 5% probability (HSD).

(۲۴ ساعت پس از رهاسازی: P≤ ۰/۲۴؛ $df_{30, 93}$ =۱/۲۱؛ ۴۸ ساعت پس از رهاسازی: P≤ ۰/۳۸۷؛ $df_{30, 93}$ =۱/۰۷؛ ۷۲ ساعت پس از رهاسازی: P≤ ۰/۴۱۷؛ $df_{30, 93}$=۱/۰۵). به‌عبارت دیگر، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از قدرت آنتی‌زنوزی تقریباً مشابه‌ی نسبت به شته روسی گندم برخوردار بودند. با این وجود، بیش‌ترین تعداد شته جلب شده در ۲۴ ساعت پس از رهاسازی روی رقم سای‌سونز (۱۰ عدد) و بیش‌ترین تعداد شته‌ی جلب شده ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از رهاسازی روی رقم گاسپارد (به‌ترتیب ۹/۵ و ۹/۸ عدد) ثبت شد. در مقابل، کم‌ترین تعداد شته در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از رهاسازی روی رقم اروم (به‌ترتیب ۱/۵ و ۱/۸ عدد) و در ۷۲ ساعت پس از رهاسازی روی تریتیکاله (رقم جوانیلو) (۱/۵ عدد) مشاهده شد (جدول ۱). میانگین تعداد شته‌های جلب شده به هر ژنوتیپ در هر سه بازه زمانی با تغییرات اندکی همراه بود. ولی بیش‌ترین تغییر در تریتیکاله (رقم جوانیلو) مشاهده شد. به طوری‌که میانگین شته‌های جلب شده از ۵/۵ عدد شته در ۲۴ ساعت پس از رهاسازی به ۱/۵ عدد شته در ۷۲ ساعت پس از رهاسازی کاهش یافت. بر اساس مشاهدات صورت

گرفته در حین اجرای آزمایش (مشاهده اجساد شته‌های تلف شده روی برگ گیاهچه‌های رقم جوانیلو)، تغییر و کاهش تعداد شته‌های مستقر شده روی این رقم طی این ۳ بازه زمانی از مرگ و میر شته های مستقر شده روی آن نشات گرفته است که این امر به احتمال زیاد همان‌طوری که در آزمایش ارزیابی آنتی‌بیوز مشاهده شد به‌دلیل خاصیت آنتی‌بیوزی قوی این رقم می‌باشد.

وجود مقاومت آنتی‌زنوزی به شته روسی گندم در ژنوتیپ‌های گندم توسط برخی از محققان گزارش شده است (۳۷، ۶ و ۱۹). با وجود این، برخی از پژوهشگران همسو با نتایج پژوهش ما نشان داده اند که ژنوتیپ‌های مورد آزمون در این مرحله رشدی و بازه زمانی فاقد مقاومت آنتی‌زنوزی به شته روسی گندم هستند (۱۴، ۲۹، ۱۱ و ۱۷). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تعداد شته‌های جلب شده در شرایط انتخاب آزاد نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر مکانیسم‌های آنتی‌زنوزی و خصوصیات جلب‌کنندگی حشره برای تغذیه و پوره‌زایی تفاوت چندانی نداشته و فاقد برتری نسبت به دیگری هستند.

## آنتی‌بیوز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شمارش اول در آزمایش اول آنتی‌بیوز نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد پوره‌های تولید شده توسط شته‌های بالغ بی‌بال در مدت ۲۴ ساعت پس از قرار گرفتن روی بوته‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۰۰۱؛ $df_{30, 124}$ =۸/۳۵). بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین تعداد پوره تولید شده طی این بازه زمانی به‌ترتیب روی رقم سرداری (۱۶/۲ عدد) و تریتیکاله (رقم جوانیلو، ۴/۸ عدد) شمارش شد (جدول ۲).

در شمارش دوم نیز بین ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین تعداد شته‌های موجود روی هر ژنوتیپ (اعم از پوره و شته بالغ) پس از گذشت ۱۴ روز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۰۰۱؛ $df_{30, 124}$ =۷۲/۶۳). این مطلب بیان‌گر آن است که طی این بازه زمانی ویژگی های ژنوتیپ‌ها بقا، تولیدمثل و روند افزایش جمعیت شته‌ها را تحت تاثیر قرار داده و سبب بروز اختلاف در تعداد آن‌ها روی ژنوتیپ‌های آزمایشی شده است.

