

ارزیابی ارقام گندم دیم با استفاده از صفات زراعی و فیزیولوژیکی در شرایط دیم استان خراسان شمالی

زهرا تقی‌زاده طبری^۱، مظفر روستائی^{۲*}

۱- پژوهشگر پسادکتری در پروژه مشترک سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (تات) و بنیاد ملی علوم ایران (INSF).

۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

چکیده مبسوط

مقدمه: گندم به عنوان یکی از محصولات استراتژیک کشاورزی، سهم بسزایی در تأمین امنیت غذایی جهانی دارد. انتخاب مناسب سیستم خاک‌ورزی و رقم گندم، دو عامل کلیدی در بهینه‌سازی عملکرد و پایداری تولید در شرایط دیم به‌شمار می‌روند. خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ بقایای گیاهی و بهبود شرایط فیزیکی و زیستی خاک، عملکرد بهتری به‌ویژه در شرایط تنش آبی فراهم می‌کند. از سوی دیگر، واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم به شرایط متفاوت خاک‌ورزی متغیر بوده و شناسایی ارقام سازگار با سیستم‌های حفاظتی نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و پایداری تولید دارد. این مطالعه با هدف گزینش لاین‌های مناسب گندم دیم تحت شرایط خاک-ورزی حفاظتی در منطقه خراسان شمالی انجام گرفت.

روش شناسی پژوهش: این آزمایش به منظور شناسایی ارقام سازگار و تاب آور در منطقه در قالب اسپیلیت بلوک (استریپ پلات) و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در طی سال زراعی ۱۴۰۲-۰۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان انجام شد. این مطالعه شامل چهار تیمار اصلی خاک‌ورزی بود: ۱- خاک‌ورزی مرسوم (شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر، به دنبال آن دیسک زدن، مسطح کردن با لولر و کاشت با ردیف‌کار)، ۲- خاک‌ورزی حداقل بدون نگهداشت بقایا (استفاده از شخم با گاوآهن قلمی به عمق ۱۵ سانتی‌متر، مسطح کردن با غلتک و کاشت با ردیف‌کار)، ۳- خاک‌ورزی حداقل با ۳۰ درصد پوشش بقایا (شخم با گاوآهن قلمی به عمق ۱۵ سانتی‌متر و کاشت با ردیف‌کار)، و ۴- کشت مستقیم (کاشت مستقیم بذر) که در نوارهای عمودی اعمال شدند. هفت رقم گندم رایج در استان خراسان شمالی (نفیس، دهقان، صدرا، کمال، هشت‌رود، باران و واران) نیز به عنوان عامل فرعی در کرت‌های افقی ارزیابی شدند. در این پژوهش، صفات مورد بررسی شامل ویژگی‌های فیزیولوژیکی مانند سطح برگ، شاخص SPAD، و همچنین صفاتی مانند ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر اغلب صفات، به‌جز تعداد دانه در سنبله، و اثر خاک‌ورزی بر کلیه صفات، به‌جز وزن هزار دانه، معنادار بود. اگرچه کشت مستقیم موجب افزایش عملکرد زیستی و سطح برگ شد، اما کاهش شاخص برداشت و عملکرد دانه را نیز در پی داشت. رقم باران در سیستم شخم مرسوم



* نگارنده مسئول: roustaie2022@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

با عملکرد دانه ۲۰۳۲ کیلوگرم در هکتار، و ارقام دهقان و نفیس در سیستم‌های شخم حداقل و کشت مستقیم، با ۱۷۹۷ و ۱۶۹۴ کیلوگرم در هکتار، بهترین عملکرد را داشتند. همچنین، شخم حداقل همراه با بقایا در اغلب صفات نسبت به بدون بقایا برتری نشان داد. در مجموع، انتخاب ارقام با پتانسیل ژنتیکی بالا، نسبت به نوع خاک‌ورزی، نقش مؤثرتری در بهینه‌سازی عملکرد گندم دیم ایفا کرد.

کلمات کلیدی: خاک‌ورزی، رقم، عملکرد، گندم، شرایط دیم، کشت مستقیم

مقدمه

می‌مانند که این امر در حفظ رطوبت، کنترل دما و تغذیه خاک نقش بسزایی دارد. با وجود اینکه این روش هنوز در بسیاری از مناطق خشک غرب آسیا عمومی نشده است، اما سیاست‌گذاری‌های اخیر دولتی و افزایش آگاهی کشاورزان منجر به رشد تدریجی پذیرش آن شده است (Page et al., 2019; Roohi et al., 2022).

