



Research Article

Vol. 38, No. 2, 2024, p. 129-145

Evaluation of Resistance of Wheat Promising Lines to *Eurygaster integriceps* in Neyshabur Climatic Conditions

S. Jahandari¹, G. Asadi², S. Khorramdel^{2*}, D. Roodi³

1 and 2- M.Sc Student and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: Khorramdel@um.ac.ir)

3- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Mashhad, Iran

Received: 04-02-2024

Revised: 11-04-2024

Accepted: 07-05-2024

Available Online: 21-07-2024

How to cite this article:

Jahandari, S., Asadi, G., Khorramdel, S., & Roodi, D. (2024). Evaluation of resistance of wheat promising lines to *Eurygaster integriceps* in Neyshabur climatic conditions. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 38(2), 129-145. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86688.1177>

Introduction

The Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put) is a significant pest of wheat in Turkey, west and central Asia, and Iran. Damage caused by this pest to leaves, stems, spikes, and grains can reduce the baking quality of flour made from affected grains of cereals. Sunn pest adults typically overwinter in mountainous areas under plants such as oak, wild liquorice, and echinacea, migrating to wheat fields when temperatures warm up in spring. Their feeding behavior involves piercing and cutting tissues, as well as injecting digestive enzymes through a salivary canal to predigest food.

Wheat is a major crop, covering vast areas of agricultural land worldwide. The pest causes significant damage to grain crops, particularly wheat (Iranipour et al., 2010). Among these pests, the sunn pest stands out as the most devastating insect (El Bouhssini et al., 2013). High-quality bread wheat genotypes have shown to be less susceptible to the effects of bug proteinase in baking compared to poor-quality wheat varieties. Chemical control of Sunn pest is not only costly but also hazardous to human health and the environment, and has adverse effects on natural predators (Krupnov, 2012). Identifying resistant cultivars could serve as an effective integrated pest management (IPM) strategy, reducing the need for chemical applications. The use of resistant cultivars is both an effective and cost-efficient method for protecting wheat crops from this insect pest while minimizing pesticide use.

Therefore, the widespread and rampant spread of this pest highlights the urgent need to identify and use non-chemical control methods, especially the selection of resistant varieties. This study aimed to assess the agronomic characteristics and quality of wheat lines to Sunn pest under Neyshabur climatic conditions.

Materials and Methods

This research was conducted during the growing season in 2022-2023 at Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Neyshabur, based on a randomized complete block design with three replications. Treatment was 20 lines/cultivars, including 18 promising lines, along with two cultivars of Amin and Farin as control. The studied traits included density of overwintered adults (OWAs), density of nymphs and new-generation adults (NGAs), seed damage percentage, density of whitish spikes, leaf damage level, plant height, 1000-kernel weight, gluten and nitrogen contents of kernel and grain yield. The counting of damaged plants was done at



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86688.1177>

the flowering stage using quadrats ($0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$). Pearson's correlation was calculated to evaluate the correlation between all quantitative traits and quality of wheat lines. Statistical analysis of data was performed using Minitab software, and figures were plotted using Excel software. Means were compared using the LSD test at the 5% and 1% probability levels.

Results and Discussion

The results of the statistical analysis indicated a significant difference among the studied lines in terms of the examined traits, including density of NGAs, seed damage percentage, leaf damage level, plant height, 1000-kernel weight, gluten content of kernel, nitrogen content of kernel and grain yield. The density of OWAs was not significantly impacted by the wheat lines, so line 18 (with 1.33 numbers per m^2) and line 20 (without OWAs) had the highest and lowest OWAs, respectively. The maximum damage percentage was observed in Amin cultivar (6%) and line 15 (5.6%), while the minimum level was recorded for Farin cultivar (0.53%) and lines 19 and 10 (1.06%). Line 19 had the highest leaf damage ($11.11 \text{ leaves.m}^{-2}$), while line 6 had the lowest (1 leaves.m^{-2}). Line 8 had the highest plant height (99 cm), while line 20 had the lowest (83 cm). Lines 15 (44.57 g) and 20 (35.16 g) had the highest and lowest 1000-kernel weight, respectively. The highest percentage of kernel gluten was found in line 15 (27.05%), while the lowest was found in line 9 (24.2%). Line 15 also had the highest percentage of kernel nitrogen (2.35%), while the Amin cultivar had the lowest (1.97%). Line 6 had the highest grain yield (6.08 t.ha^{-1}), while Amin cultivar (4.31 t.ha^{-1}) and line 20 (4.33) had the lowest grain yield. The correlation analysis between the studied traits showed that leaf damage level had a significant negative correlation with grain yield ($r=0.57^{**}$). Plant height showed a significant positive correlation with grain yield ($r=0.45^*$), 1000-kernel weight had a significant positive correlation with nitrogen content of kernel ($r=0.70^{**}$), and grain yield had a significant positive correlation with nitrogen content of kernel ($r=0.62^{**}$). The damage percentage had a significant negative correlation with leaf damage level ($r=0.04^{ns}$), plant height ($r=0.13^{ns}$), grain yield ($r=0.57^{**}$), and grain nitrogen percentage ($r=0.05^{ns}$).

Conclusion

In Neyshabur county, line 6 exhibited the highest tolerance to Sunn pest and produced the highest grain yield compared to other lines. On the other hand, Amin cultivar was sensitive to Sunn pest and had a lower 1000-kernel weight and grain yield.

Keywords: Damage percentage, New-generation adults, Overwintered adults, Percentage of grain sunn pest damage

مقاله پژوهشی

جلد ۳۸ شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص. ۱۴۵-۱۲۹

ارزیابی مقاومت لاین‌های امیدبخش گندم نسبت به خسارت سن (*Eurygaster integriceps*) در شرایط آب و هوایی نیشابور

شهاب جهاننداری^۱ - قربانعلی اسدی^۲ - سرور خرم دل^{۱*} - داود رودی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۸

چکیده

سن گندم یکی از مهم‌ترین آفات در مزارع غلات بوده که سالانه خسارت کیفی و کمی جبران‌ناپذیری به گندم و جو وارد می‌کند. این پژوهش به منظور بررسی مقاومت ۲۰ لاین امیدبخش گندم نسبت به آفت سن، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان نیشابور در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. تیمارها شامل ۱۸ لاین بهاره گندم حاصل برنامه‌های به‌نژادی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و دو رقم امین و فرین به‌عنوان شاهد بودند. نتایج تجزیه واریانس آماری داده‌های آزمایش نشان داد که بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی شامل تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید، درصد خسارت سن‌زدگی دانه، خسارت برگ، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، درصد گلوتهن دانه، درصد نیتروژن دانه و عملکرد دانه گندم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. درصد خسارت سن‌زدگی دانه در رقم امین و لاین ۱۵ حداکثر و در رقم فرین و لاین‌های ۱۹ و ۱۰ حداقل مقدار بود. بیشترین خسارت برگ در لاین ۱۹ و کمترین در لاین ۶ مشاهده شد. لاین‌های ۱۵ و ۲۰ به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. بیشترین درصد گلوتهن مربوط به لاین ۱۵ بود و کمترین میزان به لاین ۹ اختصاص یافت. بیشترین درصد نیتروژن برای لاین ۱۵ و کمترین میزان برای رقم امین مشاهده شد. از نظر عملکرد دانه، لاین ۶ حداکثر و رقم امین و لاین ۲۰ حداقل میزان این صفت را داشتند. ارزیابی همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که میزان خسارت برگ با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. ارتفاع بوته با عملکرد دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه با درصد نیتروژن دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه با درصد گلوتهن دانه، عملکرد دانه با درصد گلوتهن دانه، عملکرد دانه با درصد نیتروژن دانه و نیز درصد گلوتهن دانه با درصد نیتروژن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. لاین ۶ با کمترین خسارت برگ و بیشترین درصد گلوتهن و عملکرد دانه به‌عنوان متحمل لاین به سن و رقم امین با بیشترین میزان سن‌زدگی، کمترین درصد گلوتهن، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌عنوان لاین حساس به سن شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تراکم پوره، حشره کامل زمستان‌گذرانی نموده، حشرات کامل نسل جدید، درصد خسارت سن‌زدگی دانه

مقدمه

آخرین آمار، سطح زیرکشت گندم در دنیا ۲۴۰ میلیون هکتار گزارش شده است (Foreign Agricultural Service/ USDA, 2023). براساس آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در ایران، سطح زیرکشت گندم حدود شش میلیون و ۷۰۰ هزار هکتار گزارش شده که دو میلیون و ۳۰۰ هزار هکتار به کشت آبی و چهار میلیون و ۴۰۰ هزار هکتار به کشت دیم اختصاص یافته است. متوسط تولید گندم در کشور ۱۲ میلیون تن اعلام شده که هشت میلیون تن مربوط به مزارع آبی و چهار میلیون تن به شرایط دیم اختصاص دارد (Ministry of Agriculture- Jihad, 2022).

