JAER

2026, 2(2): 65-70

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

Inheritance of Russian wheat aphid resistance in two Iranian bread wheat cultiar 'Falat' and 'Azadi'

Tohid Salehi [1*], Tohid Najafi Mirak [2], Mohammad Reza Bihamta [3], Islam Majidi Heravan [1]

[1] *Department of Agronomy and Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Cereal Research, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran*
[3] *Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus and Schools of Tehran University, Karaj, Iran*

Key Words

Inheritance
Leaf chlorosis
Leaf curling
Resistance
Russian wheat aphid
Wheat

Article info

* Corresponding Author's email:
salehi.tohid@gmail.com,
t.salehi@qaemiau.ac.ir

Received: 22 October 2024
Reviewed: 22 November 2024
Revised: 23 January 2025
Accepted: 32 February 2025

Abstract

Introduction: The Russian wheat aphid (RWA), *Diuraphis noxia* (Mordvilko), is a major pest of cereal crops in many countries of the world, causing serious reduction in grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.). Incorporating genetic resistance to *D. noxia* into wheat cultivars is paramount to effectively reduce damage inflicted by this pest. The availability of more resistance genes to RWA may provide additional protection from new virulent strains or biotypes of the insect. Genetic resistance to *D. noxia* has been identified in wheat, barley and rye germplasm and several resistance genes are available for use in cultivar improvement.

Materials & Methods: In order to determine the inheritance of RWA resistance, two resistant Iranian bread wheat cultivar 'Falat' and 'Azadi' have crossed with the susceptible cultivar 'Pishtaz'. For each cross, the F_1, F_2, F_3 (in the case of Azadi×Pishtaz cross) and backcross (BCR and BCS) generations were produced. These generations therewith resistant and susceptible parents were cultured in the green-house conditions and were infected with RWA. Twenty-one days after infection, damages caused by aphid feeding were measured based on the leaf curling and leaf chlorosis of resistant and susceptible types following insect challenge. The resistance inheritance was considered by using Mendelian ratios in the F_2, F_3 and backcross generations.

Results: The obtained results were determined that both of studied traits, the leaf curling and leaf chlorosis, in 'Azadi' and 'Falat' cultivars are controlled by one dominant major gene and recessive major gene, respectively.

Conclusion: Since the both components of resistance are controlled with a major gene, using of hybridization and selection along different generations may be constructive in transfer of resistance to the intended cultivars.

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی توارث مقاومت به شته روسی گندم *Diuraphis noxia* (Mordvilko) در دو رقم زراعی گندم نان فلات و آزادی

توحید صالحی*[1]، توحید نجفی‌میرک[2]، محمدرضا بی‌همتا[3]، اسلام مجیدی‌هروان[1]

[1] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[2] بخش تحقیقات غلات، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[3] گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

پیچیدگی برگ
توارث
شته روسی گندم
کلروز برگ
گندم
مقاومت

چکیده

مقدمه: شته روسی گندم (*Diuraphis noxia* (Modvilko)) یکی از آفات مهم غلات در بسیاری از کشورهای جهان، موجب کاهش عملکرد دانه شدیدی در گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) می‌شود. یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل خسارت این آفت بهره‌گیری از ارقام مقاوم می‌باشد. شناسایی ژن‌های جدید مقاومت به شته روسی گندم محافظت بیش‌تری را در مقابل بیوتیپ‌ها یا نسل‌های بیماری‌زای جدید حشره ممکن است فراهم نماید. مقاومت ژنتیکی به شته روسی گندم در گنجینه وراثتی گندم، جو و چاودار شناسایی شده است و چندین ژن مقاومت برای به‌نژادی ارقام زراعی در دسترس می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی توارث مقاومت به شته روسی گندم، دو رقم گندم مقاوم فلات و آزادی با رقم حساس پیشتاز تلاقی داده شدند. برای هر تلاقی جمعیت‌های F1، F2، F3 (در مورد تلاقی ارقام آزادی و پیشتاز) و بک کراس‌ها به‌دست آمدند. این نسل‌ها به همراه والدین مقاوم و حساس در شرایط گلخانه کاشته و در مرحله گیاهچه ای با شته روسی آلوده شدند. بیست و یک روز پس از آلوده‌سازی، خسارت ناشی از تغذیه شته به روش کیفی و بر اساس میزان پیچیدگی و کلروز برگ‌ها اندازه‌گیری شد. نحوه توارث مقاومت با استفاده از نسبت‌های مندلی در نسل‌های F2، F3 و بک کراس‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج: نتایج حاصل از روش مندلی نشان داد که هر دو صفت میزان پیچیدگی و کلروز برگ ارقام آزادی و فلات به‌ترتیب با یک ژن اصلی غالب و مغلوب کنترل می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری: از آن‌جایی که هر دو جزء مقاومت با یک ژن اصلی کنترل می‌شود، استفاده از دو رگ‌گیری و گزینش در طول نسل‌های مختلف می‌تواند در انتقال مقاومت به ارقام مورد نظر راهگشا باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
salehi.tohid@gmail.com,
t.salehi@qaemiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ آبان ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۲ آذر ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ٤ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ٥ اسفند ۱۴۰۳

