ارزیابی جامع کیفیت صنعتی و عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم دوروم در شرایط بهره‌برداران شهرستان دزفول

رضا کشاورزنیا [۱] ✉ | علی فیروزیان [۲]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران. رایانامه: r.keshavarznia@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

چکیده

گندم دوروم به عنوان دومین گونه مهم گندم در جهان، نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی و تولید محصولات صنعتی باکیفیت دارد. این مطالعه با هدف ارزیابی جامع چهار لاین امیدبخش گندم دوروم در مقایسه با رقم شاهد تابان در سال زراعی ۱۴۰۲–۱۴۰۳ تحت شرایط مزرعه‌ای و در دو منطقه شمس‌آباد و صفی‌آباد شهرستان دزفول انجام شد. صفات زراعی، واکنش به بیماری‌ها و شاخص‌های کیفی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد تنوع ژنتیکی قابل توجهی از نظر عملکرد و کیفیت بین لاین‌ها وجود دارد. لاین D-99-10با میانگین ۴۵۷۴ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد را داشته و ۱۱/۶ درصد نسبت به شاهد برتری نشان داد. لاین-D-99 6نیز با عملکرد ۴۴۷۶ کیلوگرم در هکتار در رده دوم قرار گرفت. در زمینه کیفیت، لاین D-400-20 بالاترین وزن هکتولیتر (۸۴ کیلوگرم بر هکتولیتر) و لاین D-99-6 کمترین درصد نقاط قهوه‌ای (۲ درصد) را داشت. لاین D-99-10 با دارا بودن بالاترین عدد رسوبی SDS (۸۷) و شاخص گلوتن (۸۹)، از کیفیت برتر گلوتن برخوردار بود. همبستگی بسیار قوی و مثبت بین عملکرد با عدد رسوبی SDS(۰/۹۲) و شاخص گلوتن (۰/۹۰) از یافته‌های کلیدی این پژوهش بود. بر این اساس، لاین D-99-10 به عنوان ژنوتیپی کامل برای معرفی به عنوان رقم جدید و لاین D-99-6 به عنوان ذخیره ژنتیکی باکیفیت توصیه می‌شوند.

کلمات کلیدی: ارزیابی مزرعه ای، عملکرد دانه، همبستگی، سمولینا، شاخص گلوتن

Comprehensive Evaluation of Agronomic Performance and Quality of Promising Durum Wheat Lines in Deployer Conditions of Dezful County

Reza Keshavarznia [1] ✉ | **Ali Firouzian**

1. Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran. Email: r.keshavarznia@areeo.ac.ir
2. Seed and Plant Improvement Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.

Comprehensive Abstract

Introduction: Durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*), as the second most important cultivated wheat species globally, plays a vital role in ensuring food security and producing high-quality industrial products such as pasta, semolina, and traditional breads. The quality of this wheat is assessed through numerous physicochemical indicators, including hectoliter weight, protein percentage, SDS sedimentation value, and gluten index. In Iran, despite a history of durum wheat cultivation in western and southwestern regions, a noticeable gap exists between potential and actual yield, as well as between the quality required by industry and the quality of existing cultivars. The objective of this study was a comprehensive and comparative evaluation of several promising durum wheat lines (including D-99-4, D-99-6, D-99-10, and D-400-20) against the common control cultivar (Taban) under field conditions in Dezful county. This assessment simultaneously investigated a complete set of important flour and semolina quality traits alongside key agronomic characteristics and response to regional diseases in order to identify superior, multipurpose genotypes for introduction as new cultivars and for improving the durum wheat production chain in the country.

Materials and Methods: This research was conducted during the 2023-2024 growing season in two regions, Shamsabad and Safiabad, in Dezful county. The experiment was carried under real farm conditions. The experimental treatments consisted of four promising durum wheat lines (D-99-4, D-99-6, D-99-10, and D-400-20) and the control cultivar Taban. Each experimental plot was 2000 square meters. Planting operations were carried out in the first half of December using a planter and the method of planting on ridges spaced 75 cm apart. During the growing season, agronomic traits including the number of spikes per square meter, number of grains per spike, thousand-kernel weight, and grain yield were measured. The response to major regional diseases, including yellow rust (*Puccinia striiformis*), leaf rust (*Puccinia triticina*), stem rust (*Puccinia graminis*), and Septoria leaf blotch (*Zymoseptoria tritici*) was also evaluated. After harvest, samples from each treatment were transferred to the laboratory for quality analysis. The measured quality traits included hectoliter weight, protein percentage, percentage of brown points and yellow berries, Zeleny sedimentation volume, SDS sedimentation value, wet gluten percentage, gluten index, and semolina yield percentage.