مطالعات متعدد اثر مثبت خاک‌ورزی حفاظتی را در افزایش عملکرد گندم در شرایط دیم و کم‌آبی تأیید کرده‌اند (Ogieriakhi & Woodward, 2022; Huang et al., 2022). به‌عنوان مثال، تحقیقات نشان داده‌اند که در شرایط بدون خاک‌ورزی، ذخیره آب در عمق ۳۰-۳۰ سانتی‌متر خاک برای گندم زمستانه به‌طور میانگین ۱۹ درصد بیشتر از سیستم‌های خاک‌ورزی متداول است (He et al., 2011). همچنین، استفاده از سیستم‌های حفاظتی به حفظ طولانی‌تر فتوسنتز، تأخیر در پیری برگ، و در نتیجه بهبود وزن دانه کمک می‌کند (Peng et al., 2020; Yue et al., 2022; Wang et al., 2020).

با این حال، تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد گندم در بلندمدت می‌تواند متغیر باشد. در یک مطالعه طولی مشخص شد که خاک‌ورزی حفاظتی طی سه سال نخست، عملکرد را نسبت به خاک‌ورزی متداول ۸/۷ درصد کاهش داد، اما در هفت سال بعدی موجب افزایش ۱۲/۷ درصدی عملکرد شد (Madarász et al., 2021). در اقلیم‌های سرد و معتدل سرد، کاهش عملکرد گندم در سال‌های ابتدایی اجرای خاک‌ورزی حفاظتی عمدتاً ناشی از

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از محصولات استراتژیک جهان به‌شمار می‌رود و نقشی کلیدی در امنیت غذایی جهانی ایفا می‌کند. این محصول به‌تنهایی منبع اصلی تأمین غذای حدود ۳۵ درصد از جمعیت جهان است و بیش از ۲۰ درصد از کالری مصرفی انسان‌ها را فراهم می‌سازد (Eltazarov et al., 2023). با توجه به جایگاه حساس گندم در تأمین امنیت غذایی، بهینه‌سازی سیستم‌های تولید این محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت‌های آبی و شرایط اقلیمی خشک یا نیمه‌خشک مواجه هستند.

خاک‌ورزی مرسوم گرچه بستر مناسب‌تری برای کاشت بذر، کنترل علف‌های هرز و بیماری‌های خاکزاد فراهم می‌آورد، اما دارای پیامدهای نامطلوبی نیز می‌باشد. این سیستم به‌دلیل شخم عمیق و برگرداندن مکرر خاک، موجب تخریب ساختار خاک، کاهش مواد آلی، افزایش نرخ تبخیر و در نتیجه کاهش پایداری تولید می‌شود (Afshar et al., 2022). همچنین تلفات رطوبت و افزایش فرسایش آبی و بادی در این روش، تهدیدی جدی برای پایداری محیط‌زیست به‌ویژه در مناطق خشک محسوب می‌شود (Pratibha et al., 2021; Jat et al., 2012).

در مقابل، سیستم خاک‌ورزی حفاظتی، به‌عنوان یک راهکار جایگزین سازگار با اصول کشاورزی پایدار، با هدف کاهش اختلال در خاک، حفظ بقایای گیاهی در سطح مزرعه و کاهش فرسایش توسعه یافته است (Naseri et al., 2021). در این سیستم، حداقل ۳۰ درصد از بقایای گیاهی روی سطح خاک باقی