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گندم آفات است، به طوری‌که بشر سالانه میلیون‌ها دلار خسارت آفت، به‌خصوص حشرات را تحمل می‌کند. در این میان شته‌روسی گندم علاوه بر تغذیه مستقیم از گیاه با انتقال عوامل بیماری‌زای گیاهی باعث ایجاد خسارت زیادی شده و یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گندم است (۱۰، ۲۲). غربال ژنوتیپ‌های گندم برای مقاومت به شته‌روسی در شرایط اتاقک رشد، گلخانه و یا مزرعه انجام می‌گیرد. Miller و همکاران، روش غربال ساده آزمایشگاهی (شرایط اتاقک رشد) را بسیار منطقی توصیف کرده و آن را با ارزیابی مزرعه‌ای منطبق دانسته است (۱۵). به‌طور 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 موثر در حفظ محصول از خسارت این آفت است (۱۶، ۲۸). اولین منابع مقاومت به شته روسی در گندم‌های منشاء گرفته از کشورهای شوروری سابق، ناحیه بالکان، ایران، ترکیه و مناطقی از خاورمیانه که این آفت بومی آن‌هاست، شناسایی شدند (۱۷). نخستین بار در آفریقای جنوبی مقاومت به شته روسی توسط Butts و Pakendorf در *Triticum monococcum* (۴) و توسط Du Toit و Van Niekerk در *Triticum turgidum var. durum* (۷) شناسایی شد. بررسی‌های ژنتیکی در مورد مقاومت به شته روسی در گندم نشان می‌دهد که این مقاومت توارث پذیری ساده‌ای داشته و به‌صورت کیفی کنترل می‌شود (۳). حداقل ده ژن شناخته شده برای مقاومت به شته روسی گندم وجود دارد که در نمونه‌های ژرم پلاسم گندم، گونه‌های خویشاوند آن و چاودار یافت شده‌اند (۱۱، ۱۲، ۲۸، ۲۹). ژن‌های غالب مقاومت به شته روسی که در نمونه‌های ژرم پلاسم گندم شناسایی شده‌اند شامل Dn1، Dn2، Dn4، Dn5، Dn6، Dn8، Dn9 و DnX می‌باشد. Du Toit، وجود ژن Dn1 را در گندم PI 137739 و ژن Dn2 را در گندم PI262660 گزارش کرد (۶). Nkongolo و همکاران، ژن Dn4 را در PI 372129 کشف کردند (۲۰). Marais و Du Toit وجود ژن Dn5 را در PI 294994 گزارش کردند (۱۳) که البته در ابتدا تصور می‌شد PI 294994 فقط شامل همین ژن غالب است ولی مطالعات بعدی حاکی از وجود بیش از یک ژن در آن بود. Saidi و Quick، ژن Dn6 را به‌عنوان ژن کنترل کننده مقاومت در PI 243781 شناسایی کردند (۲۴). ژن‌های Dn8 و Dn9 در PI 294994 و ژن DnX در PI 220127 توسط Liu و همکاران کشف شدند (۱۲). ژن‌های مقاومت به شته روسی در گونه‌های خویشاوند گندم نیز شناسایی شدند. ژن مغلوب dn3 در لاین SQ24 از *Aegilops tauschii* توسط Nkongolo و همکاران شناسایی شد (۲۰). در آزمایش Zhang و همکاران، معلوم شد مقاومت در گندم PI 225262 توسط دو ژن غالب کنترل می‌شود (۳۱). مطالعه Baker و همکاران، دلالت بر این داشت که مقاومت در رقم گندم Stars-225217 توسط یک ژن غالب کنترل می‌شود (۳). Dong و همکاران، گزارش دادند که مقاومت در PI 222668 که یک گندم زمستانه بومی آذربایجان شرقی می‌باشد، توسط یک ژن غالب یا یک ژن غالب و یک ژن مغلوب کنترل می‌شود (۵). Ehdaie و Baker، گزارش دادند که مقاومت در لاین گندم بهاره ایرانی G5864 با دو ژن غالب مستقل از هم و با اثرات افزایشی کنترل می‌شود (۸). Assad و Dorry، مقاومت به شته روسی را در دو لاین گندم ایرانی بررسی کرده و نشان دادند که مقاومت براساس میزان کلروز برگ در هر دو لاین Shz.W-104 و Shz.W-102 توسط دو ژن غالب کنترل می‌شود (۲). Assad، یک ژن مقاومت را در لاین ۱۸۸ گندم دوروم شناسایی کرد که مقاومت را به‌صورت غالب کنترل می‌کرد (۱). Najafi-Mirak و همکاران، با استفاده از تلاقی ارقام مقاوم امید و آزادی با رقم حساس شعله گزارش کردند که هر دو صفت میزان کلروز و پیچیدگی برگ در دو رقم آزادی و امید به‌ترتیب با یک و دو ژن اصلی کنترل می‌شوند و تعدادی ژن فرعی نیز در کنترل آن‌ها نقش دارند و بین ژن‌های کنترل کننده پیچیدگی برگ در دو رقم مقاوم آزادی و امید رابطه آللی وجود ندارد (۱۶). ایجاد ارقام مقاوم در برنامه‌های به نژادی مستلزم داشتن اطلاعات کافی در مورد نحوه توارث مقاومت می‌باشد (۱۴، ۲۱). در همین راستا این مطالعه با هدف تعیین توارث مقاومت به شته روسی در دو رقم گندم نان زمستانه ایرانی فلات و آزادی که در مطالعات قبلی به‌عنوان ارقام مقاوم شناخته شده‌اند (۱۶، ۱۷، ۲۵)، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی توارث مقاومت به شته‌روسی گندم، دو رقم گندم نان زمستانه ایرانی فلات و آزادی که قبلاً توسط Najafi-Mirak و همکاران (۱۶)، Shekariyan (۲۵) و Nematollahi (۱۷) به‌عنوان ارقام مقاوم به شته روسی گندم معرفی شده بودند با رقم حساس پیشتاز تلاقی داده شدند. در سال زراعی بعد برای هر تلاقی از خودگرده‌افشانی گیاهان F1، جمعیت‌های F2 و از تلاقی گیاهان F1 با والدین مقاوم و حساس به‌ترتیب جمعیت‌های BCR (Backcross to resistant parent) و BCS (Backcross to susceptible parent) تولید گردیدند. در مورد تلاقی ارقام آزادی و پیشتاز نسل F3 نیز تولید گردید. والدین و نسل‌های F1، F2، F3، BCR و BCS حاصل از هر تلاقی در آزمایش‌های جداگانه تحت شرایط گلخانه با دمای ۲۵±۳°C، رطوبت نسبی ۵۰-۴۰