Research Findings: The results of this study revealed significant genetic variation among the studied lines in terms of yield and quality. Regarding grain yield, line D-99-10, with an average yield of 4574 kg/ha, had the significantly highest yield among the treatments and showed approximately 11.6% superiority over the control cultivar Taban. This yield advantage was consistently observed in both regions, indicating the broad adaptability of this line to different environmental conditions. Line D-99-6 also ranked second with a yield of 4476 kg/ha, showing about 9.2% superiority over the control. Analysis of yield components indicated that the superiority of the top lines was mainly due to the optimal combination of yield components. Line D-99-10, possessing the highest number of spikes per square meter (296 in Shamsabad) and the highest thousand-kernel weight (51 grams), successfully achieved a desirable balance between these two key yield components. Regarding disease resistance, one of the notable findings of this research was the complete resistance of all genotypes to major fungal diseases, including yellow rust, leaf rust, stem rust, and Septoria leaf blotch. Quality analysis results showed significant differences in the quality profiles of the lines. In terms of grain physical quality, line D-400-20 had the highest hectoliter weight at 84 kg/hL. Regarding grain purity, line D-99-6, with the lowest percentage of brown points (2%) and yellow berries (1%), possessed desirable visual quality. In terms of protein and gluten quality, line D-99-10, with the highest SDS sedimentation value (87) and gluten index (89), had superior quality. Line D-99-6, with the highest protein percentage (14.5%), had high nutritional value. Regarding semolina production efficiency, line D-99-10 with 64% and line D-99-6 with 60% achieved the highest values. Interpretation of correlation relationships revealed a very strong positive correlation between yield and SDS sedimentation value (0.92) and between yield and gluten index (0.90). These results indicate that within the studied genetic material, simultaneous selection for high yield and superior gluten quality is possible. A strong negative correlation was also observed between protein and hectoliter weight (-0.84) and between yellow berries and SDS sedimentation value (-0.90).

Final Conclusion: Based on the results of this research, line D-99-10 was identified as a complete and versatile genotype, offering a desirable combination of high yield, stability, and superior industrial quality. This line is the primary candidate for introduction as a new cultivar for commercial cultivation. Line D-99-6 was also identified as a high-quality genetic resource, recommended both as a specialized cultivar for specific markets and as a valuable parent in cross-breeding programs for transferring superior quality traits. The most significant achievement of this study was demonstrating the possibility of simultaneous selection for high yield and superior quality in durum wheat, breaking the typical negative correlation between these traits. The identified promising lines have high potential to improve the durum wheat production chain and meet the needs of related processing industries in Iran.

Keywords: Field Evaluation, GrainYield, Correlation, Semolina, Gluten Index

۱. مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum L. var. durum*) به عنوان مهم‌ترین گونه تتراپلوئید کشت‌شده در جهان، نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی و توسعه محصولات صنعتی باکیفیت ایفا می‌کند (Sissons, 2016) .بر اساس آخرین گزارش‌های فائو (FAO, 2022)، سهم این گندم در تولید جهانی، پس از گندم نان، حائز اهمیت است. ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای گندم دوروم، عمدتاً ناشی از ویژگی‌های منحصر به فرد کیفی آن است که آن را به ماده اولیه‌ای اساسی و اغلب غیرقابل جایگزین در تولید فرآورده‌هایی نظیر پاستا، سمولینا، کوسکوس و انواع نان‌های سنتی در بسیاری از نقاط جهان، به‌ویژه در منطقه مدیترانه تبدیل کرده است (De Vita *et al.,* 2017).

براساس جدیدترین آمار، سطح زیر کشت گندم در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در کشور برابر ۷/۵۱ میلیون هکتار بوده که از این سطح مقدار ۳۷ درصد یعنی ۲/۸۰ میلیون هکتار به کشت گندم آبی و ۶۳ درصد یعنی میزان ۴/۷۱ میلیون هکتار به کشت گندم دیم اختصاص یافته است. میانگین تولید گندم آبی طی این سال زراعی برابر ۳۷۴۱ کیلوگرم در هکتار و برای اراضی دیم برابر ۱۳۰۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. (Anonymous, 2024). برآوردهای مرکز تحقیقات بین المللی گندم و ذرت (CYMMYT) حاکی از آن است که میزان تقاضای جهانی گندم در سال ۲۰۵۰ به میزان ۶۰ درصد بیش از سطح فعلی تقاضا (حدود ۶۶۳ میلیون تن) افزایش خواهد یافت و این در حالی است که میزان منابع در دسترس تولید گندم ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. برآوردها حاکی از کسری ۲۶۰ میلیون تنی در عرضه گندم در بازارهای جهانی در سال ۲۰۵۰ می‌باشد(Keshavarznia *et al.* 2023).

کیفیت گندم دوروم یک مفهوم چندبعدی است و توسط شاخص‌های متعدد فیزیکوشیمیایی ارزیابی می‌شود. از جمله این شاخص‌های کلیدی می‌توان به وزن هکتولیتر که نشان‌دهنده چگالی و قابلیت آسیاب دانه است، درصد پروتئین که نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزش غذایی و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر دارد، و تست‌های رسوبی شامل حجم رسوب زلنی و عدد رسوبی SDS اشاره کرد. این تست‌ها به طور گسترده‌ای به عنوان معیارهای سریع و قابل اعتماد برای ارزیابی کیفیت پروتئین و قدرت گلوتن در برنامه‌های غربالگری اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ames *et al.,* 1999). علاوه بر این، ویژگی‌های کمی و کیفی گلوتن، از قبیل درصد گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن، از پارامترهای تعیین‌کننده در کیفیت نهایی محصول به شمار می‌روند. شاخص گلوتن به طور خاص، معیاری دقیق برای سنجش تعادل بین الاستیسیته و کشش شبکه گلوتن ارائه می‌دهد که برای دستیابی به بافت مطلوب در محصولاتی مانند پاستا ضروری است (Peña, 2002). از سوی دیگر، عیوب دانه مانند دانه‌های زرد و نقاط قهوه‌ای نیز می‌توانند بر کیفیت سمولینا و درجه بازارپسندی محصول تأثیر منفی بگذارند. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که اگر مقدار عدد زلنی بیش از ۲۶ میلی‌لیتر باشد، آرد از کیفیت نانوایی بسیار خوبی برخوردار است، در حالی که از گندم با عدد زلنی کمتر از ۱۵ نمی‌توان آرد مناسبی تهیه کرد (Bahrami & Shahedi, 2004; Salehifar *et al.,* 2010; Barak *et al.,* 2013).