حاضر با هدف گزینش لاین‌های مناسب گندم دیم تحت شرایط خاک‌ورزی حفاظتی بر اساس شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیکی در استان خراسان شمالی طراحی شده است. نتایج این تحقیق می‌تواند در تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم و پرمحصول برای شرایط دیم، بهبود انتخاب اصلاحی، و افزایش پذیرش سیستم‌های حفاظتی از سوی کشاورزان نقش مؤثری ایفا نماید. همچنین این نتایج، راهبردهای علمی مناسبی برای تقویت امنیت غذایی و پایداری بلندمدت در نظام‌های زراعی کشور فراهم خواهد ساخت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب استریپ پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات دیم شیروان به مدت یک سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان به اجرا درآمد. فاکتور سیستم خاک‌ورزی در ۴ سطح شامل ۱- خاک‌ورزی مرسوم (شخم توسط گاو آهن برگردان- دار تا عمق ۳۰ سانتی متر+ دیسک+ تسطیح با لولر+ کاشت با خطی کار)، ۲- کم خاک‌ورزی بدون بقایا (چیزل تا عمق ۱۵ سانتی متر + تسطیح با لولر+ کاشت با خطی کار)، ۳- کم خاک‌ورزی با حفظ ۳۰ درصد پوشش بقایا (چیزل تا عمق ۱۵ سانتی متر + کاشت با خطی کار) ۴- کشت مستقیم (کاشت بذر در خاک بدون هیچگونه عملیات شخم یا خاک‌ورزی) به عنوان کرت افقی در نظر گرفته خواهد شد. فاکتور رقم در ۷ سطح شامل ارقام رایج گندم دیم استان خراسان شمالی (نفیس، دهقان، صدرا، کمال، هشت‌رود، باران و واران) به عنوان کرت عمودی در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌های تیمارخاک‌ورزی ۲۰ × ۱۹/۸ متر مربع و ابعاد کرت‌های رقم ۲/۲ × ۲۰ متر مربع بود. همچنین فاصله بین تیمارهای خاک‌ورزی ۹ متر و فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد.

عملیات اجرایی: در این تحقیق از ادوات کشاورزی

افت موقت تهویه خاک، کاهش نرخ معدنی‌شدن مواد آلی و سردتر ماندن بستر بذر در اوایل فصل رشد است؛ عواملی که منجر به تأخیر در جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه می‌شوند. با این حال، با گذشت زمان و بهبود ساختار خاک، افزایش ماده آلی، بهبود تعادل جمعیت میکروبی و افزایش ذخیره رطوبت، شرایط خاک تدریجاً بهبود یافته و اثرات مثبت این نوع خاک‌ورزی در سال‌های بعدی نمایان می‌شود (Abbasi et al., 2022). در یک پژوهش دیگر در شمال الجزایر، بررسی سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی شامل متعارف (CT)، حداقل (MT) و بدون خاک‌ورزی (NT) نشان داد که اگرچه در سال اول تفاوت معنی داری در عملکرد مشاهده نشد، اما در سال دوم، سیستم NT عملکرد دانه را تا ۴۸ درصد نسبت به CT افزایش داد. افزایش تراکم سنبله در مترمربع از عوامل اصلی این تفاوت بود (Djouadi et al., 2021). از سوی دیگر، مطالعاتی نیز وجود دارند که نشان داده‌اند برخی شاخص‌های رشد نظیر تعداد پنجه مؤثر یا وزن هزار دانه در سیستم خاک‌ورزی مرسوم بالاتر از خاک‌ورزی حفاظتی است. این امر به ساختار فیزیکی بهتری که خاک‌ورزی ایجاد می‌کند نسبت داده می‌شود، که موجب بهبود تهویه، توسعه بهتر ریشه و در نتیجه جذب مؤثرتر آب و عناصر غذایی می‌گردد (Saini et al., 2024).

در ایران و به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک نظیر خراسان شمالی که بارندگی فصلی محدود و پراکنش نامنظمی دارد، استفاده از روش‌های حفاظتی می‌تواند راهکاری کلیدی برای بهبود پایداری تولید باشد. از آنجا که بیشتر برنامه‌های اصلاحی در کشور مبتنی بر سیستم‌های خاک‌ورزی متداول انجام گرفته‌اند، عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در شرایط حفاظتی همچنان ناشناخته است (Devkota et al., 2021). لذا نیاز به مطالعاتی که به ارزیابی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم تحت سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی بپردازند، بیش از پیش احساس می‌شود. با توجه به این ملاحظات، مطالعه