گندم با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) مساحت وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا را به خود اختصاص داده است. براساس

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: khorrandel@um.ac.ir)

۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، مشهد، ایران

<https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86688.1177>

گندم، به‌عنوان یکی از منابع مهم غذایی بشر همواره تحت تأثیر تنش‌های محیطی بوده و در این میان آفات، خسارت بسیاری به غلات و به‌ویژه گندم و جو وارد می‌کنند (Iranipour et al., 2010; Mutlu et al., 2014; Sharma et al., 2017). خسارت ناشی از آفات کشاورزی در مقیاس جهانی را در حدود ۲۰-۱۸ درصد برابر با ارزش ۴۷۰ میلیارد دلار در سال اعلام نمودند. میزان این خسارت در کشور ایران معادل با ۴۰ درصد گزارش شده است (Najafi et al., 2012). به‌همین جهت ضروری است که عوامل کاهنده عملکرد گندم در راستای انتخاب مدیریت زراعی مناسب چون ارقام و لاین‌های مقاوم به‌منظور کنترل آفت و جلوگیری از توسعه خسارت به کشاورزان شناسایی و معرفی گردند.

سن گندم (*Eurygaster integriceps*) که معمولاً به‌عنوان آفت مزارع غلات شناخته می‌شود، گونه‌ای از حشرات متعلق به راسته نیم بالان (Hemiptera) و خانواده Scutelleridae می‌باشد. سن گندم در غرب و آسیای مرکزی، خاورمیانه، اروپای شرقی و شمال آفریقا مهم‌ترین آفت گندم محسوب شده (Critchley, 1998; El Bouhssini et al., 2013) و آستانه اقتصادی خسارت آن بستگی به عوامل متعددی چون مرحله رشدی گیاه، مقاومت رقم، تاریخ آلودگی و غیره دارد (Ghanadha & Aeeneh, 2003). این حشره در بسیاری از نواحی ایران (Iranipour et al., 2010; Najafi et al., 2012) و کشورهای مختلف چون ترکیه (Mutlu et al., 2014) به‌عنوان عامل کاهنده عملکرد محسوب شده و شایان ذکر است که به‌صورت کمی و کیفی به گندم خسارت قابل توجهی وارد می‌کند (Davari & Bruce, 2018). این آفت اندام‌های مختلفی از غلات مانند جوانه‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و دانه‌ها را تغذیه و درجات مختلفی از آسیب را ایجاد می‌نماید (Alizadeh et al., 2010; Dizlek & Ozer, 2017); به‌طوری‌که در برخی مناطق کاهش ۱۰۰ درصدی عملکرد در شرایط آلودگی شدید گزارش شده است (Alizadeh et al., 2010). بر این اساس، شیخ و راهبی (Sheikh & Rahbi, 1996) آستانه خسارت اقتصادی^۱ آفت سن در شرایط اقلیمی سوریه را ۱۰-۵ پوره در مرحله گلدهی و ۶-۵ پوره در مرحله بعد از گلدهی گندم گزارش نمودند. البته نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که شرایط اقلیمی، واریته، خصوصیات زراعی و تنوع گیاهی نیز سطح این آستانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mutlu et al., 2014).

سالانه بیش از ۱۵ میلیون هکتار از اراضی گندم در جهان، تحت تأثیر آلودگی سن قرار می‌گیرند (Salehi et al., 2017). دامنه خسارت کمی و کیفی سن طی مراحل مختلف پوره و حشره کامل نسل جدید (NGAs)^۲ بین پنج تا ۹۵ درصد گزارش شده است (Ghanadha & Aeeneh, 2003) در پژوهشی روی ارزیابی مقاومت

مولتو و همکاران (Rajabi, 2000). مولتو و همکاران (Mutlu et al., 2014) دامنه افت عملکرد جو تحت تأثیر تغذیه حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده (OWAs)^۳ و خسارت دانه تحت تأثیر تغذیه پوره و حشرات کامل نسل جدید آفت سن را به‌ترتیب ۸۹/۱ تا ۱۴۵/۳ گرم بر متر مربع گزارش نمودند. این محققان همچنین دامنه افت عملکرد دانه گندم و جو تحت تأثیر این آفت در ترکیه را به‌ترتیب ۹۰-۵۰ و ۳۰-۲۰ درصد گزارش نمودند. آرمسترانگ و همکاران (Armstrong et al., 2019) و همچنین باساتی و همکاران (Basati et al., 2018) طی مطالعاتی جداگانه میزان خسارت آفت سن را در گندم با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز دور^۴ ارزیابی نمودند. این محققان همگی تأکید کردند که این آفت علاوه بر افت عملکرد، محتوی گلوتن دانه را نیز به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد. البته از کان (Ozkan, 2009) بیان داشت که دامنه کاهش عملکرد دانه گندم تحت تأثیر خسارت سن، علاوه بر موارد ذکر شده، بسته به شرایط اقلیمی منطقه و همچنین مدیریت زراعی متفاوت می‌باشد.

مبارزه شیمیایی با آفت سن علاوه بر پرهزینه بودن، برای سلامت انسان و محیط‌زیست خطرناک بوده و نیز برای شکارگرهای طبیعی عوارض جانبی منفی به همراه دارد (Krupnov, 2012). بنابراین، به‌کارگیری روش‌های جایگزین برای کنترل این آفت ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا، یکی از روش‌های مناسب برای کاهش جمعیت و خسارت سن، شناسایی و بهره‌گیری از لاین‌ها و ارقام مقاوم است (Sanaey & Najafi-Mirak, 2012). از جمله این مزایای متعدد می‌توان به ارقام مقاوم مانند عدم تأثیر منفی بر محیط‌زیست، قابلیت تلفیق با سایر روش‌های کنترل، به‌کارگیری آسان و کاهش هزینه‌های تولید اشاره کرد (Brain, 1998; Rezabeigi, 2000). ارقام مقاوم به این آفت، ضمن ایجاد اثرات نامطلوب بر بیولوژی آفت، نقش مؤثر و پررنگی نیز در کاهش جمعیت این آفت دارند (Rezabeigi, 2000). استفاده از ارقام مقاوم در مدیریت تلفیقی سن، علاوه بر کاهش جمعیت و خسارت این آفت، در کاهش غلظت سموم شیمیایی نیز بسیار سودمند خواهد بود (Brain, 1998).

نتایج پژوهشی روی ارزیابی مقاومت ۳۰ لاین گندم نشان داد که لاین‌های مورد بررسی از نظر وزن دانه، عملکرد دانه، درصد خسارت سن‌زدگی دانه تحت تأثیر تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده، پوره و حشرات کامل نسل جدید با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (Zamani et al., 2004). در پژوهشی دیگر، گزارش شد که رقم فلات نسبت به خسارت دانه ناشی از تغذیه پوره سن، حساس‌تر از سایر ارقام بود (Najafimirak et al., 2012). فناده‌ها و آیینه (Ghanadha & Aeeneh, 2003) در پژوهشی روی ارزیابی مقاومت

3- Overwintered adults

4- Visible and Near Infrared Spectroscopy

1- Economic threshold

2- Nymphs and new-generation adults

کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار، ۷۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به خاک اضافه شد. مساحت هر کرت آزمایشی برابر با ۱۰/۸ متر مربع (۳/۶ متر × ۳ متر) بود و در هر کرت، شش ردیف با فاصله ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. کاشت بذور با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع و با دستگاه بذرکار مخصوص غلات در نیمه آبان ماه انجام گرفت. در دو مرحله پنجه‌زنی و شروع گلدهی نیز ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با آب آبیاری استفاده شد. با توجه به نیاز گیاه، آبیاری به‌صورت جوی و پشته در پنج مرحله اصلی رشد گندم شامل جوانه‌زنی، سبز شدن، آخر پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن و سنبله‌دهی انجام شد. جهت کنترل علف‌های هرز از علف‌کش گرانستار (به میزان ۲۵ گرم در هکتار) استفاده شد.

صفات مورد ارزیابی برای خسارت سن شامل میانگین تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی‌نموده (سن مادری) (OWAs)، میانگین تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید (NGAs)، درصد خسارت سن زدگی دانه، تراکم خوشه‌های سفید بدون دانه و خسارت برگی بودند. بدین‌منظور، در اواخر اسفند ماه همزمان با ریزش حشرات کامل زمستان‌گذرانی‌نموده، شمارش برگ‌های خسارت‌دیده و میانگین تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی‌نموده با استفاده از کوادرات ۰/۵ متر × ۰/۵ متر انجام شد. بعد از گذشت یک ماه، تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید و در مرحله خوشه‌دهی، تراکم خوشه‌های سفید نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. درصد خسارت سن‌زدگی دانه با بررسی ۲۵۰ عدد دانه در هر لاین ارزیابی شد.

فاکتورهای کمی و کیفی گیاه شامل ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد گلوته و نیتروژن دانه بودند. قبل از برداشت اندازه‌گیری انجام و سپس عملیات برداشت هر کرت به‌صورت جداگانه با کمباین مخصوص غلات در دهم تیر ماه انجام شد.

محتوی گلوته دانه طبق روش ژو و همکاران (Zhao et al., 2013) اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور، ۱۰ گرم آرد گندم و ۴/۵ میلی‌لیتر محلول سدیم کلرید (۲۰ گرم در لیتر) در محفظه دستگاه اندازه‌گیری گلوته قرار داده و به‌مدت ۴۰ ثانیه مخلوط شده و خمیر به مدت سه دقیقه با محلول کلرید سدیم (۲۰ گرم در لیتر) شسته شد. گلوته به‌دست آمده در ۶۰۰۰ گرم به‌مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ قرار داده شد تا سطح هیدراتاسیون بهینه تعیین شود (Jiang et al., 2008). گلوته سانتریفوژ شده بین دو صفحه الکترود با توان ۱۰۰۰ وات قرار داده شد. ولتاژ با تنظیم فاصله صفحات الکترود روی ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ ولت تنظیم شد. در مرحله پایان انجام، دمای گلوته تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد کاهش داده شد و نمونه‌ها در خشک‌کن فریز لیوفیلیزه شدند. گلوته خشک شده به پودرهای ریز آسیاب و با استفاده از الک ۱۰۰ مشبک غربال شد (Zhang et al., 2023).