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]

درصد، ۱۴ ساعت نور و ۱۰ ساعت تاریکی کاشته شدند. در تمام آزمایش‌ها از گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ و به‌عمق ۱۵ سانتی‌متر برای کشت بذرها استفاده شد. در هر گلدان که حاوی خاک مزرعه، ماسه و خاک برگ به نسبت ۳:۱:۱ بود، پنج بذر کشت گردید. پس از سبزشدن بذور، ۲۰ گیاهچه دارای مرحله رشدی یکسان برای هر والد، ۴۰ گیاهچه برای نسل F1، ۲۰۰ و ۱۰۰ گیاهچه به‌ترتیب برای نسل F2 و هرکدام از بک کراس‌ها و ۱۰۰ خانواده از نسل F3 هر کدام با ۱۵-۱۰ گیاهچه انتخاب‌شد. بقیه‌گلدان‌ها که بذور آن‌ها سبز نشده‌و یا ازنظرمرحله‌رشدی‌متفاوت بودند،حذف‌گردیدند.گلدان‌های انتخاب شده برای ارزیابی در هر نسل به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده شدند. گیاهچه‌ها به‌طور منظم هر دو روز یک‌بار آبیاری شدند. شته روسی مورد نیاز برای آلودگی مصنوعی از مزراع گندم شهرستان کرج و علف‌های هرز موجود در اطراف این مزارع جمع‌آوری شد. به‌منظور تهیه یک جمعیت ایزوله و یکنواخت، هر کدام از شته‌ها به‌طور انفرادی در گلدانی که به‌وسیله یک سیلندر شفاف‌پلاستیکی‌و دارای‌محفظه‌های‌توری ایزوله‌شده‌بودروی گیاهان حساس جو رقم ریحان پرورش‌و تکثیر یافتند. یکی از این جمعیت‌ها برای رهاسازی روی ژنوتیپ ها انتخاب و بقیه حذف گردیدند. گیاهچه‌ها براساس روش Nkongolo و همکاران، با شته روسی آلوده شدند (۲۳). برای این کار در مرحله ۲-۱ برگی گیاه، تعداد ۵ پوره شته روسی بین سنین ۵-۴ به‌وسیله قلم موی نرم و مرطوب بر روی هر کدام از گیاهچه ها رهاسازی شد. ۲۱ روز پس از رهاسازی، ارزیابی مقاومت ژنوتیپ ها به‌روش کیفی و براساس میزان پیچیدگی برگ‌ها و میزان کلروز برگ‌ها هر دو به‌روش Webster و همکاران، انجام‌گرفت (۲۹). اندازه‌گیری خسارت‌گیاهچه‌ها و تقسیم‌بندی آن‌ها به‌گروه‌های‌حساس‌و‌مقاوم‌موقعی‌انجام‌گرفت‌که‌والدحساس‌پیچیدگی و کلروز برگ شدیدی نشان داد. توافق نسبت‌های فنوتیپی مشاهده شده در جمعیت‌های مورد مطالعه با تعدادی از نسبت‌های ژنتیکی مورد انتظار به‌وسیله مربع‌کای ($\chi2$) با تصحیح پیوستگی ییتس مورد آزمون قرار گرفت (۲۶).

نتایج