برزگر همدان برای انجام عملیات مختلف مزرعه استفاده شد. از گاوآهن برگردان با عرض کار ۷۵ سانتی متر برای شخم عمیق و آماده سازی خاک، و از لولر با عرض کار ۲۸۰ سانتی متر استفاده شد. همچنین، برای اجرای شخم حداقل، از چیزل سام آراین با ۷ شاخه و عرض کار ۲۲۰ سانتی متر بهره برداری گردید. در نهایت، برای کاشت دقیق بذر، از دستگاه بذرکار با ۱۱ شاخه و عرض کار ۲۲۵ سانتی متر استفاده شد. پیش از انجام آزمایش میزان بذر مصرفی براساس ۳۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر رقم تعیین شد. ارقام گندم در یازده خط کاشت به طول ۲۰ متر و فاصله ۲۰ سانتی متر از هم کاشته شد. قبل از کاشت براساس آزمون خاک میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۷۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل مصرف شد. آماده سازی زمین و تیمارهای آزمایش در تاریخ ۱۷ مهر ماه ۱۴۰۲ آغاز شد و کاشت با دستگاه کشت خطی کار در ۲ آبان ماه ۱۴۰۲ و کشت با دستگاه کشت مستقیم در تاریخ ۳ آبان ۱۴۰۲ انجام گرفت و برداشت مزرعه در تاریخ ۴ و ۵ مرداد ۱۴۰۳ با استفاده از کمباین انجام گرفت. در طول فصل رشد جهت کنترل آفت شته از حشره کش دیمتوات (۰/۷۵ لیتر در هکتار) و جهت کنترل علف های هرز پهن برگ و باریک برگ از اختلاط علف کش های گرانستار (۲۰ گرم در هکتار) و تاپیک (۱ لیتر در هکتار) با استفاده از سمپاش تراکتوری در مرحله اواخر پنبه زنی انجام شد.

نمونه برداری و روش های اندازه گیری صفات: برای اندازه گیری سطح برگ در مرحله ساقه رفتن، از هر تکرار مربوط به هر رقم ۵ بوته برداشت و در آزمایشگاه سطح برگ بوته ها با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل LI-3000C area meter تعیین شد. برای تعیین شاخص سبزینگی از برگ پرچم در مرحله گرده افشانی، از کلروفیل متر ژاپنی مدل SPAD-502 استفاده شد. در ادامه ابتدا به منظور حذف اثر حاشیه نیم متر از انتهای هر کرت به

عنوان اثر حاشیه حذف شد و سپس به منظور ارزیابی صفات گیاهی شامل وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک ده بوته از هر کرت به طور تصادفی نمونه برداری شد و از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم برای اندازه گیری صفات مورد نظر استفاده شد. ارتفاع بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از سطح خاک تا نوک سنبله اندازه گیری شد. برای اندازه گیری عملکرد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه، پس از رسیدگی محصول، کل هر واحد آزمایشی با کمباین مخصوص برداشت شد و در نهایت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت محاسبه شد.

تجزیه آماری: تجزیه و تحلیل داده ها برای صفات اندازه گیری شده بر اساس طرح ANOVA و مقایسه میانگین با روش حداقل معنی دار (LSD) انجام شد و همبستگی با دستور proc corr در نرم افزار SAS 9.4 انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر خاک ورزی و رقم بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گندم دیم: جدول ۱ نشان می دهد که هم خاک ورزی و هم رقم به طور قابل توجهی بر صفات فیزیولوژیکی گندم تأثیر می گذارد. خاک ورزی اثر بسیار معنی داری بر مقدار شاخص کلروفیل، سطح برگ و ارتفاع بوته ارقام داشت ($p < 0.01$). رقم به طور مشابه تأثیر قابل توجهی بر مقدار شاخص کلروفیل، سطح برگ و ارتفاع بوته ($p < 0.01$) نشان داد. اثر متقابل بین خاک ورزی و رقم برای سطح برگ معنی دار بود ($p < 0.01$)، که نشان می دهد شیوه های خاک ورزی خاص ممکن است بسته به تنوع گندم، سطح برگ را متفاوت تحت تأثیر قرار دهد.