**جدول ۲- میانگین (±خطای معیار) تعداد پوره‌های تولید شده روی هر ژنوتیپ در ۲۴ ساعت و ۱۴ روز پس از رهاسازی ۳ شته بالغ**

**Table 2- Mean (± SE) number of nymphs produced per genotype 24 hours and 14 days after release of 3 adult aphids**

| ژنوتیپ Genotype | میانگین تعداد پوره‌ها Mean number of nymphs | | ژنوتیپ Genotype | میانگین تعداد پوره‌ها Mean number of nymphs | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۲۴ ساعت 24 h | ۱۴ روز 14 d | | ۲۴ ساعت 24 h | ۱۴ روز 14 d |
| Tak Ab | 8.0±1.0 bcdef** | 57.0±1.7 cdef | Homa | 12.2±1.4 abc | 46.2±1.3 ghi |
| Ryzhav | 9.0±1.0 bcde | 55.2±1.5 defg | Rasad | 6.4±0.6 ef | 46.0±0.7 ghi |
| Oohadi | 11.6±1.4 abcde | 56.8±1.6 cdef | Cascogen | 7.0±0.3 def | 46.6±0.5 ghi |
| Gaspard | 8.4±1.0 bcdef | 57.6±2.6 cdef | Tos | 7.6±0.5 cdef | 46.0±0.9 ghi |
| Say Sunz | 11.0±0.4 abcde | 49.4±1.1 fgh | Shahriar | 10.6±0.7 abcde | 57.8±1.1 cdef |
| Alvand | 10.0±0.7 bcde | 69.2±2.4 ab | Bezostiya | 11.0±0.7 abcde | 35.8±2.3 j |
| Phishgam | 9.8±0.1 bcde | 57.0±0.9 cdef | Azar 2 | 11.8±0.6 abcd | 38.6±0.9 ij |
| Azadi | 9.0±0.6 bcde | 35.2±0.9 j | Bak Kras Roshan | 10.0±0.4 bcde | 43.4±0.7 hij |
| Kras Sabalan | 8.8±0.9 bcde | 48.0±1.2 fghi | MV17 | 13.0±0.5 ab | 56.8±0.7 cdef |
| Omid | 11.6±0.7 abcd | 48.2±0.8 fghi | C-89-7 | 11.6±0.4 abcd | 42.2±1.7 hij |
| Navid | 12.4±1.5 abc | 64.6±1.2 bcd | C-89-12 | 11.4±0.2 abcd | 63.0±1.9 bcde |
| Sabalan | 10.6±0.7 abcde | 64.4±2.7 bcd | C-89-15 | 11.4±0.5 abcde | 41.2±1.2 hij |
| Mihan | 8.0±0.7 bcdef | 63±2.9 bcde | Zarin | 6.8±0.6 ef | 45.8±0.6 ghi |
| Orum | 8.0±1.0 bcdef | 66.2±1.5 bc | Almot | 8.0±0.5 bcdef | 59.8±1.6 bcde |
| Zare | 9.0±0.4 bcde | 54.4±1.9 efg | Triticale | 4.8±0.9 f | 1.0±0.4 k |
| Sardari | 16.2±0.7 a | 77.4±3.2 a | | | |

** میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم دارند (آزمون HSD، سطح احتمال ۱٪).

** Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, P<0.01).

بیش‌ترین تعداد شته به‌طور میانگین در رقم شاهد حساس یعنی رقم سرداری (۷۷/۴ عدد) به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌ها به جز رقم الوند (۶۹/۲ عدد) بیشتر بود. در مقابل، پایین‌ترین میانگین تعداد شته در تریتیکاله (رقم جوانیلو) (۱ عدد) مشاهده شد که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها حتی شاهد مقاوم یعنی رقم آزادی (۳۵/۲ عدد) به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود. ژنوتیپ‌های بزوستایا (۳۵/۸ عدد)،

آذر۲ (۳۸/۶ عدد)، C-89-15 (۴۱/۲ عدد)، C-89-7 (۴۲/۲ عدد) و بک‌کراس روشن زمستانه (۴۳/۴ عدد) با شاهد مقاوم (رقم آزادی) تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

در آزمایش دوم نیز بین میانگین طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ، طول دوره باروری، میزان باروری روزانه، میزان باروری کل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته روسی گندم روی چهار ژنوتیپ مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (طول دوره نابالغی: $df_{3, 61}$ =۱۰/۹ ؛P≤ ۰/۰۰۰۱؛ طول دوره باروری: $df_{3, 61}$ =۹/۴ ؛P≤ ۰/۰۰۰۱؛ باروری روزانه: $df_{3, 61}$ =۲۰/۳ ؛P≤ ۰/۰۰۰۱؛ باروری کل: $df_{3, 61}$ =۲۸/۰۷ ؛P≤ ۰/۰۰۰۱؛ نرخ ذاتی افزایش جمعیت: $df_{3, 52}$ =۵/۱ ؛P≤ ۰/۰۰۳).

**جدول ۳- میانگین (±خطای معیار) طول دوره نابالغی، طول دوره باروری، باروری روزانه، باروری کل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت *D. noxia* روی چهار ژنوتیپ**

**Table 3- Mean (± SE) of pre-adult period, fertility period, daily fertility, total fertility and intrinsic rate of increase ($r_m$) of *D. noxia* on four genotypes**

| ژنوتیپ Genotype | دوره نابالغی (روز) Pre- adult period (day) | دوره باروری (روز) Fertility period (day) | باروری روزانه (پوره/ماده/روز) Daily fertility (Nymph/female/day) | باروری کل (پوره/ماده/نسل) Total fertility (Nymph/female /generation) | نرخ ذاتی افزایش جمعیت($r_m$) (بر روز) Intrinsic rate of increase ($r_m$) ($d^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Alvand | 7.9±0.1 b* | 26.2±0.8 a* | 2.5±0.1 a* | 42.7±2.2 a* | 0.273±0.007 a** |
| Orum | 8.2±0.1 b | 23.5±0.6 b | 2.4±0.1 a | 40.4±2.0 a | 0.264±0.006 a |
| Bezostiya | 8.9±0.2 a | 19.5±1.4 c | 1.5±0.1 b | 20.4±2.2 b | 0.214±0.02 b |
| C-89-15 | 8.9±0.2 a | 20.7±1.0 bc | 1.4±0.1 b | 24.2±2.0 b | 0.219±0.006 b |

* و ** میانگین‌ها دارای حروف غیر مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم دارند (آزمون SNK، و به ترتیب، سطح احتمال ۵ و ۱ درصد).