در کنار کیفیت، عملکرد دانه و پایداری زراعی از فاکتورهای اقتصادی اصلی در پذیرش یک رقم جدید توسط کشاورزان محسوب می‌شوند. عملکرد نهایی تابعی پیچیده از اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه است (Giuliani *et al.,* 2021). یک رقم مطلوب باید قادر به ترکیب بهینه این اجزا در شرایط محیطی مختلف باشد. همچنین، با توجه به شیوع بیماری‌های قارچی مخرب در بسیاری از مناطق گندم‌خیز جهان از جمله ایران، مقاومت به بیماری‌ها به یک اولویت در برنامه‌های به‌نژادی تبدیل شده است. بیماری‌هایی مانند زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و زنگ ساقه، همچنین لکه برگی سپتوریایی، در صورت فراهم بودن شرایط مساعد جوی، می‌توانند خسارات کمی و کیفی جبران‌ناپذیری را وارد کنند (Singh *et al.,* 2016). بنابراین، ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های جدید به این بیماری‌ها گامی ضروری در فرآیند معرفی ارقام است.

در ایران اگرچه کشت گندم دوروم به‌ویژه در مناطق غربی و جنوب غربی از سابقه طولانی برخوردار است، اما شکاف محسوسی بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی، و همچنین بین کیفیت مورد نیاز صنعت و کیفیت ارقام موجود مشاهده می‌شود (Moghaddam *et al.,* 2021; Ghodoosi *et al.,* 2021; Mohammadi & Razavi, 2020). از این رو، برنامه‌های به‌نژادی با هدف توسعه ارقامی که هم‌زمان از عملکرد بالا، پایداری مطلوب و کیفیت برتر برخوردار باشند، از اهمیت راهبردی برخوردارند (Alizadeh *et al.,* 2022; Safari

& Mousavi, 2019). در این راستا، انجام آزمایش‌های تحقیقی–ترویجی در شرایط واقعی مزرعه به عنوان کاربردی‌ترین مرحله قبل از معرفی رقم، امکان سنجش عینی پتانسیل لاین‌های امیدبخش را تحت مدیریت کشاورزان و شرایط محیطی واقعی فراهم می‌کند. بر این اساس، هدف اصلی از این مطالعه، ارزیابی جامع و مقایسه‌ای چند لاین امیدبخش گندم دوروم شامل D-99-4، D-99-6، D-99-10 و D-400-20 با رقم شاهد متداول (تابان) در شرایط مزرعه‌ای شهرستان دزفول بود. این لاین ها در ابتدا در آزمایش مقدماتی عملکرد سال ۱۳۹۷ به مدت یکسال (PRDYT1397)[1]، در آزمایش پیشرفته مقایسه عملکرد سال ۱۳۹۸ به مدت یکسال (ARDYT1398)[2] و در آزمایش مقایسه عملکرد یکنواخت سراسری به مدت دوسال (ERDYT1399)[3] به عنوان لاین‌های برتر و کاندید معرفی رقم شناسایی شدند. در این ارزیابی، مجموعه کاملی از صفات مهم کیفی آرد و سمولینا همراه با ویژگی‌های زراعی کلیدی به طور همزمان مورد بررسی قرار گرفت تا برترین ژنوتیپ‌ها برای معرفی به عنوان ارقام جدید و بهبود بخشیدن به زنجیره تولید گندم دوروم در کشور شناسایی شوند.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. محل و زمان اجرای آزمایش

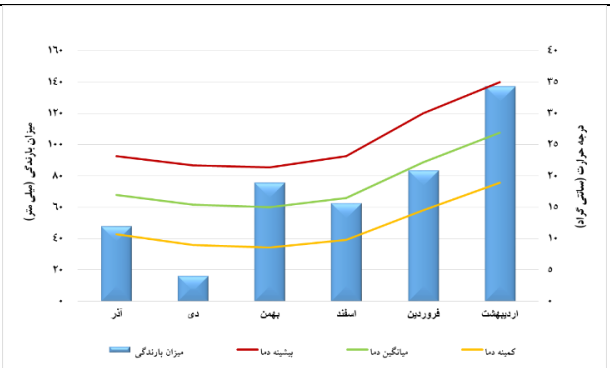
این پژوهش به صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۲–۱۴۰۳ در دو منطقه شمس‌آباد و صفی‌آباد واقع در شهرستان دزفول در استان خوزستان اجرا شد. هدف از انتخاب این دو منطقه، ارزیابی خصوصیات عملکردی این لاین ها در شرایط مدیریتی متفاوت بهره‌برداران در شمال استان خوزستان بود.