تعداد گیاهان حساس و مقاوم والدین، F1، F2، BCR، BCS و F3 به همراه نسبت‌های تفکیک آن‌ها برای هر دو صفت پیچیدگی و کلروز برگ‌ها در مورد هر دو تلاقی در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. نسبت‌های‌ژنتیکی درج‌شده در این جداول نسبت‌هایی هستند که با استفاده از آزمون مربع کای با نسبت های فنوتیپی مشاهده شده توافق نشان‌داده‌اند و یا به‌عبارت‌ساده‌تر آماره $\chi2$ مربوط به‌آن‌ها معنی‌دار نشده است. ۲۱ روز پس از رهاسازی‌شته‌ها روی گیاهچه‌ها، ارقام مقاوم فلات و آزادی پیچیدگی برگ نشان نداده و یا پیچیدگی خیلی کمی نشان دادند، درحالی‌که تمام گیاهچه‌های رقم حساس پیشتاز پیچیدگی شدیدی نشان دادند. تمام گیاهچه‌های F1 حاصل از تلاقی آزادی و پیشتاز و نیز تمام گیاهچه‌های BCR مقاوم بودند که این امر غالب‌بودن مقاومت در رقم آزادی را نشان می‌دهد. نسبت تفکیک ۱R:۱S در نسل BCS مشتق شده از این تلاقی نیز بیانگر غالب بودن مقاومت در رقم آزادی می‌باشد. جمعیت‌های F2 و F3 حاصل از این تلاقی نیز به‌ترتیب به نسبت‌های ۳R:۱S و ۵R:۳S تفکیک‌یافتند. این نسبت‌ها نشان می‌دهد که مقاومت در رقم آزادی با یک‌ژن‌غالب‌کنترل‌می‌شود(جدول ۱).حساس‌بودن‌تمام‌گیاهچه‌های F1 حاصل از تلاقی ارقام فلات و پیشتاز و تفکیک افراد جمعیت F2 مشتق شده از تلاقی آن‌ها با نسبت ژنتیکی ۱R:۳S بیانگر این است که مقاومت به پیچیدگی برگ در رقم فلات با یک ژن مغلوب کنترل می‌شود. نسبت تفکیک گروه‌های حساس و مقاوم در جمعیت‌های BCS (۰R:۱S) و BCR (۱R:۱S) این تلاقی نیز مغلوب بودن ژن کنترل‌کننده مقاومت در رقم فلات را تایید می‌نماید (جدول ۱). جدول ۲ نسبت تفکیک نسل های مختلف هر دو تلاقی برای مقاومت به شته روسی گندم بر اساس کلروز برگ‌ها را نشان می‌دهد. تمام گیاهچه‌های ارقام آزادی و فلات میزان کلروز کمی نشان دادند، در حالی‌که رقم پیشتاز دارای‌کلروز برگ‌شدیدی بود. درتلاقی‌رقم‌مقاوم آزادی‌با رقم‌حساس پیشتاز نسبت تفکیک نسل‌های BSC (۱R:۱S)، F2 (۳R:۱S) و F3 (۵RF:۳SF) نشان داد که مقاومت به شته روسی در این رقم با یک ژن غالب کنترل می‌شود. میزان کلروز برگ تمام گیاهچه‌های F1 و BCR حاصل از این تلاقی مشابه والد مقاوم بود که همین امر غالب بودن ژن کنترل کننده مقاومت در رقم آزادی را تأیید می‌کند (جدول ۲). تمام گیاهچه‌های F1 حاصل از تلاقی رقم فلات با والد پیشتاز حساس بودند و تفکیک افراد جمعیت F2 مشتق شده از تلاقی آن‌ها با نسبت ژنتیکی ۱R:۳S توافق نشان دادند. این امر بیانگر این است‌که مقاومت در رقم‌فلات با یک ژن مغلوب کنترل می‌شود. نسبت تفکیک گروه‌های حساس و مقاوم در جمعیت‌های BCS (۰R:۱S) و BCR (۱R:۱S) این تلاقی نیز مغلوب بودن ژن کنترل کننده مقاومت در رقم فلات را تایید می‌کند (جدول ۲).