لاین‌های گندم نسبت به سن بیان نمودند که کاشت ارقام مقاوم، روشی مطمئن و مقرون به‌صرفه برای کاهش خسارت این آفت می‌باشد. بنابراین، ضرورت دارد تا در برنامه‌های به‌نژادی ارقام دارای صفات مناسب زراعی و مقاومت نسبی بالا نسبت خسارت سن، شناسایی و معرفی گردند تا بر این اساس، تنوع ژنتیکی لاین‌ها و رقم‌های مختلف از نظر مقاومت به سن بررسی شده و بتوان از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود. علاوه بر این، بررسی‌ها مؤید آن است که تغییرات اقلیمی نیز باعث توسعه دامنه توزیع این آفت شده و انتظار می‌رود این حشره در قلمروهای جدید گسترش یافته که این موضوع به واسطه آفت چشم‌گیر عملکرد، تهدید امنیت غذایی را به دنبال خواهد داشت (Emebiri et al., 2017).

شایان ذکر است که کنترل این آفت عمدتاً بر مبنای استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی صورت می‌پذیرد که این عمل همیشه رضایت‌بخش نبوده و ضمن هزینه‌بر بودن، عوارض ناشی از مصرف این سموم بر سلامت انسان، آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک، کاهش دشمنان طبیعی آفات را نیز به همراه دارد (Nasrollahi et al., 2019). بر این اساس، با توجه به گسترش و طغیان این آفت و از طرفی تأثیر تغییر عوامل اقلیمی بر بیولوژی و تشدید خسارت آن (Mondani et al., 2014)، تشخیص و به‌کارگیری روش‌های کنترل غیرشیمیایی به‌خصوص شناسایی ارقام مقاوم جهت معرفی به کشاورزان ضرورت می‌یابد. بنابراین، با توجه به موارد ذکر شده در فوق و اهمیت کشت گندم در شرق کشور، این مطالعه با هدف ارزیابی لاین‌های مقاوم معرفی شده به کشاورزان به سن جهت کاهش خسارت آن، در شرایط آب و هوایی نیشابور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان نیشابور در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بیست لاین و رقم شامل ۱۸ لاین امیدبخش بهاره گندم حاصل برنامه‌های به‌نژادی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به همراه دو رقم امین و فرین (به‌عنوان ارقام مرسوم در منطقه معتدل سرد) به‌عنوان شاهد مدنظر قرار گرفتند. شجره لاین‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، چند نمونه تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت و نمونه مرکب به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۲).

در مهر ماه ۱۴۰۱، عملیات آماده‌سازی بستر کاشت با استفاده از شخم عمیق، دیسک و لولر انجام شد. با توجه به نتایج آزمایش خصوصیات خاک (جدول ۲) و نیاز گیاه، کود پایه به میزان ۱۵۰

جدول ۱- شجره لاین‌های گندم

Table 1- Pedigree of the studied wheat lines

لاین‌ها Lines	شجره Pedigree	فصل رشد Growing season
1	امین Amin	بهاره Spring
2	فرین Farin	بهاره Spring
3	M-97-12	بهاره Spring
4	M-97-18	بهاره Spring
5	KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/3/BECARD/FRNCLN	بهاره Spring
6	OASIS/SKAUZ//4*BCN*2/3/PASTOR/4/HEILO/5/PAURAQ/6/BECARD/QUAIU #1	بهاره Spring
7	SOKOLL/WBLL1/4/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM	بهاره Spring
8	COPIO/3/ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/4/NELOKI	بهاره Spring
9	ATTILA*2/PBW65//PIHA/3/ATTILA/2*PASTOR/5/ATTILA/3*BCN*2//BAV92/3/KIRITATI/WBLL1/4/DANPHE	بهاره Spring
10	SUP152/BAJ #1/3/KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU	بهاره Spring
11	PREMIO//PI 610750/PIFED/4/VORB/FISCAL//KACHU/3/WBLL1*2/BRAMBLING	بهاره Spring
12	BORL14*2//BECARD/QUAIU #1	بهاره Spring
13	ATTILA/3*BCN*2//BAV92/3/HEILO/4/CHIBIA//PRLII/CM65531/3/MISR 2/5/TRCH/HUIRIVIS #1/6/CHIPAK	بهاره Spring
14	FRNCLN*2/TECUE #1//TRCH/HUIRIVIS #1	بهاره Spring
15	ATTILA/3*BCN*2//BAV92/3/KIRITATI/WBLL1/4/DANPHE/5/TAITA	بهاره Spring
16	KACHU/DANPHE//BORL14	بهاره Spring
17	KENYA SUNBIRD/KACHU//KIDEA	بهاره Spring
18	SWSR22T.B./2*BLOUK #1//WBLL1*2/KURUKU/3/MISR 1	بهاره Spring
19	KACHU//WBLL1*2/BRAMBLING*2/6/ROLF07*2/5/REH/HARE//2*BCN/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)//PGO/4/HUITES	بهاره Spring
20	KACHU//WBLL1*2/BRAMBLING*2/6/ROLF07*2/5/REH/HARE//2*BCN/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)//PGO/4/HUITES	بهاره Spring

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری)

Table 2- Some physical and chemical properties of the soil (0-30 cm)

بافت Texture	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	نیترژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)
شنی سیلنی Silty sand	7.9	0.93	0.029	5.8	190

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های خسارت سن، عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی لاین‌های گندم
Table 3- ANOVA (mean squares) for damage indicators of Sunn pest, yield, yield components and quality of wheat lines

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده overwintered adults	تراکم حشرات کامل Density of new-generation adults	تراکم پوره و حشرات کامل Density of nymphs and new-generation adults	تراکم حشرات کامل Percentage of grain sunn pest damage	تراکم خوشه - های سفید whitch spikess	تراکم برگ‌ریختگی Leaf damage level	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه 1000-kernel weight	درصد گلوتن Gluten content of kernel	درصد نیتروژن Nitrogen content of kernel	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	1.13 ^{ns}	1.02*	1.02*	11.45*	843*	31.62**	28.72 ^{ns}	11.20 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.46 ^{ns}
لاین‌ها Lines	19	1.05 ^{ns}	0.60**	0.60**	6.74*	245 ^{ns}	20.37**	58.44*	18.63**	1.61*	0.03*	0.66**
خطا Error	38	0.88	0.24	0.24	2.87	176	5.42	25.19	5.07	0.63	0.01	0.22

^{ns}, **, and * : non-significant and significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.
* : به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جهت اندازه‌گیری درصد دانه، مقدار ۰/۳ گرم از نمونه آسیاب شده توزین و در لوله هضم ریخته شد. سپس مقدار ۱/۱ گرم کاتالیزور مخلوط (سولفات پتاسیم + سولفات مس + پودر سلنیوم دی‌اکسید) به همراه پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه و محتویات لوله به مدت یک ساعت روی دستگاه هضم با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن محتویات لوله با آب مقطر به حجم ۵۰ رسانیده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از نمونه هضم شده با ۲۰ میلی‌لیتر سود ۱۰ نرمال در لوله و ۲۰ میلی‌لیتر محلول اسید بوریک در لوله دیگر به داخل دستگاه کج‌دال افزوده و سپس با استفاده از دستگاه تقطیر، محتوی نیتروژن تعیین شد.

بعد از بررسی نرمالیتی داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار Minitab و رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel انجام و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطوح احتمال پنج و یک درصد با یکدیگر مقایسه شدند. ارزیابی همبستگی بین صفات کمی و کیفی با استفاده روش پیرسون^۱ انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات کمی ارزیابی مقاومت، رشد و عملکرد لاین‌های گندم در برابر سن و ارزیابی صفات کیفی نشان داد که تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید، درصد خسارت سن‌زدگی دانه، سطح خسارت برگ‌ریختگی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، درصد گلوتن دانه، درصد نیتروژن دانه و عملکرد دانه لاین‌های مختلف گندم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) داشتند؛ در حالی که برای میانگین تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده و تراکم خوشه‌های سفید در واحد سطح در مقایسه بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

با توجه به تفاوت غیرمعنی‌دار تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده (جدول ۳) در مقایسه بین لاین‌های مختلف گندم، می‌توان چنین اظهار کرد که احتمالاً پراکندگی آفت در سطح مزرعه نسبتاً یکنواخت بوده و اختلاف در میزان خسارت تحت تأثیر حشرات مادری عمدتاً مربوط به تفاوت در لاین‌ها و ارقام، سرعت زادآوری و تولید پوره و حشرات کامل نسل جدید می‌باشد. البته تجربه، نشان داده است که بین تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده و سطح خسارت در مزرعه معمولاً ارتباط مستقیم وجود دارد.