۲-۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع و آب و هوای منطقه

پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری از هر دو منطقه جمع‌آوری و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱، خلاصه شده است. این داده‌ها نشان می‌دهند که شرایط خاک هر دو منطقه برای کشت گندم دوروم مناسب بوده است. همچنین ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه هواشناسی صفی آباد دزفول به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به هر دو مزرعه اجرای آزمایش در شکل ۱، آمده است. منطقه صفی آباد در قسمت جنوبی شهرستان دزفول با طول جغرافیای ۴۸/۴۲ و عرض جغرافیای ۳۲/۲۶ درجه و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا قرار دارد. همچنین منطقه شمس آباد با ارتفاع ۹۵ متر از سطح دریا و در طول جغرافیایی ۴۲/۴۳ و عرض جغرافیایی ۳۲/۲۹ درجه در شهرستان دزفول قرار گرفته است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دو منطقه اجرای آزمایش

نام منطقه	شوری (ds/m)	پی اچ	ماده آلی (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	ازت کل (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
شمس آباد	۱/۳	۷/۷	۰/۷۵	۱۴/۵	۱۱۲/۰	۰/۱۲	۵۰	۲۵	۲۵
صفی آباد	۳/۰	۷/۵۶	۰/۵۵	۱۰/۵	۱۵۹/۰	۰/۱۲	۳۶	۴۷	۱۷



شکل ۱. مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گندم طی سال زراعی ۱۴۰۳–۱۴۰۲

[1] Study of the quantitative and qualitative traits of durum wheat lines in uniform preliminary yield trials (PRDYT-1397)
[2] Study of quantitative and qualitative traits of advanced durum wheat lines in yield trials (ARDYT-1398)
[3] Study of yield stability and adaptation of spring durum wheat promising lines in elite regional yield trials (ERDYT-1399)

۲-۳. تیمارهای آزمایش و عملیات کاشت و داشت

تیمارهای آزمایش شامل چهار لاین امیدبخش گندم دوروم D-99-4، D-99-6، D-99-10 و D-400-20 و رقم شاهد تابان بودند. شجره ۴ لاین امیدبخش مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ آمده است هر کرت آزمایشی به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در نیمه اول آذرماه با استفاده از خطی‌کار برزگر همدان و به روش کشت سه خط روی پشته‌های به فاصله ۷۵ سانتیمتر انجام گرفت. تراکم بذر بر اساس ۴۵۰ دانه در متر مربع برای هر کرت محاسبه و تنظیم شد. کلیه عملیات زراعی اعم از آبیاری، مدیریت علف‌های هرز و کنترل آفات بر اساس توصیه‌های پژوهشی رایج برای منطقه و به صورت یکنواخت در تمامی کرت‌ها انجام پذیرفت.

جدول۲. شجره ۴ لاین امیدبخش مورد استفاده در این پژوهش

لاین	شجره
D-99-4	GERUFTEL-1//GUAYACAN INIA/2*SNITAN
D-99-6	ALTAR84/BINTEPE85/3/STOT//ALTAR84/ALD/4/POD_11/YAZI_1/5/VANRRIKSE_12/SNITAN/6/SOOTY_9/RASCON_37 //WODUCK/CHAM_3/10/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLATA_12/5/STOT//ALTAR 84/ALD/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79
D-99-10	SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/3/GUANAY/5/NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN _18/FOCHA_1//AIRON_1/6/PLATA_6/GREEN_17/3/CHEN/AUK//BISU*2/5/PLATA_3//CREX/ALLA/3/SOMBRA_20/4/ SILVER_14/MOEWE
D-400-20	TOPDY_21/RASCON_33 // Hcn-12

۲-٤. صفات اندازه‌گیری شده

صفات زراعی: در زمان رسیدگی کامل و قبل از برداشت تعداد پنج نمونه یک متر مربعی از هر لاین مورد بررسی جهت اندازه‌گیری صفات تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم) و عملکرد دانه نهایی (کیلوگرم در هکتار) گرفته شد.

صفات کیفی: پس از برداشت، از هر لاین یک نمونه ۲ کیلوگرمی جهت بررسی خصوصیات کیفی دانه گرفته شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن هکتولیتر (Hectoliter Weight)، درصد پروتئین (Protein Content)، درصد نقاط قهوه‌ای (Brown Point) و دانه‌های زرد (Yellow Berry)، حجم رسوب زلنی (Zeleny Sedimentation)، عدد رسوبی (SDS-Sedimentation)، درصد گلوتن مرطوب (Wet Gluten)، شاخص گلوتن (Gluten Index) و درصد سمولینا (Semolina Yield) بودند. روش‌های سنجش این صفات بر اساس استانداردهای بین‌المللی و دستورالعمل‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام گرفت.