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]

جدول ۱: تعداد گیاهان مشاهده شده و نسبت‌های مورد انتظار برای مقاومت به شته روسی گندم بر اساس میزان پیچیدگی برگ‌ها و آزمون χ^2 برای توافق آن‌ها با نسبت‌های مندلی

Table 1: Number of plants observed and expected ratios for resistance to Russian wheat aphid based on leaf complexity and χ2 test for their agreement with Mendelian ratios

Parents and generations	Expected ratios		Number of plants observed		χ^2	P
	Resistant (R)	Sensitive (S)	Resistant (R)	Sensitive (S)		
Freedom × Pioneer						
Freedom	1	0	18	1	1.086	0.297 n.s
Pioneer	0	1	2	18	1.076	0.302 n.s
F_1	1	0	20	1	0.263	0.608 n.s
BCR	1	0	45	4	2.005	0.157 n.s
BCS	1	1	19	20	0.026	0.873 n.s
F_2	3	1	116	39	0.002	0.965 n.s
(Families) F_3	5	3	62	34	0.178	0.965 n.s
Pioneer × Plateau						
Plateau	1	0	25	2	2.21	0.137 n.s
Pioneer	0	1	3	25	0.243	0.137 n.s
F_1	1	1	2	26	0.982	0.322 n.s
BCR	1	1	7	8	0.6	0.322 n.s
BCS	0	1	1	16	0.515	0.473 n.s
F_2	1	3	28	67	1.014	0.473 n.s

جدول۲: تعداد گیاهان مشاهده شده و نسبت‌های مورد انتظار برای مقاومت به شته روسی گندم بر اساس میزان کلروز برگ‌ها و آزمون χ^2 برای توافق آن‌ها با نسبت‌های مندلی

Table 2: Number of plants observed and expected ratios for resistance to Russian wheat aphid based on leaf chlorosis and χ2 test for their agreement with Mendelian ratios

Parents and generations	Expected ratios		Number of plants observed		χ^2	P
	Resistant (R)	Sensitive (S)	Resistant (R)	Sensitive (S)		
Freedom × Pioneer						
Freedom	1	0	18	1	1.222	0.269 n.s
Pioneer	0	1	1	19	0.267	0.606 n.s
F_1	1	0	18	3	1.050	0.306 n.s
BCR	1	0	46	3	0.891	0.345 n.s
BCS	1	1	22	17	0.641	0.423 n.s
F_2	3	1	127	30	2.936	0.087 n.s
(Families) F_3	5	3	55	41	1.111	0.292 n.s
Pioneer × Plateau						
Plateau	1	0	25	2	0.54	0.462 n.s
Pioneer	0	1	2	26	1.037	0.309 n.s
F_1	0	1	3	24	2.209	0.137 n.s
BCR	1	1	13	2	0.6	0.439 n.s
BCS	0	1	3	14	0.327	0.567 n.s
F_2	1	3	17	78	2.558	0.11 n.s