محتوای کلروفیل (شاخص SPAD): کلروفیل به عنوان رنجدانه اصلی در فرآیند فتوسنتز، نقش حیاتی در جذب نور خورشید دارد و افزایش مقدار آن مستقیماً باعث بهبود کارایی فتوسنتز و در نتیجه

داشت، که با گزارش کانگ و همکاران (۲۰۲۳) مبنی بر کاهش فتوسنتز و عملکرد همراه بود. از منظر روش‌های خاک‌ورزی، سیستم شخم مرسوم بیشترین مقدار شاخص SPAD را نشان داد که احتمالاً ناشی از فراهم بودن شرایط مناسب‌تر برای جذب عناصر غذایی و رشد مطلوب‌تر گیاه است؛ یافته‌ای که با نتایج ون و همکاران (۲۰۲۳) نیز هم‌خوانی دارد. با این حال، باید توجه داشت که این مطالعه تنها در طی یک سال زراعی انجام شده و در چنین بازه زمانی کوتاهی، برتری سیستم خاک‌ورزی مرسوم در اقلیم سرد طبیعی به‌نظر می‌رسد، چرا که اثرات مثبت خاک‌ورزی حفاظتی معمولاً پس از چند سال (حدود سه سال) ظاهر می‌شود. بنابراین، عملکرد ضعیف‌تر تیمارهای کشت مستقیم و شخم حداقلی همراه با بقایا در این مطالعه، می‌تواند موقت بوده و تحت تأثیر کاهش دسترسی اولیه گیاه به نیتروژن باشد؛ چرا که بخشی از نیتروژن در فرایند تجزیه بقایای گیاهی توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف می‌شود (Obour et al., 2021). تحقیقات نشان داده است که بین سطح برگ و محتوای کلروفیل رابطه‌ای مثبت و معنادار وجود دارد ($r = 0.27$)؛ موضوعی که احتمالاً به دلیل توانایی بیشتر برگ‌های بزرگ‌تر در جذب نور و انجام مؤثرتر فتوسنتز است (Taghizadehtabari and Rostaei, 2025). افزون بر این، در همان تحقیق مشخص شد که محتوای کلروفیل با عملکرد دانه نیز همبستگی مثبت و بسیار معناداری دارد ($r = 0.93$ ، p)، که این موضوع اهمیت سلامت فیزیولوژیکی برگ و ظرفیت فتوسنتزی را در افزایش عملکرد محصول به‌خوبی آشکار می‌سازد (Taghizadehtabari and Rostaei, 2025).

ارتقاء عملکرد گیاه می‌شود. شاخص SPAD (Soil Plant Analysis Development) به‌صورت غیرمستقیم میزان کلروفیل موجود در برگ گیاه را اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص بر پایه جذب نور در طول موج‌های خاصی از طیف نور توسط برگ طراحی شده و هرچه عدد SPAD بیشتر باشد، معمولاً به معنای غلظت بالاتر کلروفیل در برگ است (Cao et al., 2022). مقایسه میانگین اثرات ساده رقم بر میزان کلروفیل (جدول ۲) نشان داد که رقم باران با میانگین SPAD برابر با ۵۱/۱۵ بالاترین محتوای کلروفیل را نشان داد و با ارقام واران و هشت‌رود از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت. ارقام کمال و صدرا کاهش متوسطی در SPAD داشتند و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، در حالی که دهقان و نفیس پایین‌ترین مقادیر SPAD را به ثبت رساندند و نسبت به رقم باران کاهش معنی‌داری نشان دادند. درصد کاهش شاخص SPAD نسبت به رقم باران برای ارقام واران، هشت‌رود، صدرا، کمال، دهقان و نفیس به‌ترتیب برابر با ۱/۳۸، ۲/۴۳، ۸/۴۲، ۸/۳۱، ۱۵/۴۹ و ۱۸/۲۰ درصد بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر هم‌زمان مدیریت زراعی و ویژگی‌های ژنتیکی بر ظرفیت فتوسنتزی و سلامت برگ در گندم می‌باشند. نتایج این مطالعه نشان داد که هر دو عامل مدیریت خاک‌ورزی و تنوع ژنتیکی ارقام گندم تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل دارند. در سطح ژنوتیپی، ارقام واران و کمال بیش‌ترین محتوای کلروفیل را دارا بودند که نشان‌دهنده پتانسیل بالای فتوسنتزی آن‌ها است. این یافته با مطالعه‌ای ارتباط دارد که عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2022) گزارش کردند؛ در آن پژوهش، با افزایش بقایا و بهبود تناوب زراعی، شاخص کلروفیل در برخی ارقام افزایش یافت. همچنین رقم نفیس کمترین میزان کلروفیل را