در لاین‌های مختلف به‌طور معنی‌داری متفاوت بود و علت این امر به تفاوت لاین‌های مختلف و امکان انتخاب آن‌ها براساس صفات مذکور نسبت داده شد. همچنین قابل ذکر است که میزان زادآوری و تولید پوره سن در لاین‌های مختلف گندم متفاوت بود.

درصد خسارت سن زدگی دانه: مقایسه لاین‌های مختلف از نظر درصد خسارت سن زدگی دانه نشان داد که لاین‌های مختلف گندم در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین بررسی اثر لاین‌های مختلف بر درصد خسارت سن زدگی دانه نشان داد که بیشترین درصد خسارت سن زدگی دانه مربوط به رقم امین با شش درصد و کمترین مربوط به رقم فرین با ۰/۵ درصد بود. همچنین بیشترین و کمترین درصد خسارت سن زدگی دانه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). بر این اساس، مشخص است که تمایل سن برای تغذیه از لاین‌های مختلف گندم متفاوت بوده و این آفت برخی لاین‌ها را به لاین‌های دیگر ترجیح داده که در نهایت، منجر به بروز اختلاف معنی‌دار در درصد خسارت سن زدگی دانه شده است. همچنین لاین ۱۵ با کاهش ۶/۶۷ درصدی نسبت به رقم امین جایگاه دوم از نظر درصد خسارت سن زدگی دانه را به خود اختصاص داد و لاین‌های ۱۰ و ۱۹ با افزایش ۱۰۰ درصدی نسبت به رقم فرین، کمترین درصد خسارت سن زدگی دانه را داشتند (جدول ۴). بدیهی است لاین‌های مقاوم به سن، سطح خسارت کمتری داشتند که این امر می‌تواند در توصیه و معرفی لاین‌های مقاوم به کشاورزان جهت کاشت در منطقه نیشابور مدنظر قرار داده شود. براساس تجزیه و تحلیل‌ها، اندازه‌گیری‌ها و همچنین مشاهدات مزرعه‌ای، به نظر می‌رسد که درجه خسارت سن تحت تأثیر مقاومت لاین‌ها قرار گرفته و از این طریق، می‌تواند با انتخاب لاین‌های مقاوم پتانسیل رشد و تکثیر این آفت را به واسطه مدیریت زراعی به‌طور معنی‌داری به‌ویژه در شرایط اقلیمی نیشابور کاهش داد. البته با توجه به تغییرات اقلیمی طی سال‌های اخیر و افزایش درجه حرارت هوا که تشدید خسارت آفات را به دنبال داشته، مشخص است که مدیریت زراعی و انتخاب ارقام و لاین‌های متحمل می‌تواند تأثیر بسزایی در کنترل درصد و خسارت سن به‌عنوان یکی از آفات مهم مزارع غلات به همراه داشته باشد.

درصد خسارت برگی: براساس نتایج، میزان خسارت برگی در لاین‌های مختلف گندم با یکدیگر به لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). به‌طوری‌که بیشترین خسارت برگی مربوط به لاین ۱۹ (۱۱/۱۱ برگ در متر مربع) بود و کمترین میزان برای لاین ۶ (یک برگ در متر مربع) مشاهده شد. رقم امین با کاهش ۸/۰۲ درصدی نسبت به لاین ۱۹ رتبه دوم را از نظر میزان خسارت برگی به خود اختصاص داد. همچنین در لاین ۱۴ با افزایش ۳۳ درصدی نسبت به لاین ۶، کمترین خسارت برگی مشاهده

بر این اساس، جبهه و همکاران (Jabaleh et al., 2019) و قنادها و آیینه (Ghanadha & Aeeneh, 2003) مشاهده نمودند که بین لاین‌های مختلف گندم از لحاظ میانگین تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده در واحد سطح اختلاف معنی‌داری وجود دارد که این امر درجه خسارت متفاوتی را بر لاین‌های مختلف به دنبال خواهد داشت. این نتیجه همچنین می‌تواند حاکی از این موضوع باشد که مقاومت لاین‌های مختلف گندم به لحاظ ژنتیکی تحت تأثیر تراکم حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده بوده است، بدین‌مفهوم که لاین‌های مورد مطالعه به میزان متفاوتی مورد حمله حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده قرار گرفته‌اند. البته شرایط اقلیمی (چون درجه حرارت و محتوی رطوبتی)، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی نیز می‌تواند این مقاومت لاین‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. در این راستا، جبهه و همکاران (Jabaleh et al., 2019) بیان داشتند که بیشترین تعداد حشرات کامل زمستان‌گذرانی نموده در نمونه برداری ششم فروردین ماه با میانگین ۰/۹۲ حشره کامل در نیم متر مربع مشاهده شد و در سایر زمان‌های اندازه‌گیری، این میزان روند کاهشی داشت. این پژوهشگران علت این مهم را بالاتر بودن میانگین درجه حرارت هوا، میزان ابرناکی و پایین بودن درصد رطوبت نسبی در زمان نمونه برداری نسبت به سایر روزها معرفی نمودند.

میانگین تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید: مقایسه لاین‌های مختلف از نظر تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید سن نشان داد که لاین‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که بیشترین تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید برای رقم امین و لاین ۱۸ (۱/۳۳ حشره در متر مربع) و کمترین تراکم برای لاین‌های ۲، ۳، ۸، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۲۰ (بدون حشره) مشاهده شد که از لحاظ آماری بیشترین و کمترین مقدار این صفت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. لاین‌های ۱۶ و ۱۷ با کاهش ۲۴/۸۲ درصدی تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید سن نسبت به رقم امین در جایگاه دوم قرار گرفتند. همچنین، لاین‌های ۴، ۵، ۶، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۹ با افزایش ۳۳ درصدی نسبت‌های به لاین‌های بدون حضور پوره و حشرات کامل، کمترین میانگین تراکم را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). با توجه به مشاهدات مزرعه‌ای، مشخص شد که لاین‌های مختلف گندم از نظر تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید سن متفاوت بوده که این امر می‌تواند درصد خسارت سن زدگی دانه متفاوتی را در آنها ایجاد نماید. بر این اساس، به نظر می‌رسد که انتخاب و معرفی لاین‌های مناسب و مقاوم به کشاورزان می‌تواند در راستای حفظ محیط‌زیست و تولید پایدار گندم مدنظر قرار گیرد. در راستای این پژوهش، صالحی و همکاران (Salehi et al., 2017) با ارزیابی مقاومت لاین‌های گندم نسبت به سن در شرایط اقلیمی در کردستان چنین نتیجه گرفتند که تراکم پوره

ارتفاع مربوط به لاین ۲۰ (۸۳ سانتی‌متر) می‌باشد (شکل ۱). براساس نتایج این آزمایش، لاین ۵ با کاهش ۲/۷ درصدی نسبت به حداکثر مقدار این صفت در جایگاه دوم قرار گرفت و لاین ۳ با افزایش ۱/۲ درصدی نسبت به لاین ۵ کوتاه‌ترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد. بنابراین، لاین ۲۰ کوتاه‌ترین و لاین ۸ بلندترین لاین، در ارزیابی این صفت در مقایسه با شاهد و سایر لاین‌های مورد بررسی در شرایط آب و هوایی نیشابور بودند (شکل ۱). برخلاف پژوهش حاضر، جبهه و همکاران (Jabaleh et al., 2019) و نقوی و همکاران (Naghavi et al., 2002) مشاهده نمودند که لاین‌های مختلف گندم از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند. در پژوهش حاضر، دامنه تغییرات معنی‌دار برای ارتفاع گندم حاکی از یکنواختی بیشتر لاین‌ها به‌منظور برداشت مکانیزه گندم جهت معرفی به کشاورزان به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین ارتفاع بوته غلات به‌عنوان فاکتوری مؤثر در بهبود سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه به‌ویژه در شرایط وقوع تنش خشکی، معرفی شده است (Ansari et al., 2018). بنابراین می‌توان با انتخاب لاین‌هایی با ارتفاع بیشتر، عملکرد دانه را به‌ویژه در شرایط وقوع تنش‌های محیطی و زیستی افزایش داد.

شد (جدول ۴). از آنجا که آفت سن به‌منظور تغذیه از تمام اندام‌های هوایی گیاه از جمله برگ‌ها استفاده می‌کند (Sajedi, 2016) و با توجه به این موضوع که برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام فتوسنتزکننده نقش مؤثری در تعیین عملکرد گیاه دارد، لذا به‌منظور کاهش جمعیت این آفت باید لاین‌هایی را برگزید که تمایل کمتری برای تغذیه از اندام‌های هوایی داشته باشند تا در نهایت، با کاهش جمعیت این آفت میزان خسارت وارده کاهش یابد. این نتیجه حاکی از نقش مثبت لاین‌های مقاوم در کاهش خسارت برگی نسبت به رقم امین می‌باشد. در همین راستا، قنادها و آیینه (Ghanadha & Aeeneh, 2003) نیز طی مطالعه‌ای روی ارزیابی مقاومت لاین‌های گندم نسبت به آفت سن بیان داشتند که بین لاین‌های مختلف، از نظر درصد خسارت برگی، حساسیت و مقاومت تفاوت معنی‌داری مشاهده و دلیل این امر به تفاوت در صفات مورفولوژیکی لاین‌ها نسبت داده شد.