* and ** Means followed by different letters in each column are significantly different (SNK, P<0.05 and P<0.01).

لازم به ذکر است که به دلیل مرگ پوره‌های مستقر شده روی تریتیکاله (رقم جوانیلو) پارامترهای مربوطه روی این رقم محاسبه نشد. در این رقم از ۱۷ عدد پوره در ابتدای آزمایش تنها یک عدد از آن‌ها به حشره کامل شد که آن هم پس از یک روز پوره‌زایی (۲ عدد پوره) تلف شد. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، طولانی‌ترین دوره نشوونمای مراحل نابالغ شته روسی گندم روی ژنوتیپ‌های بزوستایا و C-89-15 (۸/۹ روز) بود که به‌طور معنی‌داری از مقدار به‌دست آمده روی رقم الوند (۷/۹ روز) بیش‌تر بود. همچنین، میانگین طول دوره باروری از ۱۹/۵ روز در رقم بزوستایا تا ۲۶/۲ روز در رقم الوند متغیر بود (جدول ۳). از نظر میانگین باروری روزانه، کم‌ترین مقدار این پارامتر روی ژنوتیپ C-89-15 (۱/۴ عدد پوره) و از نظر باروری کل، کم‌ترین باروری روی رقم بزوستایا (۲۰/۴ عدد پوره) مشاهده شد. همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت محاسبه شده روی ژنوتیپ‌های بزوستایا (۰/۲۱۴ بر روز) و C-89-15 (۰/۲۱۹ بر روز) به‌طور معنی داری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر کم‌تر بود (جدول ۳). به طور کلی، وجود مقاومت آنتی‌بیوزی در گیاه سبب تاثیر منفی بر زیست‌شناسی حشره می‌شود که می‌تواند شامل کاهش باروری، کاهش اندازه، طولانی شدن غیر عادی مرحله رشدی و افزایش مرگ و میر باشد (۳۴).

در آزمایش اول (شمارش اول) با وجود آن‌که شته‌های بالغ مورد استفاده (که به‌صورت تصادفی از کلنی انتخاب شدند) دوران پوره‌گی خود را به‌طور جداگانه روی هر یک از ژنوتیپ‌های آزمایشی نگذرانده بودند تا خاصیت آنتی‌بیوزی گیاه میزبان زیست‌شناسی و میزان باروری آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (۳۴)؛ ولی انطباق نتیجه به‌دست آمده مبنی بر بالا و پایین بودن مقاومت آنتی‌بیوزی گندم رقم سرداری و تریتیکاله رقم جوانیلو با نتایج حاصل از شمارش دوم این آزمایش به ترتیب بیان‌گر حساسیت و مقاومت آنتی‌بیوزی نسبتا زیاد این دو رقم است که حتی طی یک بازه زمانی ۲۴ ساعته نیز خود را نشان داد و میزان باروری (پوره‌زایی) شته روسی گندم تغذیه کرده از این دو رقم را تحت تاثیر قرار داد. از سوی دیگر، بین تعداد پوره‌های تولید شده روی رقم بزوستایا (۱۱ پوره) و رقم سرداری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این درحالی‌است که بنابر نتایج به‌دست آمده از شمارش دوم رقم بزوستایا از نظر میانگین تعداد شته موجود روی گیاه از ارقام مقاوم و فاقد تفاوت معنی‌دار با رقم شاهد مقاوم بود.

با مقایسه نتایج حاصل از دو شمارش در آزمایش اول می‌توان نتیجه گرفت که نتایج شمارش دوم (شمارش تعداد کل شته‌ها روی هر ژنوتیپ پس از ۱۴ روز) برای ارزیابی مقاومت آنتی‌بیوزی ژنوتیپ‌ها قابل اعتمادتر می‌باشد. زیرا در این صورت، دوره‌های نابالغی، بلوغ و باروری شته به‌طور جداگانه روی هر یک از ژنوتیپ‌ها سپری می‌شود و بدین ترتیب، خاصیت آنتی‌بیوزی این ژنوتیپ‌ها می‌توانند برای مدت طولانی‌تری پارامترهای زیستی شته را تحت تاثیر قرار دهند.