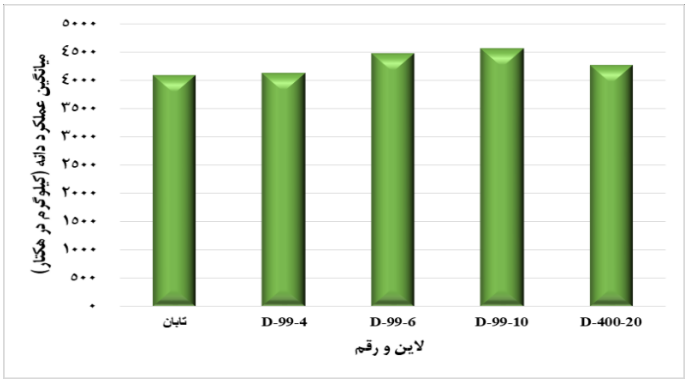
آنالیز آماری: جهت بررسی آماری و مقایسه میانگین صفات زراعی از هر لاین و رقم مورد بررسی در هر مزرعه، تعداد ۵ نمونه تصادفی یک متر مربعی گرفته و مقایسات میانگین براساس آزمون T با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت. همچنین همبستگی مهمترین صفات زراعی با صفات بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده با استفاده از همین نرم افزار انجام شد. رسم شکل ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. عملکرد، اجزای عملکرد

نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع ژنتیکی قابل توجهی بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد و اجزای عملکرد وجود دارد. بر اساس داده‌های شکل ۲، لاین D-99-10 با میانگین عملکرد ۴۵۷۴ کیلوگرم در هکتار در دو منطقه اجرای آزمایش، بالاترین عملکرد را در بین تیمارها داشته و نسبت به شاهد تابان حدود ۱۱/۶ درصد برتری نشان می‌دهد. این برتری عملکردی در هر دو منطقه به صورت پایدار مشاهده شد که نشان‌دهنده سازگاری گسترده این لاین با شرایط محیطی متفاوت است. لاین D-99-6 نیز با عملکرد ۴۴۷۶ کیلوگرم در هکتار در رده دوم قرار گرفت و حدود ۹/۲ درصد نسبت به شاهد برتری داشت. پایداری عملکرد این لاین در شرایط

محیطی مختلف می‌تواند ناشی وجود مکانیزم‌های فیزیولوژیکی کارآمد در جذب و انتقال مواد باشد (Giuliani *et al.,* 2021; De Vita *et al.,* 2017).



شکل ۲. میانگین عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم دوروم و رقم شاهد در دو منطقه اجرای آزمایش

نتایج مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد و میزان خوابیدگی لاین های مورد بررسی در این پژوهش در دو منطقه اجرای آزمایش در جداول ۳ و ۴ نشان می‌دهد که برتری لاین‌های برتر عمدتاً ناشی از ترکیب بهینه اجزای عملکرد است. به طور کلی عملکرد لاین‌های مورد بررسی در منطقه شمس‌آباد نسبت به منطقه صفی آباد بیشتر بود، که علاوه بر کمتر بودن میزان شوری خاک در منطقه شمس‌آباد، می تواند ناشی از مدیریت بهتر مزرعه نیز باشد. لاین D-99-10 با دارا بودن بیشترین تعداد سنبله در متر مربع (۲۹۶ در شمس‌آباد) و بالاترین وزن هزار دانه (۵۱ گرم)، موفق به ایجاد تعادل مطلوبی بین این دو جزء کلیدی عملکرد شده است. این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که معمولاً بین این دو صفت همبستگی منفی وجود دارد (Rharrabti *et al.,* 2003).

جدول ۳. عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم دوروم در منطقه شمس آباد

صفات زراعی	لاین				
	تابان	D-99-4	D-99-6	D-99-10	D-400-20
تعداد سنبله در متر مربع	۲۸۱	۲۷۰	۲۸۷	۲۹۶	۲۷۹
تعداد دانه در سنبله	۴۲	۴۰	۴۲	۴۴	۴۴
وزن هزار دانه (گرم)	۴۶	۴۸	۴۸	۵۱	۴۷
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۴۱۹۲	۴۱۸۸	۴۶۱۲	۴۷۱۶	۴۳۶۸
عملکرد نسبت به شاهد (٪)	۱۰۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۳	۱۰۴
خوابیدگی ساقه (٪)	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۴. عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم دوروم در منطقه صفی آباد

صفات زراعی	لاین				
	تابان	D-99-4	D-99-6	D-99-10	D-400-20
تعداد سنبله در متر مربع	۲۶۰	۲۲۳	۲۴۸	۲۸۷	۲۶۴
تعداد دانه در سنبله	۴۷	۴۴	۴۵	۴۶	۴۶
وزن هزار دانه (گرم)	۴۶	۴۶	۴۸	۴۸	۴۷
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۴۰۰۴	۴۰۷۶	۴۳۴۰	۴۴۳۲	۴۱۷۰
عملکرد نسبت به شاهد (٪)	۱۰۰	۱۰۴	۱۱۱	۱۱۳	۱۰۶
خوابیدگی ساقه (٪)	۰	۰	۰	۰	۰

با توجه به نتایج ارائه شده در جداول ۳ و ۴ عدم مشاهده خوابیدگی بوته در هیچ یک از لاین‌ها نیز نشان‌دهنده استحکام مکانیکی مناسب ساقه در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. این ویژگی در شرایطی که کشاورزان از کودهای نیتروژنه بالا استفاده می‌کنند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Berry *et al.,* 2004). همچنین نتایج مقایسه میانگین صفات زراعی لاین‌های امیدبخش با شاهد تابان در دو منطقه اجرای آزمایش نشان داد که لاین D-98-10 در منطقه شمس آباد در تمامی صفات به جزء تعداد دانه در سنبله دارای

اختلاف معنی‌دار با شاهد تابان می‌باشد. این لاین در منطقه صفی آباد برای دو صفت تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌دار با رقم شاهد بود (جداول ۵ و ۶).