ارتفاع بوته: براساس نتایج، لاین‌های مختلف گندم از نظر ارتفاع بوته با یکدیگر به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به لاین ۸ (۹۹ سانتی‌متر) و کمترین

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های خسارت سن در لاین‌های گندم در شرایط آب و هوایی نیشابور

Table 4- Mean comparisons for damage indicators of Sunn pest for wheat lines under climatic conditions of Neyshabur

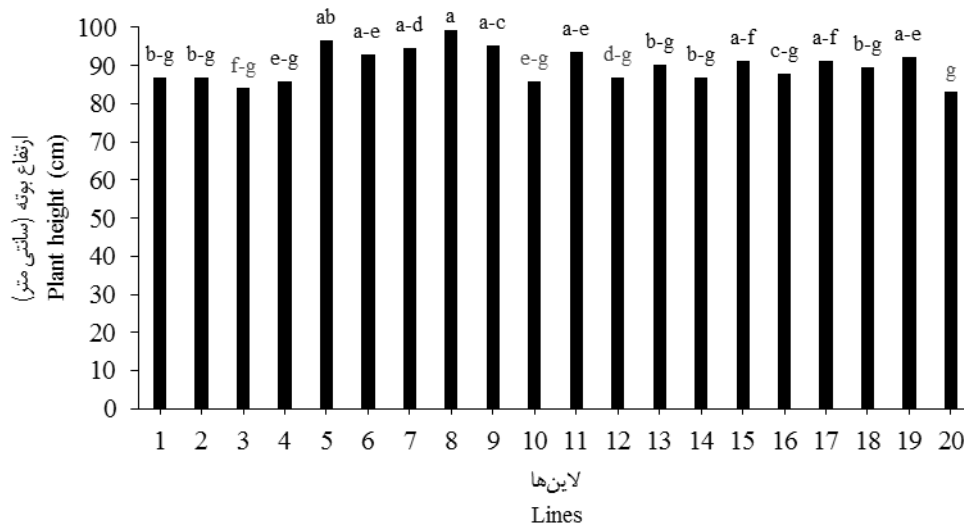
لاین‌ها Lines	تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید Density of nymphs and new-generation adults (m ²)	درصد خسارت سن زدگی دانه Percentage of grain Sunn pest damage	درصد خسارت برگی Leaf damage level
1	1.33a*	6.00a	10.23ab
2	0.00c	0.53f	0.8a-c
3	0.00c	1.60d-f	5.80c-e
4	0.33bc	2.67c-f	7.57a-d
5	0.33bc	2.40c-f	5.77c-e
6	0.33bc	2.73c-f	1.00g
7	0.6a-c	2.40c-f	5.00c-f
8	0.00c	1.33ef	6.67b-d
9	0.33bc	3.40a-e	4.43c-g
10	0.67a-c	1.07ef	4.00d-g
11	0.33bc	4.27a-d	2.23e-g
12	0.00c	3.20b-f	2.20e-g
13	0.33bc	3.73a-e	5.33c-f
14	0.00c	3.20b-f	1.77fg
15	0.00c	5.60ab	5.80c-e
16	1.00ab	3.73a-e	5.33c-f
17	1.00ab	3.20b-f	5.33c-f
18	1.33a	4.27a-d	6.67b-d
19	0.33bc	1.07ef	11.10a
20	0.00c	4.80a-c	7.13b-d

برای اطلاعات شجره لاین‌های گندم به جدول ۱ مراجعه شود.

See Table 1 for wheat lineage information.

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

*Averages with at least one same letter in each column do not have a significant difference ($p \leq 0.05$) based on the LSD test.



شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته لاین‌های گندم تحت تأثیر سن در شرایط آب و هوایی نیشابور

برای اطلاعات شجره لاین‌های گندم به جدول ۱ مراجعه شود.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 1- Mean comparison for plant height of wheat lines affected as Sunn pest under climatic conditions of Neyshabur

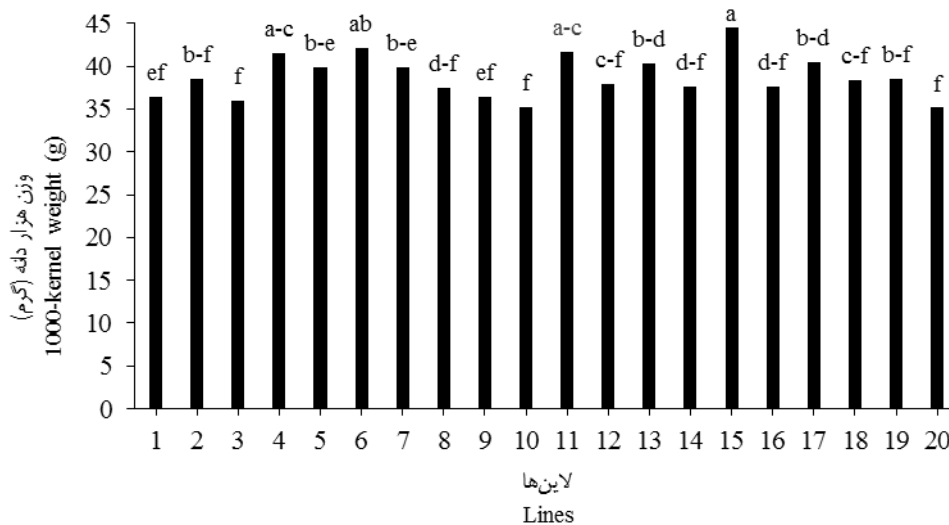
See Table 1 for wheat lineage information.

Averages with at least one same letter do not have a significant difference ($p \leq 0.05$) based on the LSD test.

2017) نیز چنین نتیجه گرفتند که بیشترین درجه خسارت آفت سن مربوط به مرحله شیری شدن می‌باشد. همچنین به نظر می‌رسد که مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه‌ها، در این مرحله رشدی به‌وسیله آفت مکیده شده که این امر سبب کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌گردد. این یافته‌ها با نتایج این پژوهش هم‌جهت بوده و به نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در بذرها خسارت دیده مربوط به آفت تولید و تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها و همچنین انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد.

درصد گلوتن دانه: محتوی گلوتن دانه لاین‌های مختلف گندم در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر معنی‌دار خسارت آفت سن قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است که بیشترین درصد گلوتن مربوط به لاین ۱۵ (۲۷/۰۵ درصد) بود و کمترین محتوی به لاین ۹ (۲۴/۲ درصد) اختصاص داشت که با یکدیگر به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵). این اختلاف معنی‌دار در لاین‌های مختلف گندم به این علت است که آفت سن به‌طور مستقیم از طریق تغذیه از بذر و یا به‌صورت غیرمستقیم تحت تأثیر تغذیه از شیر گیاهی مانع تکمیل ظرفیت مخازن زایشی (بذرها) و آفت کیفیت دانه می‌شود.

وزن هزار دانه: یکی از مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد بذر، وزن هزار دانه بوده که نشان‌دهنده محتوی مواد تجمع یافته و انتقال یافته به مخازن زایشی چون دانه است (Ghorbani et al., 2008). سایر بررسی‌ها نیز مؤید آن است که وزن هزار دانه بالا بر بهبود عملکرد مؤثر است (Nour-Mohamadi et al., 2009). ارزیابی وزن هزار دانه لاین‌های گندم نشان داد که لاین‌های مختلف به لحاظ آماری از نظر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر به طور معنی‌داری تفاوت داشتند (جدول ۳). حداکثر وزن هزار دانه مربوط به لاین ۱۵ (۴۴/۵۷ گرم) بود و حداقل میزان به لاین ۲۰ (۳۵/۱۶ گرم) اختصاص داشت. همچنین بین بیشترین و کمترین میزان این صفت به لحاظ آماری با ارقام شاهد (امین و فرین) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. کاهش ۵/۵ درصدی وزن هزار دانه در لاین ۶ نسبت به لاین ۱۵ موجب قرارگیری آن در رتبه دوم شد. همچنین لاین ۱۰ با افزایش ۰/۲ درصدی نسبت به لاین ۲۰ کمترین میزان این صفت را بعد از لاین ۱۵ به خود اختصاص داد (شکل ۲). جبه و همکاران (Jabaleh et al., 2019) در پژوهشی مشابه چنین نتیجه گرفتند که تفاوت لاین‌های مختلف از نظر وزن هزار دانه از منظر آماری معنی‌دار بوده و علت این تفاوت را حمله پوره سن در مرحله شیری شدن دانه‌ها اعلام کردند. دیزلک و اُزر (Dizlek & Ozer,)



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن هزار دانه لاین‌های گندم تحت تأثیر سن در شرایط آب و هوایی نیشابور برای اطلاعات شجره لاین‌های گندم به جدول ۱ مراجعه شود.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 2- Mean comparison for 1000- kernel weight of wheat lines affected as Sunn pest under climatic conditions of Neyshabur

See Table 1 for wheat lineage information.

Averages with at least one same letter do not have a significant difference ($p \leq 0.05$) based on the LSD test.

صفت در سطح احتمال پنج درصد از نگاه آماری اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها مشاهده شد (جدول ۳). براساس نتایج، بیشترین درصد نیتروژن مربوط به لاین ۱۵ (۲/۳۵ درصد) بود و کمترین میزان به رقم امین (۱/۹۷ درصد) اختصاص یافت. همچنین حداکثر و حداقل این صفت به لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵). لاین ۶ با کاهش ۱/۰۷ درصدی نسبت به لاین ۱۵، رتبه دوم را از نظر میزان خسارت برگی به خود اختصاص داد. همچنین در لاین ۲۰ با افزایش ۰/۲۵ درصدی محتوی نیتروژن دانه نسبت لاین ۱ کمترین محتوی نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۵).