تأثیر میزبان‌های متفاوت با درجات مختلف مقاومت آنتی‌بیوزی بر

ویژگی‌های زیستی شته روسی گندم توسط سایر محققین نیز بررسی شده است. مقاومت آنتی‌بیوزی نسبتاً بالا در برخی از ژنوتیپ‌های تریتیکاله توسط محققین دیگر (۳۹ و ۳۲) نیز نشان داده شده است که همسو با نتیجه ما می‌باشد. وبستر (۳۹) طی پژوهشی نشان داد که دو ژنوتیپ تریتیکاله به نام‌های PI 386156 و PI 386148 به‌طور نسبی از مقاومت آنتی‌بیوزی بالایی به شته روسی گندم برخوردارند. همچنین در یک تحقیق دیگر (۳۲) مشخص شد که حدود ۹۵ و ۱۰۰ درصد پوره‌های شته روسی گندم پرورش یافته روی ژنوتیپ PI 386148 پس از سپری‌شدن به‌ترتیب ۵ و ۷ روز از آغاز آلودگی گیاهان (با پوره‌های سن یک این شته) تلف شدند. مقاومت آنتی‌بیوزی مشاهده شده در تحقیق حاضر در رقم بزوستایا به شته روسی گندم با نتایج کاسترو و همکاران (۶) مبنی بر مقاومت نسبی این رقم منطبق است. بنابر یافته‌های این محققان در بین ارقام مورد مطالعه، کم‌ترین طول دوره نشوونمای مراحل نابالغی ( ۸ روز) و نیز کم‌ترین میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته روسی گندم (۰/۲۸۷ بر روز) روی رقم بزوستایا مشاهده شد. کاظمی و همکاران (۱۶) طی پژوهشی نشان دادند که میزان بقا، طول دوره نابالغی، باروری کل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته روسی گندم روی چند رقم گندم در مرحله رشدی پنجه‌زنی متفاوت بود. کم‌ترین میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت این شته، روی رقم زرین (۰/۲۸۹ بر روز) و بیش‌ترین مقدار آن روی رقم سرداری (۰/۳۴ بر روز) مشاهده گردید. تفاوت در مرحله رشدی گیاه (۱۲ و ۲۰)، ژنوتیپ جمعیت شته به‌کار گرفته شده (۸، ۵ و ۲۷) و ارقام مورد مطالعه را می‌توان از دلایل عمده تفاوت مشاهده شده در مقادیر به دست آمده توسط محققین فوق و نتایج پژوهش حاضر ذکر کرد. مقاومت آنتی‌بیوزی پایین رقم سرداری به شته روسی گندم در پژوهش ما نیز مشاهده شد به طوری که بیش‌ترین میانگین تعداد شته پس از ۱۴ روز روی این رقم، ثبت شد.

نتایج پژوهش اناهلی و همکاران (۱۱) نشان داد که میانگین تعداد شته تولید شده روی ژنوتیپ‌های مختلف جو (پس از ۱۴ روز) تفاوت معنی‌داری با همدیگر داشتند. روند افزایش جمعیت شته‌های تولید شده روی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش از ۱۶ تا ۴۰۱/۴ عدد شته متغیر بود. از دلایل احتمالی تفاوت موجود بین یافته‌های ما و نتایج محققان فوق می‌توان به تفاوت در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و تعداد و سن پورگی شته‌های استفاده شده برای ایجاد آلودگی اولیه اشاره کرد. بدین معنی که در تحقیق حاضر برای ایجاد آلودگی اولیه از ۳ عدد پوره سن ۱ استفاده شد. در حالی‌که محققین فوق برای ایجاد آلودگی اولیه از ۵ عدد پوره سنین آخر شته روسی گندم استفاده کرده اند. در تحقیق دیگری (۳۸) طول دوره نشوونمای مراحل نابالغ و میزان باروری کل شته روسی گندم روی ۶ رقم تجاری گندم محاسبه و کم‌ترین مقادیر این دو پارامتر (به‌ترتیب ۸/۵ روز و ۲۴ شته) روی رقم امید به‌دست آمد. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر طولانی‌تر بودن دوره نابالغی و کاهش میزان باروری شته روسی گندم روی ارقام دارای مقاومت آنتی‌بیوزی مشابه می‌باشد.

## تحمل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین درصد کاهش نسبی ارتفاع و کاهش نسبی وزن خشک ژنوتیپ‌های گندم و تریتیکاله (رقم جوانیلو) وجود دارد (ارتفاع بوته: $P\leq$ ۰/۰۰۰۱؛ $df_{30, 62}$ =۶/۴۲ و وزن خشک $P\leq$ ۰/۰۰۰۱؛ $df_{30,}$ $_{62}$ =۲/۸۰).

میانگین ارتفاع بوته در رقم کاسکوژن (۱۶/۹ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از رقم کراس‌سبلان (۹۳/۸ سانتی‌متر) بود. بیشترین درصد کاهش وزن خشک در رقم اوحدی (۶۲/۳ درصد) و کم‌ترین میزان آن در ارقام تریتیکاله (رقم جوانیلو، ۷/۹ درصد) و گندم رقم کاسکوژن (۷/۹ درصد) مشاهده شد (جدول ۴).

گیاهان متحمل توانایی باز رشد و جبران خسارت ناشی از تغذیه آفت را دارند (۳۴). مهم‌ترین مزایای استفاده از گیاهان متحمل نداشتن فشار انتخاب طبیعی بر جمعیت آفت (و در پی آن کاهش احتمال بروز بیوتیپ‌های مقاومت شکن) و قابلیت تلفیق آن با سایر روش‌های کنترل آفات می‌باشند (۳۴ و ۳۳). خسارت شته روسی گندم بسته به میزان مقاومت گیاه میزبان، به شکل‌های مختلفی ظهور پیدا می‌کند. ارتفاع بوته و وزن خشک از جمله ویژگی‌های هستند که تحت تاثیر تغذیه و خسارت شته روسی گندم کاهش می‌یابند (۱۱، ۱۷ و ۲۸)، بر همین اساس از این دو صفت برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ های مورد مطالعه در این پژوهش استفاده شد.