بحث

از اطلاعات حاصل از این تجزیه می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت به شته روسی گندم در رقم آزادی با دو ژن مشابه کنترل می‌شود. یکی از این ژن‌ها به‌صورت غالب میزان کلروز برگ را در برابر تغذیه شته کنترل می‌کند و دیگری نیز به‌صورت غالب میزان پیچیدگی برگ را تحت کنترل دارد. این اطلاعات نتایج به‌دست آمده توسط Najafi-Mirak و همکاران (۱۶) را تایید نمی‌کند. Najafi-Mirak و همکاران نتیجه گرفته بودند که مقاومت به شته روسی گندم در رقم آزادی با دو ژن متفاوت کنترل می‌شود. یکی از این ژن‌ها به‌صورت غالب میزان کلروز برگ در برابر تغذیه شته را کنترل می‌کند و دیگری نیز به‌صورت مغلوب میزان پیچیدگی برگ را کنترل می‌کند (۱۶). وجود

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]

دو ژن مشابه برای کنترل مقاومت به شته روسی قبلاً نیز گزارش شده است. Saidi و Quick، گزارش کردند که مقاومت به شته روسی گندم در توده گندم زمستانه مقاوم PI 294994 به‌وسیله دو ژن غالب کنترل می‌شود (۲۴). هم‌چنین Dong و همکاران، گزارش نمودند که مقاومت به شته روسی در لاین گندم CI 2401 به‌وسیله دو ژن غالب کنترل می‌شود (۵). هم‌چنین اطلاعات حاصل از این تجزیه نشان داد که مقاومت به شته روسی گندم در رقم فلات نیز با دو ژن مشابه کنترل می‌شود. یکی از این ژن‌ها به‌صورت مغلوب میزان پیچیدگی برگ را تحت کنترل دارد و ژن دیگری نیز به‌صورت مغلوب میزان کلروز برگ را در برابر تغذیه شته کنترل می‌نماید. وجود تک ژن مغلوب برای کنترل مقاومت به شته روسی گندم در ژنوتیپ گندم Aegilops tauschii PI 372129 توسط Nkongolo و همکاران، گزارش شده است ولی تاکنون گزارشی مبنی بر شناسایی منابع ژنتیکی گیاهی با چنین وضع ژنتیکی کنترل مقاومتی مشاهده نشده است (۲۰). البته بهتر بود که بین دو رقم آزادی و فلات نیز تلاقی صورت گیرد تا با بررسی نسبت‌های تفکیک در نسل F2 حاصل و انجام تجزیه آللی با اطمینان بیش‌تری بتوان نسبت به نحوه کنترل ژنتیکی مقاومت به شته روسی گندم در این دو رقم نظر داد. بر اساس نتایج آزمایشات انجام شده در مورد نحوه کنترل ژنتیکی مقاومت به شته روسی گندم می‌توان دریافت که مقاومت به این شته در ژنوتیپ‌های مختلف گندم به‌وسیله ژن‌های مختلف با اثرات متفاوت کنترل می‌شود. البته تغییرات پیوسته سطح مقاومت در ژنوتیپ‌های مقاوم نشان می‌دهد که علاوه بر ژن‌های اصلی شناسایی شده عوامل دیگری نظیر ژن‌های فرعی کم اثر و یا ژن‌های تغییر دهنده در بروز مقاومت موثر هستند و همین عوامل باعث پیچیدگی‌هایی در آزمایشات ژنتیکی می‌گردد (۱۶، ۲۱). از پیچیدگی‌های دیگر آزمایشات ژنتیکی به‌کارگیری ژنوتیپ‌های متفاوت (به‌عنوان والد حساس و یا مقاوم) در آزمایشات مختلف است. بعضی از ژنوتیپ‌ها دارای سطح بالایی از مقاومت هستند. درحالی‌که بعضی مقاومت متوسطی دارند و تلاقی بین این منابع متفاوت مقاومت می‌تواند منجر به حصول ترکیبات ژنی متفاوتی گردد. به‌کارگیری مقیاس‌های متفاوت برای ارزیابی مقاومت در آزمایشات مختلف نیز می‌تواند باعث کسب نتایج متفاوت از نظر ترکیبات ژنی گردد (۸). با توجه به عدم انجام تلاقی بین ارقام مقاوم آزادی و فلات، درصورتی‌که رابطه آللی بین ژن‌های اصلی مقاومت در دو رقم مقاوم وجود نداشته باشد، می‌توان با انتقال این ژن‌ها به ارقام گندم مطلوب و سازگار با منطقه، مقاومت پایداری را به بیوتیپ‌های مختلف شته روسی گندم به‌دست آورد. وجود تنوع ژنتیکی در بین جمعیت‌های مختلف این شته (۹، ۱۲) و پیدایش بیوتیپ‌های جدیدی از آفت (۱۱، ۲۱، ۲۵) می‌تواند بر مقاومت تک ژنی و الیگو ژنی غلبه کند. لذا پیش‌بینی تمهیدات لازم در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام مقاوم ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1. **Assad, M.T., 2002.** Inheritance of resistance to Russian wheat aphid in an Iranian durum wheat line. *Plant Breeding*. 121(2): 180-181. doi: 10.1046/j.1439-0523.2002.00668.x