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مختلف زراعی لاین های امید بخش گندم دوروم با شاهد تابان در منطقه شمس آباد با آزمون T

		تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تابان- D-99-4	مقدار t	-۲/۹۵**	-۰/۲۳ns	۰/۳۸ns	-۰/۴۳ns
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴
تابان- D-99-6	مقدار t	۱/۸۲*	-۰/۱۱ns	۰/۳۲ns	۷/۵۲**
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴
تابان- D-99-10	مقدار t	۳/۵۴**	۰/۲۸ns	۱/۴۵**	۹/۹۵**
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴
تابان- D-400-20	مقدار t	۰/۳۲ns	۰/۲۵ns	۰/۱۲ns	۴/۸۵*
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴

ns ، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشند.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات مختلف زراعی لاین های امید بخش گندم دوروم با شاهد تابان در منطقه صفی آباد با آزمون T

		تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تابان- D-99-4	مقدار t	-۴/۳۵**	-۰/۴۳ns	۰/۱۸ns	۱/۰۳ns
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴
تابان- D-99-6	مقدار t	-۳/۰۳**	-۰/۲۳ns	۰/۳۲ns	۵/۳۵**
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴
تابان- D-99-10	مقدار t	۳/۹۴**	-۰/۱۸ns	۰/۴۲ns	۷/۸۳**
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴
تابان- D-400-20	مقدار t	۰/۵۲ns	-۰/۱۶ns	۰/۲۲ns	۳/۲۵*
	درجه ازادی	۴	۴	۴	۴

ns ، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشند.

DO NOT COPY

۳-۲. تجزیه کیفی آرد

نتایج تجزیه کیفی نشان دهنده تفاوت مشهود در پروفیل کیفی لاین‌ها می‌باشد. از نظر کیفیت فیزیکی دانه، لاین D-400-20 با وزن هکتولیتر ۸۴ kg/hL بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۵). وزن هکتولیتر به عنوان شاخصی از کیفیت آسیاب‌کنی دانه محسوب می‌شود و مقادیر بالاتر آن نشان‌دهنده کیفیت بهتر دانه است (Sissons, 2008). از نظر خلوص دانه، لاین D-99-6 با دارا بودن کمترین درصد نقاط قهوه‌ای (۲ درصد) و دانه‌های زرد (۱ درصد)، از کیفیت ظاهری مطلوبی برخوردار بود. درصد دانه‌های زرد به عنوان شاخصی از کیفیت سمولینا محسوب می‌شود و مقادیر پایین‌تر آن مطلوب‌تر است (Ficco *et al.*, 2009).

در زمینه کیفیت پروتئین و گلوتن، لاین D-99-10 با دارا بودن بالاترین عدد رسوبی SDS (۸۷) و شاخص گلوتن (۸۹)، از کیفیت برتری برخوردار بود. عدد رسوبی SDS به عنوان شاخصی از کیفیت پروتئین و قدرت گلوتن شناخته می‌شود و مقادیر بالاتر آن نشان‌دهنده کیفیت بهتر برای تولید محصولات نهایی است (Peña, 2002). شاخص گلوتن نیز به عنوان معیاری از تعادل بین الاستیسیته و کشش گلوتن محسوب می‌شود که در کیفیت پاستا نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (Sissons, 2008). لاین D-99-6 با دارا بودن بالاترین درصد پروتئین (۱۴/۵ درصد)، از ارزش غذایی بالایی برخوردار بود. درصد پروتئین به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت غذایی گندم دوروم محسوب می‌شود (Guzmán *et al.*, 2016). از نظر راندمان تولید سمولینا، لاین D-99-10 با ۶۴ درصد و لاین D-

99-6 با ۶۰ درصد، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. این شاخص از اهمیت اقتصادی بالایی برای صنایع تبدیلی برخوردار است (Sissons, 2016).

جدول ۵. شاخص‌های بیوشیمیایی ۴ لاین امید بخش گندم دوروم به همراه شاهد تابان

لاین	وزن هکتولیتر (کیلوگرم به لیتر)	درصد نقاط قهوه‌ای (٪)	درصد دانه زرد (٪)	درصد پروتئین (٪)	حجم رسوب زلنی (میلی متر)	درصد گلوتن مرطوب (٪)	شاخص گلوتن	ارتفاع رسوب SDS (میلی متر)	درصد سمولینا (٪)
D-99-4	۸۱/۶	۱۴/۰	۶/۰	۱۳/۹	۲۷	۲۹	۷۵	۸۰	۵۵
D-99-6	۸۰/۰	۲/۰	۱/۰	۱۴/۵	۱۸	۳۲	۸۱	۶۵	۶۰
D-99-10	۸۱/۲	۸/۰	۴/۰	۱۴/۰	۲۰	۲۹	۸۹	۸۷	۶۴
D-400-20	۸۴/۰	۰/۴	۳/۰	۱۱/۵	۱۵	۲۴	۷۹	۷۳	۴۳
تابان	۷۸/۱	۱/۰	۲/۰	۱۳/۴	۲۵	۲۴	۹۱	۷۳	۴۸