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس صفات گندم دیم در ایستگاه تحقیقاتی شیروان

Table 1. Analysis of variance in rainfed wheat at Shirvan research station

Source of variation	DF	SPAD unit شاخص کلروفیل (عدد اسپد)	Shoot height ارتفاع بوته (متر)	Leaf Area سطح برگ (سانتی متر مربع)	Grain yield عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	biological yield عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	Harvest index شاخص برداشت (درصد)	Number of seed in spike تعداد دانه در سنبله	W1000 وزن هزار دانه (گرم)	Number of spikes in area تعداد سنبله در واحد سطح
Mean Square										
Block بلوک	3	20.48 ^{ns}	41.60 ^{ns}	145495.58 ^{ns}	19497.88 ^{ns}	75714.92 ^{ns}	31.90 ^{ns}	26.50 ^{ns}	0.21 ^{ns}	79.34 ^{ns}
Tillage خاک ورزی	3	796.62 ^{**}	347.17 ^{**}	2493390.62 ^{**}	949553.23 ^{**}	373944.56 [*]	1213.4 ^{**}	447.78 ^{**}	2.24 ^{ns}	27505.58 ^{**}
Error a خطای اول	9	36.13 ^{ns}	48.92 ^{ns}	160306.53 ^{ns}	28218.73 ^{ns}	63184.44 ^{ns}	31.90 ^{ns}	31.26 ^{ns}	5.19 ^{ns}	396.70 ^{ns}
Variety رقم	6	207.21 ^{**}	191.86 ^{**}	548304.47 ^{**}	1522043.16 ^{**}	707476.11 ^{**}	1147.70 ^{**}	27.08 ^{ns}	111.07 ^{**}	2436.47 ^{**}
Error b خطای دوم	18	9.13 ^{ns}	25.75 ^{ns}	73006.60 ^{ns}	49189.13 ^{ns}	117465.00 ^{ns}	31.90 ^{ns}	13.80 ^{ns}	13.26 ^{ns}	454.65 ^{ns}
tillage*variety رقم × خاک ورزی	18	54.96 ^{ns}	45.15 ^{ns}	163070.82 [*]	50985.62 ^{ns}	102362.61 ^{ns}	50.11 ^{ns}	24.89 ^{ns}	5.73 ^{ns}	872.80 [*]
Total error کل خطای	54	35.30	30.57	83018.26	30297.78	97988.38	1782.59	21.01	9.370593	255.38
CV ضریب تغییرات		12.59	9.8	12.08	13.83	9.31	15.3	19.92	8.52	7.06

ns: non-significant., * Significant at $p \leq 0.05$., ** Significant at $p \leq 0.01$

ns، * معنی داری در سطح ۵ درصد؛ ** معنی داری در سطح ۱ درصد عدم معنی داری

جدول ۲- جدول مقایسه میانگین اثرات ساده رقم بر صفات گندم دیم

Table 2. Mean Comparison effects of Variety on Traits of Dryland Wheat

Variety رقم	Baran باران	Varan واران	Hashtrood هشتروود	Sadra صدرا	Dehgahn دهقان	Kamal کمال	Nafis نفیس
SPAD unit شاخص کلرفیل	51.15a	50.44a	49.90a	46.84b	43.23c	46.9b	41.88c
Shoot height ارتفاع بوته (متر)	55.62b	54.31b	55.25b	53.87b	56.12b	55.68b	64.06a
biological yield عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	3768.1a	3205.4c	3277.8bc	3479.9b	3363.1bc	3305.3bc	3134.6c
Grain yield عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	1583.63a	1473.76ab	1331.54b	1367.03b	844.43c	1404.64b	801.57c
W 1000 وزن هزار دانه (گرم)	38.786a	36.745ab	35.938b	34.813b	31.563c	39.077a	34.313b
Harvest index شاخص برداشت (درصد)	42.097ab	46.269a	40.856b	39.814b	24.981c	42.741ab	26.03c

Similar letters refer to not significantly different means at $\alpha=5\%$ probability level, LSD Test.

حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آزمون LSD دارند

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین اثرات ساده خاک ورزی بر صفات گندم دیم

Table 3. Mean Comparison effects of Tillage methods on Traits of Dryland Wheat

Tillage methods روش خاک ورزی	Conventional tillage (TILL) شخم مرسوم	Minimum tillage (MINT) شخم حداقل بدون بقایا	Minimum tillage with residue retention (MINR) شخم حداقل با حفظ بقایا	Zero tillage (ZEROTIL) کشت مستقیم
SPAD unit شاخص کلرفیل	53.48a	40.46c	47.03b	47.79b
Shoot height ارتفاع بوته (متر)	56.821b	54.75b	52.96b	61.14a
Number of seed in spike تعداد دانه در سنبله	27.643a	23.571b	22.893b	17.893c
biological yield عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	3283.25b	3331.83b	3300.31b	3532.73a
Grain yield عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	1515.51a	1138.06c	1265.64b	1113.14c
Harvest index شاخص برداشت (درصد)	46.31a	34.221c	38.507b	31.126c

Similar letters refer to not significantly different means at $\alpha=5\%$ probability level, LSD Test.

حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آزمون LSD دارند

معنی داری بر عملکرد بیولوژیکی ($p<0.05$) نشان داد. در مقابل، اثر متقابل بین خاک ورزی و بلوک برای هیچ یک از اجزای عملکرد معنی دار نبود، که نشان می دهد اثر خاک ورزی در بلوک های مختلف ثابت بود. رقم بر وزن هزار دانه، تعداد سنبله در سطح، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و عملکرد دانه همه در سطح یک درصد تأثیر معنی داری داشت ($p<0.01$).

اثر خاک ورزی و رقم بر عملکرد و اجزای مختلف عملکرد گندم: نتایج ارائه شده در جدول ۱ نشان می دهد که هم خاک ورزی و هم رقم به طور معنی داری بر اجزای مختلف عملکرد گندم تأثیر می گذارند. خاک ورزی بر تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و عملکرد دانه تأثیر بسیار معنی داری داشت ($p<0.01$). (علاوه بر این، خاک ورزی تأثیر

اثر متقابل بین رقم و بلوک نیز معنی‌دار نبود، که نشان می‌دهد اثرات رقم در بین بلوک‌ها پایدار است. اثر متقابل بین خاک‌ورزی و رقم فقط برای تعداد سنبله‌ها در مترمربع ($p < 0.01$) معنی‌دار بود، که نشان می‌دهد شیوه‌های خاک‌ورزی خاص ممکن است عملکرد برخی از گونه‌های گندم را افزایش دهد. **عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار):** مقایسه میانگین ارقام گندم نشان داد که رقم باران بالاترین عملکرد دانه را با $1583/63$ کیلوگرم در هکتار داشت و از سایر ارقام به طور معنی‌داری بهتر بود. نفیس با $801/57$ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشت و به طور معنی‌داری از سایر ارقام کمتر بود (جدول ۲). واران عملکردی نزدیک به باران داشت و تفاوت معنی‌داری با هشت‌رود، صدرا، کمال نداشت. در مقایسه با باران، واران $6/94\%$ ، هشت‌رود $15/90\%$ ، صدرا $13/65\%$ ، کمال $11/31\%$ ، دهقان $46/67\%$ و نفیس $49/39\%$ کاهش در عملکرد دانه نشان دادند. در این مطالعه، ارقام باران و کمال با داشتن وزن هزار دانه بالاتر ($38/7$ و 39 گرم)، به ترتیب بالاترین عملکرد دانه را داشتند. این نتایج تأیید می‌کند که وزن بیشتر دانه‌ها به طور مستقیم به افزایش عملکرد دانه کمک می‌کند. ارتفاع بوته نیز به عنوان یک شاخص مهم در تعیین عملکرد دانه مطرح است. در این مطالعه، ارقامی مانند باران و کمال که ارتفاع بوته مناسبی داشتند، توانستند زیست‌توده بیشتری تولید کرده و در نتیجه عملکرد دانه بالاتری داشته باشند. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه ارتفاع بوته به تنهایی تأثیر مستقیمی بر عملکرد دانه ندارد، اما از طریق تأثیر بر سایر صفات مانند عملکرد زیستی، به طور غیرمستقیم می‌تواند مؤثر باشد. بررسی مقایسه‌ای بین ارقام نشان داد که باران به دلیل داشتن شاخص برداشت بالا، وزن هزار دانه بیشتر و عملکرد زیستی قابل توجه، بالاترین عملکرد دانه را در این مطالعه داشت. رقم واران نیز با توجه به شاخص برداشت برتر، عملکرد دانه بالایی داشت. از سوی دیگر، ارقامی مانند نفیس و دهقان که وزن هزار