2. **Assad, M.T. and Dorry, H.R., 2001.** Inheritance and allelism of resistance to the Russian wheat aphid in two Iranian wheat lines. *Euphytica*. 117(3): 229-232. doi: 10.1023/A:1026520013040
3. **Baker, C.A., Porter, D.R. and Webster, J.A., 1996.** Identification of genetic diversity for Russian wheat aphid resistance in wheat. In: Agronomy Abstracts. ASA, Indianapolis, IN. 93 p.
4. **Butts, P.A. and Pakendorf, K.W., 1984.** The utility of embryo count method in characterizing cereal crops for resistance to *Diuraphis noxia*. 53-57. In: Walters, M.C., (ed.). Progress in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordvilko) research in the Republic of South Africa. Technology Community. No. 191. Department of agriculture, Republic of South Africa, Pretoria.
5. **Dong, H., Quick, J.S. and Zhang, Y., 1997.** Inheritance and allelism of Russian wheat aphid resistance in several wheat lines. *Plant Breeding*. 116(5): 449-453. doi: 10.1111/j.1439-0523.1997.tb01029.x
6. **Du Toit, F., 1989.** Inheritance of resistance in two *Triticum aestivum* lines to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economical Entomology*. 82(4): 1251-1253. doi: 10.1093/JEE/82.4.1251
7. **Du Toit, F. and Van Niekerk, H.A., 1985.** Resistance in *Triticum* species to the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae). *Cereal Research Community*. 13: 371-378.
8. **Ehdaie, B. and Baker, C.A., 1999.** Inheritance and allelism for resistance to Russian wheat aphid resistance genes in an Iranian spring wheat. *Euphytica*. 107: 71-78.
9. **Haley, S.D., Peairs, F.B., Walker, C.B., Rudolph, J.B. and Randolph, T.L., 2004.** Occurrence of a new Russian wheat aphid biotype in Colorado. *Crop Science*. 44(5): 1589-1592.
10. **Kazemi, M.H., Talebi-Chaichi, P., Shakiba, M.R. and Mashhadi-Jafarloo, M., 2001.** Biological responses of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Homoptera: Aphididae) to different varieties. *Journal of Agricultural Science Technology*. 3: 249- 255.
11. **Kisten, L., Tolmay, V.L., Mathew, I., Sydneham, S.L. and Venter, E., 2020.** Genome-wide association analysis of Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) resistance in Dn4 derived wheat lines evaluated in South Africa. *PLoS ONE*. 15(12): e0244455. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244455.
12. **Liu, X.M., Smith, C.M. and Gill, B.S., 2002.** Identification of microsatellite markers linked to Russian wheat aphid resistance genes *Dn4* and *Dn6*. *Theoretical Applied Genetics*. 104(6-7): 1042-1048. doi: 10.1007/s00122-001-0831-y
13. **Marais, G.F. and Du Toit, F., 1993.** A monosomic analysis of Russian wheat aphid resistance in the

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]

26. **Steel, R.G., Torrie, J.H. and Dickey, D.A., 1997.** Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. The McGraw-Hill Companies, Inc.

27. **Tolmay, V.L., Lindeque, R.C. and Prinsloo, G.J., 2007.** Preliminary evidence of a resistance-breaking biotype of the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) (Homoptera: Aphididae), in South Africa. *African Entomology*. 15(1): 228-230. doi: 10.4001/1021.3589-15.1.228

28. **Tolmay, V.L., Sydenham, S.L., Sikhakhane, T.N., Nhlapho, B.N. and Tsilo, T.J., 2020.** Elusive diagnostic markers for Russian wheat aphid resistance in bread wheat: Deliberating and reviewing the status quo. *International journal of molecular sciences*. 21(21): 8271. doi: 10.3390/ijms21218271.