بنابر نتایج پژوهش حاضر، تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اثر تغذیه شته روسی گندم طی یک دوره ۱۴ روزه خسارت دیدند. یافته های این پژوهش با نتایج اناهلی و همکاران (۱۱) و انگر و کوئیزنبری (۳۷) هم‌سو بود و بیان‌گر تحمل متفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به شته روسی گندم می‌باشد. دامنه‌ی تغییرات میزان کاهش وزن خشک گیاه توسط این پژوهشگران به‌ترتیب بین ۰/۰۱ تا ۷۶/۴ درصد (۱۱) و ۱/۱ تا ۴۷/۳ درصد (۳۷) در ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس گزارش شد. همچنین در پژوهشی که توسط خان و همکاران (۱۷) انجام شد میزان کاهش نسبی وزن خشک ارقام گندم آلوده به بیوتیپ‌های مختلف شته روسی گندم از ۱۱/۲ تا ۳۷/۱ درصد متغیر بود. کاهش ارتفاع گیاهان آلوده به شته روسی گندم نسبت به گیاهان غیرآلوده توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است.

**جدول ٤- میانگین (±خطای معیار) DWT، HT گیاهان آلوده شده با ١٤ شته طی ١٤ روز و تعداد شته‌های موجود روی هر ژنوتیپ پس از گذشت ١٤ روز**

**Table 4- Mean (± SE) of DWT, HT of infected plants with 14 aphids for 14 days and the number of aphids per genotype after 14 days**

| ژنوتیپ Genotype | Statistics (Mean± SE) in 14 days | |
|---|---|---|
| | درصد کاهش نسبی تغییرات وزن خشک گیاه Relative or proportional weight change (DWT) | درصد کاهش نسبی ارتفاع بوته Percent relative loss of plant height (HT) |
| Tak Ab | 35.6±3.20 ab** | 40.1±6.00 bcdefg |
| Ryzhav | 39.4±7.50 ab | 79.5±7.20 abc |
| Oohadi | 62.3±14.6 a | 70.7±5.40 abcdef |
| Gaspard | 16.0±2.02 ab | 69.1±5.40 abcdef |
| Say Sunz | 57.5±1.30 ab | 46.3±11.8 bcdefg |
| Alvand | 15.2±10.7 ab | 62.7±12.5 abcdefg |
| Phishgam | 32.5±7.60 ab | 44.7±1.50 Bcdefg |
| Azadi | 44.2±9.10 ab | 84.6±0.70 ab |
| Kras Sabalan | 25.8±4.80 ab | 93.8±1.70 a |
| Omid | 40.3±8.40 ab | 32.7±7.60 cdefg |
| Navid | 22.0±5.80 ab | 58.5±10.3 abcdefg |
| Sabalan | 21.4±10.7 ab | 60.0±8.10 abcdefg |
| Mihan | 20.9±10.5 ab | 40.1±10.3 bcdefg |
| Orum | 22.8±1.80 ab | 30.4± 7.80 efg |
| Zare | 33.4±11.5 ab | 58.4±9.30 abcdefg |
| Sardari | 17.0±6.00 ab | 35.5±7.10 cdefg |
| Homa | 17.4±8.70 ab | 65.7±9.20 abcdef |
| Rasad | 12.7±5.10 ab | 30.8±9.20 defg |
| Cascogen | 7.90±7.90 b | 16.9±10.2 g |
| Tos | 22.6±9.30 ab | 52.1±8.60 abcdefg |
| Shahriar | 29.3±9.20 ab | 74.1±3.90 abcde |
| Bezostiya | 15.5±7.05 ab | 25.4±6.30 fg |
| Azar 2 | 39.5±4.40 ab | 78.2±5.80 abcd |
| Bak Kras Roshan | 19.5±2.30 ab | 41.2±5.30 bcdefg |
| MV17 | 22.6±4.80 ab | 32.4±1.90 cdefg |
| C-89-7 | 24.0±2.20 ab | 48±8.10 abcdefg |
| C-89-12 | 17.3±5.80 ab | 66.1±6.50 abcdef |
| C-89-15 | 37.1±14.5 ab | 35.2±5.07 cdefg |
| Zarin | 34.7±3.80 ab | 52.9±6.06 abcdefg |
| Almot | 35.4±11.4 ab | 54.0±6.80 abcdefg |
| Triticale | 7.90±4.80 b | 41.4±6.90 bcdefg |

** میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم دارند (آزمون HSD، سطح احتمال ۱٪)

** Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, P<0.01)

پوترکا و همکاران (۲۸) نشان دادند که تغذیه شته روسی گندم سبب کاهش ۵۰–۲۵ و ۷۵–۶۵ درصدی ارتفاع بوته به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس گندم می‌شود. در تحقیق دیگری (۲۹) میزان کاهش نسبی ارتفاع در ۴ رقم گندم مقاوم به شته روسی گندم بین ۰/۷ تا ۲۷/۱ درصد به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، میزان تغییرات میانگین ارتفاع بوته از ۱۶/۹ تا ۹۳/۸ سانتی‌متر به ترتیب در ارقام کاسکوژن و کراس‌سبلان بود. از دلایل احتمالی تفاوت موجود در این مقادیر می‌توان به تفاوت ژنوتیپ‌های گیاه مورد آزمایش، تفاوت در جمعیت شته به‌کار گرفته شده (۵، ۲۷ و ۸) و مهم‌تر از آن شیوه انجام آزمایش اشاره کرد. در مطالعه حاضر تعداد شته‌ها روی تمامی ژنوتیپ‌ها در مدت ۱۴ روز یکسان نگه داشته شد (۱۴ عدد شته در تمام طول آزمایش) که در تعداد شته و تعداد روزهای آلودگی با

روش محققان نامبرده تفاوت دارد.