۳-۳. تفسیر روابط همبستگی

همبستگی بسیار قوی و مثبت بین عملکرد با عدد رسوبی SDS (۰/۹۲) و عملکرد با شاخص گلوتن (۰/۹۰) از یافته‌های برجسته این پژوهش است. این نتایج نشان می‌دهد در مجموعه ژنتیکی مورد مطالعه، امکان گزینش همزمان برای عملکرد بالا و کیفیت برتر گلوتن وجود دارد. این پدیده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که در برخی از مطالعات، بین عملکرد و کیفیت گلوتن همبستگی منفی گزارش شده است (Guzmán *et al.,* 2016). همبستگی قوی بین عدد رسوبی SDS و شاخص گلوتن (۰/۹۸) نیز تأیید کننده این موضوع است که این دو صفت مکمل یکدیگر در ارزیابی کیفیت گلوتن هستند. از طرفی همبستگی منفی قوی بین پروتئین با وزن هکتولیتر(۰/۸۴-) نشان‌دهنده وجود تضاد بین این دو صفت کیفی مهم است. این نتیجه با گزارش‌های سایر محققان مبنی بر وجود رابطه معکوس بین پروتئین دانه و وزن هکتولیتر مطابقت دارد (Rharrabti *et al.,* 2003). همبستگی منفی قوی بین دانه زرد با عدد رسوبی SDS (۰/۹۰-) و دانه زرد با شاخص گلوتن (۰/۸۴-) نشان می‌دهد که درصد بالای دانه زرد می‌تواند به عنوان شاخصی برای کیفیت پایین گلوتن در نظر گرفته شود. همچنین همبستگی منفی قوی بین عدد زلنی با وزن هکتولیتر(۰/۹۴-) و عدد زلنی با عملکرد (۰/۷۹-) نشان می‌دهد که این صفت در مجموعه ژنتیکی مورد مطالعه رفتاری متفاوت از سایر شاخص‌های کیفی دارد. این موضوع می‌تواند ناشی تفاوت در مکانیسم‌های ژنتیکی کنترل‌کننده صفت عدد زلنی در مقایسه با سایر شاخص‌های کیفی باشد (جدول ۶).

جدول ۶. روابط همبستگی بین علمکرد و مهمترین شاخص های بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده

شماره صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱	۱/۰۰								
۲	۰/۷۲**	۱/۰۰							
۳	۰/۱۵ns	-۰/۸۴**	۱/۰۰						
٤	-۰/۷۹**	-۰/۹۴**	۰/۶۱**	۱/۰۰					
٥	۰/۹۲**	۰/۵۱*	-۰/۷۴**	-۰/۸۰**	۱/۰۰				
٦	۰/۹۰**	۰/۳۱ns	-۰/۸۱**	-۰/۸۶**	۰/۹۸**	۱/۰۰			
۷	۰/۲۳ns	-۰/۷۷**	۰/۶۹**	۰/۸۸**	۰/۱۴ns	۰/۰۱ns	۱/۰۰		
۸	۰/۸۶**	۰/۶۸**	۰/۰۳ns	-۰/۷۴**	۰/۹۵**	۰/۸۹**	۰/۰۷ns	۱/۰۰	
۹	-۰/۷۴**	-۰/۲۴ns	-۰/۹۱**	-۰/۳۱ns	-۰/۹۰**	-۰/۸۴**	-۰/۵۴*	-۰/۶۵**	۱/۰۰

۱-عملکرد دانه **۲**-وزن هکتولیتر **۳**-درصد پروتئین **٤**-حجم رسوب زلنی **٥**-عدد رسوبی **٦**- شاخص گلوتن **۷**- درصد گلوتن مرطوب **۸**-وزن هزار دانه **۹**-دانه زرد

ns ، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشند.

٤. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با در نظر گرفتن کلیه صفات و الگوهای مشاهده‌شده لاین D-99-10 به عنوان یک ژنوتیپ کامل و همه‌کاره شناخته شد که ترکیبی مطلوب از عملکرد بالا، پایداری و کیفیت صنعتی برتر را ارائه می‌دهد. این لاین کاندیدای اصلی برای معرفی به عنوان رقم جدید برای

کشت در سطح تجاری است. لاین D-99-6 به عنوان یک ذخیره ژنتیکی باکیفیت شناسایی گردید. این لاین هم به عنوان یک رقم تخصصی برای بازارهای خاص و هم به عنوان والد گران‌بها در برنامه‌های دورگ‌گیری برای انتقال صفات کیفی برتر مانند پروتئین بالا و خلوص دانه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری و مساعدت مسئولین محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول جهت اجرای این طرح کمال تشکر و قدردانی را داریم. این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی به شماره ۰۲۰۹۵۵-۱۰۲-۰۱۰۳-۷۱-۳ مصوب موسسه آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد.