29. **Webster, J.A., Starks, K.R. and Burton, R.L., 1987.** Plant resistance studies with *Diuraphis noxia,* a new United States wheat pest. *Journal of Entomology*. 80(4): 944-949. https://doi.org/10.1093/jee/80.4.944

30. **Xu, X., Bai, G., Carver, B.F., Zhan, K., Huang, Y. and Mornhinweg, D., 2015.** Evaluation and reselection of wheat resistance to Russian wheat aphid biotype 2. *Crop Science*. 55: 1-7. doi: 10.2135/cropsci2014.07.0473

31. **Zhang, Y., Quick, J.S. and Liu, S., 1998.** Genetic variation in PI 294994 wheat for resistance to Russian wheat aphid. *Crop Science*. 38: 527-530. https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800020042x

common wheat PI 294994. *Plant Breeding*. 111:246-248. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1993.tb00636.x

14. **Masinde, E.A., Malinga, J.N., Ngenya, W.A., Mulwa, R.M.S. and Cakir, M., 2014.** Molecular characterization of resistance to Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Kurdjumov) in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) line KRWA9. *International journal of biotechnology and molecular biology research*. 5(6): 68-75. doi: 10.5897/IJBMBR

15. **Miller, B.M., Porter, D.R., Burd, J.D., Mornhinwey, D.W. and Burton, R.L., 1994.** Physiological effect of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on resistant and susceptible barley. *Journal of Economical Entomology*. 87(2): 493-499. https://doi.org/10.1093/jee/87.2.493

16. **Najafi-Mirak, T., Zali, A., Hosseyn-Zadeh, A. and Zeynali, H., 2004.** Study of resistance to Russian wheat aphid resistance in some of bread and durum wheat genotypes. *Journal of science and technology of agriculture and natural resources*. 7(4): 115-127. (In Persian)

17. **Nematollahi, M., 1999.** Identification the sources of resistance to Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) in wheat genotypes. Master of science thesis. Iran, University of Shiraz. (In Persian)

18. **Nkongolo, K.K., Quick, J.S., Limin, A.E. and Fowler, D.B., 1991.** Sources and inheritance of resistance to Russian wheat aphid in *Triticum* species amphiploids and *Triticum tauschii*. *Canadian Journal of Plant Science*. 71(3): 703-708. doi: 10.4141/cjps91-103

19. **Nkongolo, K.K., Quick, J.S., Mayer, W.L. and Pears, F.B., 1989.** Russian wheat aphid resistance of wheat, rye and triticale in greenhouse test. *Cereal Research Community*. 17: 227-232.

20. **Nkongolo, K.K., Quick, J.S., Pears, F.B. and Meyer, W.R., 1991.** Inheritance of resistance of PI 372129 wheat to Russian wheat aphid. *Crop Science*.31:905-907. https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100040012x

21. **Nouri-Qanbalani, Q., Ebrahimi-Hajikolayi, J., Mardani-Talayi, M., Razmjou, J. and Fathi, S.A.A., 2020.** Evaluation of resistance to Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*: Mordvilko) resistance in some of commercial wheat cultivars and advanced wheat lines. *Journal of plant production* (*Science and technology of agriculture*). 33(4): 409-421. (In Persian)

22. **Radchenko, E.E., Abdullaev, R.A. and Anisimova, I.N., 2022.** Genetic resources of cereal crops aphid resistance. *Plants*. 11: 1490. https://doi.org/10.3390/plants11111490.

23. **Randolph, T.L., Peairs, F.B., Weiland, A., Rudolph, J.B. and Puterka, G.J., 2009.** Plant responses to seven Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) biotypes found in the United States. *Journal of Economical Entomology*. 102(5): 1954-1959. doi: 10.1603/029.102.0528

24. **Saidi, A. and Quick, J.S., 1996.** Inheritance and allelic relationships among Russian wheat aphid resistance genes in winter wheat. *Crop Science*. 36(2): 256-258. https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600020007x

25. **Shekariyan, B., 1999**. Study of resistance to Russian wheat aphid resistance in wheat cultivars in Karaj. Master of science thesis. Iran, University of Tehran. (In Persian)

[Downloaded from journalaer.com on 2026-02-18]