عملکرد دانه: همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، لاین‌های مختلف گندم از لحاظ میزان عملکرد در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر به‌طور معنی‌داری اختلاف داشتند. براساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین عملکرد دانه به لاین ۶ (۶/۰۸ تن در هکتار) و کمترین میزان به رقم امین (۴/۳۱ تن در هکتار) اختصاص داشت. لاین ۱۲ با کاهش ۵/۵۴ درصدی نسبت به بیشترین مقدار این صفت در رتبه دوم قرار گرفت. همچنین قابل ذکر است که لاین ۲۰ با افزایش ۰/۴۷ درصدی نسبت به رقم امین، کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (شکل ۳). دیگر محققان (Armstrong et al., 2019; Basati et al., 2018) نیز طی مطالعه‌ای روی طیف‌سنجی خسارت سن گندم نتیجه گرفتند که این آفت عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد.

همچنین احتمال می‌رود که تفاوت در دسترسی بهتر به نیتروژن موجود در خاک تحت تأثیر تفاوت ژنتیکی بین لاین‌های مختلف موجب تفاوت در میزان تجمع پروتئین در دانه شده است. لاین ۱۴ با کاهش ۰/۵۶ درصدی نسبت به حداکثر مقدار این صفت در رتبه دوم قرار گرفت. لاین ۱ (رقم امین) نیز با افزایش ۱/۰۳ درصدی نسبت به لاین ۹ کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۵). برخی بررسی‌ها نشان داده است که کمیت پروتئین دانه گندم متأثر از فاکتورهای محیطی چون شرایط اقلیمی، خصوصیات خاک، عملیات زراعی بوده، در حالی که کیفیت آن تحت تأثیر فاکتورهایی چون خصوصیات ژنتیکی ارقام می‌باشد (Hruskova & Famera, 2003). انصاری و همکاران (Ansari et al., 2018) در پژوهشی روی ارزیابی صفات زراعی و کیفی در لاین‌های مختلف تربیتکاله بیان داشتند که میزان نیتروژن دانه، متفاوت بود و علت این امر را به صفات موفولوژیکی و ژنتیکی در لاین‌های مختلف نسبت دادند. نتایج دیگر تحقیقات (Armstrong et al., 2019; Basati et al., 2018) نیز مؤید افت محتوی گلوتن دانه گندم تحت تأثیر حمله آفت سن می‌باشد. لازم به ذکر است که این تنوع بین لاین‌ها برنامه‌ریزی هدفمندی را برای معرفی و توسعه کشت لاین‌های برتر در مناطق مختلف کشور به‌ویژه در شرایط مواجهه با تغییرات اقلیمی فراهم می‌نماید.

درصد نیتروژن دانه: محتوی نیتروژن دانه لاین‌های مختلف گندم تحت تأثیر معنی‌دار خسارت سن قرار گرفت و از لحاظ این

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی لاین‌های گندم تحت تأثیر خسارت سن در شرایط آب و هوایی نیشابور

Table 5- Mean comparisons for quality of wheat lines affected as Sunn pest under climatic conditions of Neyshabur

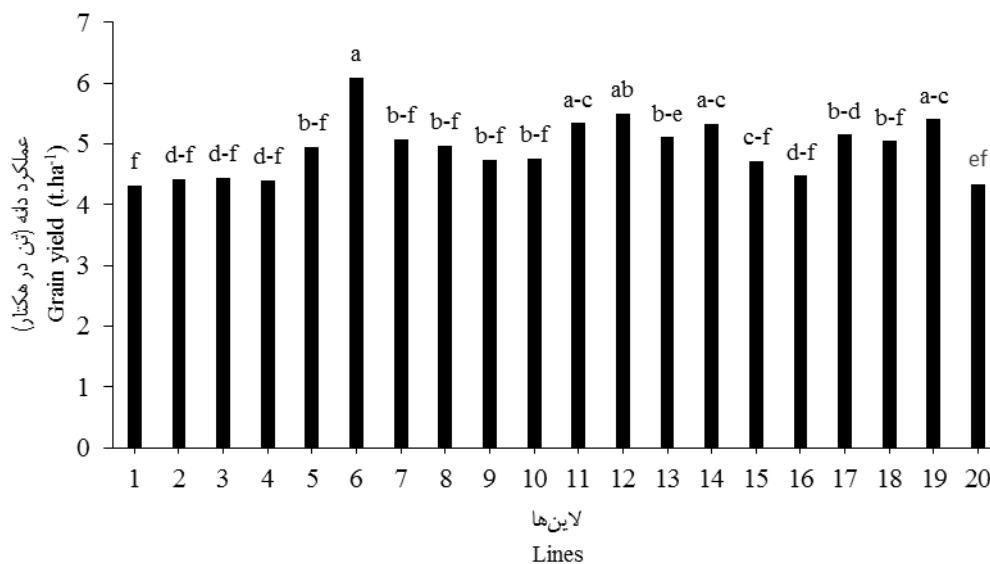
لاین‌ها Lines	درصد گلوتن دانه Gluten content of kernel (%)	درصد نیتروژن دانه Nitrogen content of kernel (%)
1	24.45ef*	1.97f
2	25.85a-f	2.19a-e
3	25.3b-f	2.03d-f
4	25.4a-f	2.04c-f
5	24.65d-f	2.06c-f
6	26.5a-c	2.35a
7	26.5a-c	2.21a-d
8	25c-f	2.02d-f
9	24.2f	1.98ef
10	24.55d-f	2.00d-f
11	26.7a-b	2.18a-f
12	26a-e	2.10b-f
13	25.65a-f	2.07c-f
14	26.9ab	2.19a-e
15	27.05a	2.35a
16	25c-f	1.98ef
17	26.7ab	2.24a-c
18	26.2a-d	2.17a-f
19	26.6a-c	2.31ab
20	25.3b-f	1.98ef

برای اطلاعات شجره لاین‌های گندم به جدول ۱ مراجعه شود.

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در هر ستون تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

See Table 1 for wheat lineage information.

*Averages with at least one same letter in each column do not have a significant difference ($p \leq 0.05$) based on the LSD test.



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌های گندم تحت تأثیر سن در شرایط آب و هوایی نیشابور

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

برای اطلاعات شجره لاین‌های گندم به جدول ۱ مراجعه شود.

Figure 3- Mean comparison for grain yield of wheat lines affected as Sunn pest under climatic conditions of Neyshabur

See Table 1 for wheat lineage information.

Averages with at least one same letter do not have a significant difference ($p \leq 0.05$) based on the LSD test.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی لاین‌های گندم در شرایط آب و هوایی نیشابور
Table 6- Correlation coefficient between the evaluated traits of wheat lines in the climatic conditions of Neyshabur

متغیرها Variables	تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید Density of nymphs and new-generation adults	تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید Density of nymphs and new-generation adults	درصد خسارت سن‌زدگی دانه Percentage of grain sunn-pest damage	خسارت برگی Leaf damage level	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه 1000-kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد گلوتن دانه Gluten content of kernel	درصد نیتروژن دانه Nitrogen content of kernel
تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید Density of nymphs and new-generation adults	1								
درصد خسارت سن‌زدگی دانه Percentage of grain sunn-pest damage	0.33 ^{NS}	1							
خسارت برگی Leaf damage level	0.24 ^{NS}	-0.04 ^{NS}	1						
ارتفاع بوته Plant height	0.32 ^{NS}	-0.13 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	1					
وزن هزار دانه 1000-kernel weight	-0.09 ^{NS}	0.21 ^{NS}	-0.20 ^{NS}	0.38 ^{NS}	1				
عملکرد دانه Grain yield	-0.10 ^{NS}	-0.13 ^{NS}	-0.57 ^{**}	0.45 [*]	0.38 ^{NS}	1			
درصد گلوتن دانه Gluten content of kernel	-0.16 ^{NS}	0.08 ^{NS}	-0.26 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.62 ^{**}	0.57 ^{**}	1		
درصد نیتروژن دانه Nitrogen content of kernel	-0.12 ^{NS}	-0.05 ^{NS}	-0.15 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.70 ^{**}	0.62 ^{**}	0.89 ^{**}	1	

^{NS}، ^{*} و ^{**} به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
NS, *, ** and *: non-significant and significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.

را جهت معرفی به کشاورزان انتخاب نمود که کمترین درصد خسارت سن‌زدگی دانه را داشته و از لحاظ صفات کمی و کیفی ارزیابی شده نسبت به سایر لاین‌ها برتر باشد.