۵. منابع

- Alizadeh, M., Mirghafari, H., & Karimi, A. (2022). Durum wheat breeding programs in Iran: Challenges and solutions. *Journal of Plant Breeding of Crops,* 8(1), 78–94. [in Persian] DOI:20.1001.1.22286128.1399.12.35.14.9
- Ames, N. P., Clarke, J. M., Dexter, J. E., & Woods, S. M. (1999). Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and quality in durum wheat. *Cereal Chemistry,* 76(6), 878–884. DOI:https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.2.203
- Anonymous. (2024). Statistical Year Book of Agricultural Crops. 1st Volume: Filed Crops. *Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran,* 92 pp [in Persian]. https://get.agrodl.ir/statistics/field-crops/401-402.pdf
- Bahrami, S., & Shahedi, M. (2004). Effect of wheat cultivar, flour extraction, baking time and temperature on the rheological properties of dough and bread sensory properties during storage. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resource,* 27, 195–203. [in Persian] DOI: 20.1001.1.24763594.1383.8.1.16.7
- Barak, S., Mudgil, D., & Khatkar, B. S. (2013). Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties. LWT - Food Science and Technology, 51 (1), 211–217. DOI:10.1016/j.lwt.2012.09.011
- Berry, P. M., Sterling, M., Spink, J. H., Baker, C. J., Sylvester-Bradley, R., Mooney, S. J., & Ennos, A. R. (2004). Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy,* 84, 215–269. DOI:10.1016/S0065-2113(04)84005-7
- De Vita, P., Mastrangelo, A. M., Matteu, L., Mazzucotelli, E., Virzi, N., Palumbo, M., & Cattivelli, L. (2017). Genetic improvement effects on yield, stability and quality traits of durum wheat cultivars grown in Italy. *Field Crops Research,* 214, 204–213. DOI:10.1016/j.fcr.2010.06.016
- Ficco, D. B. M., Mastrangelo, A. M., Trono, D., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C., & De Simone, V. (2009). The colours of durum wheat: A review. *Crop and Pasture Science,* 65(1), 1–15. DOI:10.1071/CP13293
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *FAOSTAT statistical database*. [online] Rome: FAO. https://foodfirst.org/support/?gad_source
- Ghodoosi, A., Mohammadi, M., & Rakhshani, B. (2021). Evaluation of yield and quality of durum wheat genotypes under rainfed conditions in Kermanshah province. *Journal of Wheat Research,* 15(2), 45–60. [in Persian] DOI:10.22092/RAFHC.2016.109760
- Giuliani, M. M., Gagliardi, A., Carucci, F., & Flagella, Z. (2021). Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. *Journal of Cereal Science,* 100, 103287. DOI:10.1006/jcrs.2000.0322
- Guzmán, C., Medina-Larque, A. S., Velu, G., González-Santoyo, H., Singh, R. P., Huerta-Espino, J., & Peña, R. J. (2016). Use of wheat genetic resources to develop biofortified wheat with enhanced grain zinc and iron concentrations and desirable processing quality. *Journal of Cereal Science,* 70, 54–61. DOI:10.1016/j.jcs.2014.07.006
- Keshavarznia, R., Esmaeilzadeh Moghaddam, M., & Tabib Ghaffari, S. M. (2023). Primary evaluation and identification of superior bread wheat lines in the north of Khuzestan province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54 (4), 177-186. [in Persian] DOI: 10.22059/IJFCS.2023.360719.655011

- Moghaddam, M., Ahmadi, J., & Pour-Aboughadareh, A. (2021). Trends and prospects for durum wheat breeding in Iran. *Journal of Crop Science and Biotechnology,* 24(3), 235–247. DOI:https://doi.org/10.22059/jci.2024.359349.2814
- Mohammadi, R., & Razavi, S. M. (2020). Investigation of flour quality indicators in durum wheat cultivars cultivated in Khuzestan province. *Iranian Journal of Food Science and Technology,* 17(4), 123–135. [in Persian] DOI:10.22126/CBB.2024.11139.1083
- Peña, R. J. (2002). Durum wheat for pasta and breadmaking. In S. P. Cauvain (Ed.), *Breadmaking: Improving quality* (pp. 565–579). Woodhead Publishing. DOI:https://doi.org/10.1300/J144v05n01_02
- Rharrabti, Y., Villegas, D., Royo, C., Martos-Núñez, V., & García del Moral, L. F. (2003). Durum wheat quality in Mediterranean environments: II. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters. *Field Crops Research,* 80(2), 133–140. DOI:10.1016/S0378-4290(02)00177-6
- Safari, M., & Mousavi, S. A. (2019). Evaluation of yield stability and industrial quality of promising durum wheat lines under different environmental conditions. *Cereal Research,* 12(3), 234–250. [in Persian] DOI:10.22069/EJCP.2024.21010.2565
- Salehifar, M., Seyedin Ardabili, S. M., & Azizi, M. H. (2010). Effect of flour extraction rate on qualitative characteristics, rheological, retrogradation and staling of lavash bread. *Journal of Food Technology & Nutrition,* 7(2), 17–27. DOI:20.1001.1.16807073.2006.8.4.2.6
- Singh, R. P., Herrera-Foessel, S., Huerta-Espino, J., & Lan, C. (2016). Wheat rusts: Current status, prospects and future challenges. In R. K. Sharma (Ed.), *Achievements and challenges in wheat rust resistance breeding* (pp. 1–16). CIMMYT. DOI:10.1007/978-3-030-90673-3_8
- Sissons, M. (2008). Role of instrumental assessment of bread in cereal breeding. In C. W. Wrigley, I. L. Batey, & C. W. Wrigley (Eds.), *Gliadin and glutenin: The unique balance of wheat quality* (pp. 211–240). AACC International Press. DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00020-5
- Sissons, M. (2016). Durum wheat: Chemistry and technology. In C. W. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of food grains* (2nd ed., Vol. 2, pp. 79–88). Academic Press. DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00020-5

DO NOT COPY