از نتایج قابل توجه پژوهش حاضر پایین بودن تحمل رقم آزادی بود که بر اساس نتایج آزمون آنتی‌بیوز از ارقام مقاوم به‌شمار می‌رفت. بر خلاف این رقم که مقاومت آنتی‌بیوزی آن به‌ظاهر تاثیری بر تحمل آن نداشته است، تحمل بالای مشاهده شده در گندم رقم بزوستایا و تریتیکاله رقم جوانیلو به احتمال زیاد از مقاومت آنتی‌بیوزی آن‌ها تأثیر پذیرفته است. زیرا بارها در حین اجرای آزمایش تحمل مشاهده شد که تعداد شته‌های مستقر شده در تکرارهای آلوده این ارقام در بیش‌تر اوقات کم‌تر از مقدار اولیه یعنی ۱۴ عدد شته است که به‌هنگام بازبینی‌ها در هر ۲۴ ساعت به ۱۴عدد شته افزایش داده می‌شد. از سوی دیگر، تحمل مشاهده شده در برخی از ژنوتیپ‌های دارای حساسیت آنتی‌بیوزی هم‌چون سرداری بیش‌تر از ارقام دارای مقاومت آنتی‌بیوزی است. نتیجه مشابه‌ی با این مورد توسط اناهلی و همکاران (۱۱) به‌دست آمد. بنابر نتایج این محققین کم‌ترین میزان کاهش تغییرات نسبی وزن خشک پس از رقم شاهد مقاوم (۰/۰۱ درصد) در ژنوتیپ دارای بالاترین میزان حساسیت آنتی‌بیوزی در بین ژنوتیپ های مورد بررسی (۷/۲ درصد) مشاهده شد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، گندم رقم کاسکوژن با داشتن آنتی‌بیوز متوسط (به‌طور میانگین ۴۶/۶ عدد شته) و بالاترین میزان تحمل (۱۶/۹ درصد کاهش نسبی ارتفاع و ۷/۹ درصد کاهش نسبی وزن خشک) به شته روسی گندم به‌عنوان رقم برتر شناسایی شد. استفاده از ارقام مقاوم (خصوصاً ارقام متحمل) در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت می‌تواند نقش موثری در کاهش هزینه‌های تولید، افزایش کارایی دشمنان طبیعی، کاهش خطرات ظهور بیوتیپ های مقاومت‌شکن و در نهایت افزایش عملکرد محصول گندم ایفا کند.

## منابع


1- Anonymous. 2013. Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets. Available on: http://www.fao.org/giews/.
2- Birch L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. Journal of Animal Ecology 17: 15-26.
3- Blackman R.L., and Eastop V.F. 2007. Taxonomic Issues. pp. 1-29. *In:* van Emden H.F., and Harrington R., (Ed.) Aphids as Crop Pests. CAB International, Oxford, United Kingdom.
4- Brewer M.J., Mornhinweg D.W., and Huzurbazar S. 1999. Compatibility of insect management strategies: *Diuraphis noxia* abundance on susceptible and resistant barley in the presence of parasitoids. BioControl 43: 479-491.
5- Burd J.D., Porter D.R., Puterka G.J., Haley S.D., and Peairs F.B. 2006. Biotypic variation among North American Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) populations. Journal of Economic Entomology 99: 1862-1866.
6- Castro A.M., Vasicek A., Ramos S., Worland A., Suarez E., Munoz M., Gimenez D., and Clua A.A. 1999. Different types of resistance against greenbug, *Schizaphis graminum* Rond., and the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* Mordvilko, in wheat. Plant Breeding 118: 131-137.
7- Curtis B.C., Rajaram S., and Gomez Macpherson M. 2002. Bread Wheat Improvement and Production. Rome: FAO plant production and protection series, No. 30. 592 pp.
8- Dolatti L., Ghareyazie B., Moharramipour S., and Noori-Daloii M.R. 2005. Evidence for regional diversity and host adaptation in Iranian populations of the Russian wheat aphid. Entomologia Experimentalis et Applicata 114: 171-180.
9- El Bouhssini M., Ogbonnaya F.C., Chen M., Lhaloui S., Rihawi F., and Dabbous A. 2013. Sources of resistance in primary synthetic hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) to insect pests: Hessian fly, Russian wheat aphid and Sunn pest in the Fertile Crescent. Genetic Resource and Crop Evolution 60: 621-627.
10- El Bouhssini M., Street K., Amri A., Mackay M., Ogbonnaya F.C., Omran A., Abdalla O., Baum M., Dabbous A., and Rihawi F. 2011. Sources of resistance in bread wheat to Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) in Syria identified using the Focused Identification of Germplasm Strategy (FIGS). Plant Breeding 130: 96-97
11- Ennahli S., El Bouhssini M., Grando S., Anathakrishnan R., Niide T., Starkus L., Starkey S., and Smith C.M. 2009. Comparison of categories of resistance in wheat and barley genotypes against biotype 2 of the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov). Arthropod-Plant Interactions 3: 45-53.
12- Girma M., Wilde G., and Reese J.C. 1990. Influence of temperature and plant growth stage on development, reproduction, life span, and intrinsic rate of increase of the Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae). Environmental Entomology 19: 1438-1442.
13- Gonzalez D., Summers C.G., and Qualset C.O. 1992. Russian wheat aphid: natural enemies, resistant wheat offer potential control. California Agriculture 46: 32-34.
14- Hawley C.J., Peairs F.B., and Randolph T.L. 2003. Categories of resistance at different growth stages in Halt, a winter wheat resistant to the Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology 96: 214-219.
15- Hesler L.S., and Tharp C.I. 2005. Antibiosis and antixenosis to *Rhopalosiphum padi* among triticale accessions.