درصد خسارت سن‌زدگی دانه با درجه خسارت برگی ($t=0/04^{ns}$)، ارتفاع بوته ($t=0/13^{ns}$)، عملکرد دانه ($t=0/13^{ns}$) و درصد نیتروژن دانه ($t=0/05^{ns}$) همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار و با وزن هزار دانه ($t=0/21^{ns}$) و درصد گلوتن دانه ($t=0/08^{ns}$) همبستگی غیرمعنی‌دار اما مثبت داشت (جدول ۶). درجه خسارت برگی با تمام صفات کمی و کیفی دانه همبستگی منفی داشت؛ به طوری که ضرایب همبستگی آن با ارتفاع بوته ($t=0/11^{ns}$)، وزن هزار دانه ($t=0/20^{ns}$)، درصد گلوتن دانه ($t=0/26^{ns}$) و درصد نیتروژن دانه ($t=0/15^{ns}$) غیرمعنی‌دار و با عملکرد دانه ($t=0/57^{**}$) معنی‌دار محاسبه گردید. بدین مفهوم که با تشدید خسارت برگی کلیه خصوصیات رشدی، ویژگی‌های کیفی و کمی دانه و به‌ویژه عملکرد دانه گندم کاهش می‌یابد. البته بایستی توجه نمود که تمایل سن برای تغذیه از لاین‌های مختلف گندم به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی متفاوت بوده است.

ارتفاع بوته با وزن هزار دانه ($t=0/38^{ns}$)، عملکرد دانه ($t=0/45^*$)، درصد گلوتن دانه ($t=0/06^{ns}$) و درصد نیتروژن دانه ($t=0/27^{ns}$) همبستگی مثبت داشت. ضرایب همبستگی بین ارتفاع بوته با وزن هزار دانه، درصد گلوتن دانه و درصد نیتروژن دانه غیرمعنی‌دار و با عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار ارتفاع بوته با عملکرد دانه، پیشنهاد می‌شود به جهت انتخاب لاین‌های مقاوم برای دستیابی به عملکرد بالا، توجه به صفت ارتفاع بوته مدنظر قرار گیرد. لذا همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر گردید، ارتفاع بوته در گندم به‌عنوان عاملی مثبت و مؤثر در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه به‌ویژه در شرایط وقوع تنش خشکی، شناخته شده است (Ansari et al., 2018)، بنابراین می‌توان با انتخاب لاین‌های دارای ارتفاع بیشتر عملکرد دانه را افزایش داد.

از دیدگاه آماری براساس نتایج حاصل، وزن هزار دانه با عملکرد دانه ($t=0/38^{ns}$) همبستگی غیرمعنی‌داری داشت. همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد دانه، درصد گلوتن دانه و درصد نیتروژن دانه مثبت تعیین گردید (جدول ۶). وزن هزار دانه با درصد نیتروژن دانه ($t=0/70^{**}$) و درصد گلوتن دانه ($t=0/62^{**}$) همبستگی مثبت داشت و در سطح احتمال یک درصد از منظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۶). عملکرد دانه با درصد گلوتن دانه ($t=0/57^*$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و با درصد نیتروژن دانه نیز ($t=0/62^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۶). بدین‌صورت، مشخص است که با افزایش عملکرد دانه، محتوی نیتروژن دانه و درصد گلوتن دانه افزایش می‌

ازکان (Ozkan, 2009) تأکید نمود که میزان خسارت سن و کاهش عملکرد دانه گندم بسته به شرایط اقلیمی و همچنین مدیریت زراعی متفاوت می‌باشد. زمانی و همکاران (Zamani et al., 2004) در پژوهشی روی ارزیابی مقاومت ۳۰ لاین گندم نسبت به آفت سن اظهار داشتند که عملکرد لاین‌ها نسبت به یکدیگر متفاوت و از لحاظ آماری معنی‌دار بود. جبلیه و همکاران (Jabaleh et al., 2019) در بررسی مقاومت ۲۰ لاین گندم به آفت سن دریافتند که عملکرد دانه در لاین‌های مختلف به‌طور معنی‌دار متفاوت است. بر این اساس، با توجه به این مطلب که گندم گیاهی خودگردانه‌افشان است، پیشنهاد می‌شود که با انتخاب لاین‌های برتر تولید در واحد سطح را بهبود بخشید. لاین‌های مورد بررسی در شرایط آب و هوایی نیشابور از نظر ارزیابی عملکرد از تنوع قابل قبولی برخوردار بودند که این موضوع بیان‌گر کارایی مطلوب برخی از این لاین‌ها برای توصیه در برنامه‌های به‌نژادی آینده و همچنین معرفی به کشاورزان منطقه نیشابور است.

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه: ضرایب همبستگی بین صفات کمی و کیفی لاین‌های گندم تحت تأثیر آفت سن در جدول ۶ نشان داده است.

همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود، تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید با درصد خسارت سن‌زدگی دانه ($t=0/33^{ns}$) و خسارت برگی ($t=0/23^{ns}$) همبستگی مثبت اما غیرمعنی‌داری داشت. بر این اساس، مشخص است که با افزایش تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید، درصد خسارت سن‌زدگی دانه و درجه خسارت برگی افزایش می‌یابد. همبستگی تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید با وزن هزار دانه ($t=0/09^{ns}$)، عملکرد دانه ($t=0/10^{ns}$)، درصد گلوتن دانه ($t=0/16^{ns}$) و درصد نیتروژن دانه ($t=0/13^{ns}$) منفی و از لحاظ آماری بی‌معنی بود. بر این اساس نیز مشخص است که با افزایش تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد گلوتن دانه و نیتروژن دانه کاهش می‌یابد (جدول ۶). با این وجود، در پژوهشی چنین نتیجه‌گیری شد که بین وزن دانه و تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید همبستگی معنی‌داری وجود ندارد (Rezabeigi et al., 2007). جالب توجه است هنگامی که دانه گندم در مرحله شیری مورد حمله آفت سن قرار می‌گیرد، مقدار زیادی از محتوی مواد فتوسنتزی توسط آن مکیده شده که این امر سبب کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه می‌شود (Kinaci & Kinaci, 2007) و این مهم با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت دارد. علاوه بر این، خسارت این آفت، افت کیفیت نانواپی را نیز موجب می‌شود (Mutlu et al., 2014). نتایج دیگر پژوهشگران (Armstrong et al., 2019; Basati et al., 2018) نیز روی طیف‌سنجی خسارت سن گندم مؤید وجود همبستگی منفی بین عملکرد دانه و محتوی گلوتن دانه با درصد خسارت سن‌زدگی دانه می‌باشد. بر این اساس، توصیه می‌شود لاینی

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش روی مقایسه مقاومت لاین‌های گندم نسبت به آفت سن در شرایط آب و هوایی نیشابور نشان داد که بین لاین‌های مختلف از نظر مقاومت به سن و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به این صورت که با مقایسه ارقام شاهد (امین و فرین) با لاین‌های مورد بررسی و نیز بررسی همبستگی صفات مورد مطالعه (چون تراکم پوره و حشرات کامل نسل جدید، درصد خسارت سن زدگی دانه، خسارت برگی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، درصد گلوتن دانه، درصد نیتروژن دانه و عملکرد دانه)، لاین ۶ با کمترین خسارت برگی، درصد گلوتن بالا و بیشترین عملکرد دانه به‌عنوان لاین متحمل به سن و رقم امین با بیشترین میزان سن‌زدگی، کمترین درصد گلوتن، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌عنوان رقم حساس به سن شناسایی شدند. رقم امین در مقایسه با فرین نسبت به خسارت آفت سن حساس‌تر بود؛ به‌طوری‌که در ارزیابی صفات مورد مطالعه حداقل مقادیر مورد بررسی را به خود اختصاص داد. به‌طور نسبی هر دو رقم شاهد نسبت به سایر لاین‌ها عملکرد دانه پایین‌تری داشتند. بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت لاین‌های مقاوم‌تر به سن، عملکرد دانه بهتری را تولید نموده که البته با توجه به تغییرات اقلیمی و تغییر واکنش آفات به نظر می‌رسد نیاز به آزمایشات تکمیلی در مناطق مختلف اقلیمی کشور می‌باشد.

یابد. مرحله پرشدن دانه از جمله حساس‌ترین مراحل رشدی گندم نسبت به وقوع تنش‌های دمایی می‌باشد. حساسیت عملکرد گندم نسبت به وقوع دماهای بالا و تنش گرمایی به تسریع در مراحل نموی و فنولوژیکی گیاه می‌انجامد که کاهش فتوسنتز و تأثیر منفی درجه حرارت‌های بالا روی مرحله زایشی گیاه را به‌دنبال دارد (Hesam Aref et al., 2019). اگرچه نتایج برای محصولات زراعی و مناطق مختلف جغرافیایی بسیار متفاوت است، ولی ژائو و همکاران (Zhao et al., 2017) نیز گزارش نمودند که به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش درجه حرارت در مناطق مختلف اقلیمی در جهان، میانگین عملکرد گندم، برنج، ذرت و سویا به‌ترتیب برابر با ۶/۰، ۳/۲، ۷/۴ و ۳/۱ درصد کاهش می‌یابد. ترکمان و همکاران (Torkaman et al., 2023) نیز افت عملکرد دانه گندم در کشور تحت تأثیر افزایش درجه حرارت را تأیید نمودند. در چنین شرایطی به نظر می‌رسد لاین‌هایی که خصوصیات کیفی مطلوب‌تری به لحاظ درصد نیتروژن دانه دارند، از نظر عملکرد دانه موفق‌تر عمل می‌نمایند. این درحالی است که با افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه و در نهایت، افزایش عملکرد در واحد سطح، محتوی گلوتن دانه کاهش می‌یابد و دانه‌های چروکیده با وزن کمتر قادرند میزان گلوتن بالاتری را در خود ذخیره نمایند.

References

- Alizadeh, M., Bandani, A.R., & Amiri, A. (2010). Evaluation of insecticide resistance and biochemical mechanism in two populations of *Eurygaster integriceps* Puton (Heteroptera: Scutelleridae). *Munis Entomology & Zoology*, 5(2), 734-74.
- Ansari, S., Mirmohammady Maibody, S.A., Arzani, A., & Golkar, P. (2018). Evaluation of different Triticale (X Triticosecale Wittmack) genotypes for agronomic and qualitative characters. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(4), 872-884. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v15i4.55994>
- Armstrong, P., Maghirang, E., & Ozulu, M. (2019). Determining damage levels in wheat caused by Sunn pest (*Eurygaster integriceps*) using visible and near-infrared spectroscopy. *Journal of Cereal Science*, 86, 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.02.003>
- Basati, Z., Jamshidi, B., Rasekh, M., & Abbaspour-Gilandeh, Y. (2018). Detection of sunn pest-damaged wheat samples using visible/near-infrared spectroscopy based on pattern recognition. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 203, 308-314. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.05.123>
- Brain, R.C. (1998). Literature review of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put (Hemiptera, Scutelleridae). *Crop Protection*, 17(4), 271-288. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00022-2)
- Critchley, B.R. (1998). Literature review of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae). *Crop Protection*, 17, 271-287. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00022-2)
- Davari, A., & Parker, B. (2018). A review of research on Sunn Pest {*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)} management published 2004-2016. *Asia-Pacific Entomology*, 21(1), 352-360. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.01.016>
- Dizlek, H., & Özer, M.S. (2017). Improvement bread characteristics of highlevel sunn pest (*Eurygaster integriceps*) damaged wheat by using transglutaminase and some additives. *Journal of Cereal Science*, 77, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.003>
- El Bouhssini, M., Ogbonnaya, F.C., Chen, M., Lhaloui, S., Rihawi, F., & 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 Resources and Crop Evolution*, 60, 621-627.
- Emebiri, L., El Bouhssini, M., Tan, M.K., & Ogbonnaya, F. (2017). Field-based screening identifies resistance to

- Sunn pest (*Eurygaster integriceps*) feeding at vegetative stage in elite wheat genotypes. *Crop & Pasture Science*, 62(2), 126-133. <https://doi.org/10.1071/CP16355>
11. Foreign Agricultural Service /USDA. 2023. World Agricultural Production. Available from <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>
 12. Ghanadha, M.R., & Ayeeneh, S. (2003). Evaluation of sunnpest resistance in wheat. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 34, 769-783. (In Persian with English abstract)
 13. Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahan, J., & Asadi, G.A. (2008). Impact of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in agroecological systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 307-311.
 14. Hesam Arefi, I., Saffari, M., & Moradi, R. (2019). Effect of different planting dates on growth attributes, grain yield and protein content of three wheat cultivars in Kerman. *Applied Research in Field Crops*, 31(4), 72-89. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/aj.2018.115369.1189>
 15. Hruskova, M., & Famera, O. (2003). Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique. *Czech Journal Food Science*, 21, 91-96.
 16. Iranipour, S., Kharazi Pakdel, A., & Radjabi, G. (2010). Life history parameters of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, held at four constant temperatures. *Insect Science*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.1673/031.010.10601>
 17. Jabaleh, I., Askari, R., & Taherian, M. (2019). Comparison of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put., resistance in barley in Neyshabour. *Applied Plant Protection*, 7(2), 61-72. (In Persian with English abstract)
 18. Jiang, B., Kontogiorgos, V., Kasapis, S., & Goff, H.D. (2008). Rheological investigation and molecular architecture of highly hydrated gluten networks at subzero temperatures. *Food Engineering*, 89(1), 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.001>
 19. Kinaci, E., & Kinaci, G. (2007). Genotypic variations in yield and quality of wheat damaged by Sunn pest (*Eurygaster* spp.). *Pakistan Journal of Botany*, 39(2), 397-403.
 20. Krupnov, V.A. (2012). Wheat breeding for resistance to Sunn pest (*Eurygaster* spp.): Does risk occur? *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 2(1), 79-84. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.001>
 21. Ministry of Agriculture-Jihad. (2022). Agricultural Statistics. Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture Jihad, available at: <https://ajkhz.ir> > main > akj1-keshvar-2020.2021. (In Persian)
 22. Mondani, F., Nassiri-Mahallati, M., & Koocheki, A. (2014). Modeling of Sunn pest damage (*Eurygaster integriceps* Put.) on winter wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield under climate change condition. *Plant Production Technology*, 14(2), 61-75. (In Persian with English abstract)
 23. Mutlu, Ç., Canhilar, R., Karaca, V., Duman, M., Gözüaçık, C., & Kan, M. (2014). Economic threshold revision of the Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae) on wheat in Southeastern Anatolia Region Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Süne (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(3), 157-169. <https://doi.org/10.16969/teb.80534>
 24. Naghavi, M.R., Shahbaz, P.A., & Taleie, A. (2002). Study of genetic variation in durum wheat germ plasm for some morphological and agronomic characteristics. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 4(2), 81-88. (In Persian with English abstract)
 25. Najafi, F. (2012). Resistance and susceptibility of some wheat lines to green aphid, *Schizaphis graminum* (R.) (Hom: Aphididae) under laboratory conditions. M.Sc. Thesis. University of Mohaghegh Ardabili Faculty, Ardabil, Iran. (In Persian with English abstract)
 26. Najafimirak, T. (2012). Evaluation of resistance to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in wheat and triticale genotypes. *Crop Breeding*, 2(1), 43-48. <https://doi.org/10.22092/cbj.2012.100416>
 27. Nasrollahi, S., Badakhshan, H., & Sadeghi, A. (2019). Analyzing Sunn pest resistance in bread wheat genotypes using phenotypic characteristics and molecular markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(3), 765-778. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00662-8>
 28. Nour-Mohamadi, G., Siadat, A., & Kashani, A. (2009). *Agronomy*, Vol. 1: Cereal crops. Shahid Chamran University Press. Iran-Ahwaz. 446 p.
 29. Ozkan, M., & Babaroğlu, N. (2009). Orta Anadolu Bölgesi'nde Avrupa Sünesi (*Eurygaster maura* L.)'nin neden olduğu ürün kayıpları ve ekonomik zarar eşiği üzerinde araştırmalar. *Tagem Yayınlanmamış Araştırma Projesi*, 59s. (In Turkish with English abstract)
 30. Rajabi, G.H. (2000). *Ecology of cereals sunn pests in Iran*. Agricultural Research, Education and Extension Organization Publication. 343 pp. Tehran, Iran. (In Persian)
 31. Rezabeigi, M. (2000). Investigation on resistance mechanism of wheat cultivars to the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put., based on HMW- glutenin subunits and measurement of starch granules in kernel endosperm. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
 32. Rezabeigi, M., Radjabi, G.H., & Nouri Ganbalani, G. (2007). The effect of starch granule size of grains endosperm on the resistance of wheat cultivars to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton). In: Parker, B.L., Skinner, M., El Bouhssini, M., Kumari, S.G. (Eds.) Sunn pest management: A decade of progress 1994-2004. The Arab Society

- for Plant Protection, Beirut, pp. 391–39.
33. Sajedi, N.A. (2016). Effect of seed priming and foliar application of selenium on physiological traits and Stink bug injury percentage of rainfed wheat Azar 2 cultivar. *Plant Ecophysiology*, 10(33), 200-211. (In Persian with English abstract)
 34. Salehi, M.S., Sadeghi, A., Badakhshan, H., & Maroufpoor, M. (2017). Evaluation of wheat genotypes resistance to the nymphs of sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae) in field conditions in Kurdistan province. *Plant Pest Research*, 7(4), 29-40. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22124/IPRJ.2018.2745>
 35. Sanaey, N., & Najafimirak, T. (2012). Wheat resistance to the adult insect of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 7(1), 56-60. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2012.56.60>
 36. Sharma, S., Kooner, R., & Arora, R. (2017). Insect pests and crop losses. Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture, pp. 45-66.
 37. Sheikh, K., & Rahbi, M.A. (1996). Sunn Pest and their control in the Near East. *FAO Plant Production and Protection*. Pp. 138-165.
 38. Torkaman, M., Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mahallati, M. (2023). Investigating the spatial variations of water use efficiency, and fertilizer sources for irrigated and rainfed wheat systems in different regions of Iran. *Plant Productions*, 46(2), 263-277. (In Persian with English abstract)
 39. Zamani, P., Rezabeigi, M., Gannadha, M.R., & Bozorgipour, R. (2004). A study of the relationship between resistance to sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) of different wheat genotypes and starch granules in their grain endosperm. *Iranian Journal Agricultural Sciences*, 35(1), 107-114. (In Persian with English abstract)
 40. Zhang, Y., Zhang, S., Wang, B., Wang, H., Liu, X., & Zhang, H. (2023). Effects of electrostatic field-assisted freezing on the functional properties and aggregation behavior of gluten. *Food Physics*, 1, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.foodp.2023.100004>
 41. Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciaes, P., Durand, J.L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I.A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, A.C., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z., & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(35), 9326-9331.
 42. Zhao, L., Li, L., Liu, G.O., Chen, L., Liu, X.X., Zhu, J., & Li, B. (2013). Effect of freeze-thaw cycles on the molecular weight and size distribution of gluten. *Food Research International*, 53(1), 409-416. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.013>