Euphytica 143: 153-160.
16- Kazemi M.H., Talebi Chaichi P., Shakiba M.R., and Jafarloo M.M. 2001. Biological responses of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordviiko) (Hemiptera: Aphididae) to different wheat varieties. Journal of Agricultural Science and Technology 3: 249-255.
17- Khan S.A., Murugan M., Starkey S., Manley A., and Smith C.M. 2009. Inheritance and categories of resistance in wheat to Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) biotype 1 and biotype 2. Journal of Economic Entomology 102: 1654-1662.
18- Kogan M., and Ortman E.E. 1978. Antixenosis- a new term proposed to replace Painters Non- performance modality of resistance. Bulletin of Entomological Society of America 24: 175-176.
19- Lage J.L., Skovmand B., and Andersen S.B. 2004. Resistance categories of synthetic hexaploid wheats resistant to the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*). Euphytica 136: 291-296.
20- Ma Z., and Bechinski E.J. 2009. Life tables and demographic statistics of Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) reared at different temperatures and on different host plant growth stages. European Journal of Entomology 106: 205-210.
21- Macedo T.B., Peterson R.K.D., Weaver D.K., and Ni X. 2009. Impact of *Diuraphis noxia* and *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) on primary physiology of four near-isogenic wheat lines. Journal of Economic Entomology 102: 412-421.
22- Meyer J.S., Igersoll C.G., MacDonald L.L., and Boyce M.S. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. Ecology 67: 1156-1166.
23- Najafi Mirak T., Zali A., Hosseinzadeh A., Saidi A., Rasoulian G., and Zeinali H. 2004. Inheritance and allelism of resistance to Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) in Iranian wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Biology 6: 525-528.
24- Painter R. 1958. Resistance of plants to insects. Annual Review of Entomology 3: 267-290.
25- Painter W.H. 1951. Insect Resistance in Crop Plants. Macmillan Co., New York, N.Y. 520 pp.
26- Porter D.R., Baker C.A., and El-Bouhssini M. 2005. Resistance in wheat to a new North American–Russian wheat aphid biotype. Plant Breeding 124: 603-604.
27- Puterka G.J., Nicholson S.J., Brown M.J., Cooper W.R., Peairs F.B., amd Randolph T.L. 2014. Characterization of eight Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) biotypes using two-category resistant–susceptible plant responses. Journal of Economic Entomology 107: 1274-1283.
28- Puterka G.J., Nicholson S.J., Brown M.J., and Hammon R.W. 2013. Response of Russian wheat aphid resistance in wheat and barley to four *Diuraphis* (Hemiptera: Aphididae) species. Journal of Economic Entomology 106: 1029-1035.
29- Randolph T.L., Peairs F.B., Koch M., Walker C.B., Stubbs J.R., Quick J.S., and Haley S.D. 2005. Yield response and categories of resistance to Russian wheat aphid in four *Dn*4 hard red winter wheat cultivars. Journal of Economic Entomology 98: 588-594.
30- Randolph T.L., Peairs F.B., Merrill S., Koch M., and Waiker C.B. 2007. Yield response to Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) in mixtures of resistant and susceptible winter wheats. Southwestern Entomologist 32: 7-15.
31- Ray D.K., Mueller N.D., West P.C., and Foley J.A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. Plos One 8: 428-466.
32- Reed D.K., Webster J.A., Jones B.G., and Burd A.D. 1991.Tritrophic relationships of Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae), a hymenopterous parasitoid (*Diaeretiella rapae* McIntosh), and resistant and susceptible small grains. Biological Control 1: 35-41.
33- Reese J.C., Schwenke J.R., Lamont P.S., and Zehr D.D. 1994. Importance and quantification of plant tolerance in crop pest management programs for aphids: green bug resistance in Sorghum. Journal of Agricultural Entomology 11: 255-270.
34- Smith C.M. 2005. Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches. Dordrecht, the Netherlands: Springer. 423 pp.
35- Sotelo P., Starkey S., Voothuluru P., Wilde G.E., and Smith C.M. 2009. Resistance to Russian wheat aphid biotype 2 in CIMMYT synthetic hexaploid wheat lines. Journal of Economic Entomology 102: 1255-1261.
36- Stoetzel M.B. 1987. Information on and identification of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) and other aphid species colonizing leaves of wheat and barley in the United States. Journal of Economic Entomology 80: 696-704.
37- Unger L.M., and Quisenberry S. 1997. Categorization of six wheat plant introduction lines for resistance to the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology 90: 1408-1413.
38- Veisi R., Safavi S.A., and Karimpour Y. 2012. Duration of life stages and fecundity of *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) on six wheat cultivars. Journal of Crop Protection 1: 181-187.
39- Webster J.A., Starks K.J., and Burton R.L. 1987. Plant resistance studies with *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae), a new United States wheat pest. Journal of Economic Entomology 80: 944-949.
40- Wyatt I.J., and White P.F. 1977. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and tetranychid mites.

Journal of Applied Ecology 14: 757-766.
41- Zadoks J.C., Chang T.T., and Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No.4, Winter 2019, P. 409-421

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۴۲۱-۴۰۹

# Evaluation of the Resistance of some Commercial Cultivars and Breeding Lines of Wheat, *Triticum aestivum* L., to the Russian Wheat Aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko)

**G. Nouri-Ganbalani[1*]- J. Ebrahimi Hajikelaee[2]- M. Mardani-Talaee[3]- J. Razmjou[4]– S.A.A. Fathi[5]**

Received: 25-02-2018
Accepted: 05-11-2019

**Introduction:** The Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko), is an important pest of cereal, particularly wheat (*Triticum eastivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in many countries. It can also be damaging as a vector of plant pathogenic viruses including Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV), Barley Mosaic Virus (BMV), and Sugarcane Mosaic Virus (SMV). Also, a yield loss of as much as 60% has been reported in wheat in years of heavy infestation. Utilization of synthetic pesticides is a common method for control of *D. noxia*, but the continuous application of such chemicals caused several side-effects such as environmental hazards, insect pest resistance and the outbreak of secondary pests. Therefore, other control methods need to be investigated for effective control of the pest. The use of resistant cultivar is an environmentally safe method of insect control and is also less expensive for growers resistance of host plants against herbivore insects may be due to antibiosis. The antibiosis properties of the host plant can reduce the amount of feeding, fecundity and size of the insect. They also can lengthen the development period, and increase the mortality rate. Therefore, the use of plant tolerance for managing *D. noxia* has received greater emphasis than in other systems. Wheat and triticale lines [×*Triti- cosecale* Wittmack, a hybrid between wheat and rye (*Secale cereale* L.)] with tolerant traits or tolerance combined with antibiotic, antixenotic and tolerance traits have been identified.

**Materials and Methods:** In the present study, the possibility of existence of resistance in thirty bread wheat genotypes (Tak¬Ab, Ryzhav, Oohadi, Gaspard, Say¬Sunz, Alvand, Phishgam, Azadi, Kras Sabalan, Omid, Navid, Sabalan, Mihan, Orum, Zare, SardariHoma, Rasad, Cascogen, Tos, Shahriar, Bezostiya, Azar 2, Bak¬Kras Roshan, MV17, C-89-7, C-89-12, C-89-15, Zarin and Almot, respectively) and one triticale cultivar that was evaluated at 12$^{th}$ growth stages of the plants. The experiments were carried out in the greenhouse (23±3˚C, 50±10% RH and a photoperiod of 14L: 10D h) and using a completely randomized design. The aphids used in the experiments were provided from the stock colony reared in Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardebili, (originated from Namin city infested fields). Antixenosis was determined by counting the number of adult aphids attracted to each genotype potted plants at 24, 48 and 72 hours after release. Life tables were constructed based on the method described by Birch (1948) and Meyer et al. (1986). Differences in intrinsic rate of increase ($r_m$) and other life table parameters were estimated by the jackknife method. Before analysis, all data were tested for normality by Kolmogorov-Smirnov method. Statistical differences among means were compared using the Tukey *post hoc* Honestly Significant Difference (HSD) and Student-Newman-Keuls (SNK) tests at $\alpha$= 0.05 using the statistical software of SPSS ver. 19.0.

**Results and Discussion:** In summary, the analysis of variance of number attracted adult aphids to each genotype indicated that there were no significant differences among genotypes with respect to the number of aphids attracted to them. Antibiosis evaluated in two experiments. In the first experiment, the mean number of aphids among 31 genotypes was significantly lowest on triticale (Juanilo cultivar) (1 aphid) than resistance control (35.2 aphids). In the second experiment, *D. noxia* intrinsic rate of natural increase ($r_m$) evaluated on four selected genotypes in the first experiment. The highest and lowest $r_m$ values were found on Alvand cultivar (0.273 day$^{-1}$) and Bezostaya cultivar (0.214 day$^{-1}$), respectively. Intolerance experiment, height and dry weight of seedling between control (no infested plants) and 14 aphids-day infested plants were measured. Proportional dry weight and height changes were significantly different among the genotypes. According to the results obtained in this research, to avoid hazardous chemicals against insect pests of such crops, certain protective or curative procedures could be implied using different non-chemical methods to reduce the pest population and resultant damage. Consequently, our results indicate Kaskogen and Juanilo cultivars had relatively tolerance and antibiotic resistance to Russian wheat aphid, respectively and so it can be used in the IPM of the aphid.

1, 2, 3, 4 and 5- Professor, Former M.Sc. Student, Former Ph.D. Student and Professors of Entomology, Department of Entomology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: gadirnouri@yahoo.com)

**Conclusion:** Further experiments under the field conditions will be needed to validate these findings. The study on chemical components of these cultivars which is unsuitable in our lab may further reveal the chemical base of the unsuitability of cultivars Kaskogen and Juanilo.

**Keywords**: Antixenosis, Antibiosis, Russian wheat aphid, Tolerance, Wheat