دانه و شاخص برداشت کمتری داشتند، به طور معنی‌داری عملکرد دانه کمتری را نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب ارقام مناسب با توجه به صفات کلیدی مانند شاخص برداشت، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد دانه ایفا کند. نتایج این مطالعه نشان داد که روش‌های مختلف شخم تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه گندم دارند. شخم متداول بالاترین عملکرد دانه را با $1515/51$ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های شخم بود. این افزایش عملکرد دانه را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد. شخم متداول به دلیل بهبود ساختار خاک، افزایش تهویه، و دسترسی بهتر به مواد مغذی، شرایط مطلوب‌تری را برای رشد و توسعه گیاه فراهم می‌کند. این شرایط به گیاه اجازه می‌دهد تا از منابع خاکی به طور بهینه استفاده کرده و فتوسنتز بیشتری انجام دهد، که این امر منجر به تولید بیشتر دانه می‌شود. علاوه بر این، شخم متداول معمولاً باعث کاهش رقابت بین علف‌های هرز و گیاه گندم برای منابع می‌شود، که این نیز به نوبه خود به افزایش عملکرد دانه کمک می‌کند. این یافته‌ها با مطالعاتی نظیر تحقیقاتی که توسط کومار و همکاران (Kumar et al., 2022) انجام شده، همخوانی دارد که نشان می‌دهد شخم متداول به دلیل بهبود فیزیکی خاک و افزایش دسترسی به مواد مغذی، منجر به افزایش عملکرد دانه در گندم می‌شود. در مقابل، شخم حداقل با 30% بقایا و شخم حداقل بدون بقایا به ترتیب عملکردهای دانه‌ای برابر با $1265/64$ کیلوگرم در هکتار و $1138/06$ کیلوگرم در هکتار داشتند (جدول ۳). هرچند این روش‌های شخم توانستند نسبت به کشت مستقیم عملکرد بهتری داشته باشند، اما به دلیل کاهش تهویه خاک و دسترسی کمتر به مواد مغذی، کارایی کمتری در تولید دانه نسبت به شخم متداول داشتند. این کاهش در عملکرد دانه ممکن است به دلیل تجزیه ناکامل بقایای گیاهی و کاهش دسترسی به نیتروژن در خاک

باشد، موضوعی که در مطالعه‌ای توسط شرما و همکاران (Sharma et al. 2020) نیز تأیید شده است. کشت مستقیم، که کمترین عملکرد دانه را با ۱۱۱۳/۱۴ کیلوگرم در هکتار داشت، نشان‌دهنده محدودیت‌های قابل توجه این روش در تأمین شرایط مطلوب برای رشد گیاه در سال اول است. در کشت مستقیم، عدم تجزیه کافی بقایا و تهویه ضعیف خاک می‌تواند منجر به کاهش کارایی ریشه‌زایی و در نهایت کاهش عملکرد دانه شود. این کاهش عملکرد به میزان ۲۶/۵۸٪ نسبت به شخم متداول، نشان‌دهنده چالش‌های کشت مستقیم در شرایطی است که خاک نیاز به تهویه و دسترسی بیشتر به مواد مغذی دارد. نتایج مشابهی در مطالعه‌ای که توسط ورهولست و همکاران (Verhulst et al. 2011) انجام شده، گزارش شده است، که نشان‌دهنده کاهش عملکرد دانه در کشت مستقیم به دلیل مشکلات مربوط به تهویه و مواد مغذی خاک است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تولید بیشتر زیست‌توده، با فراهم کردن مواد غذایی بیشتر برای دانه‌ها، نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد. با این حال، باید تأکید کرد که مزایای واقعی کشت مستقیم در سال‌های ابتدایی اجرای آن به‌طور کامل ظاهر نمی‌شود و مزیت‌های آن مانند افزایش ماده آلی خاک، بهبود ساختار فیزیکی و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، معمولاً پس از چند سال اجرای مداوم آشکار می‌شود. بنابراین، در ارزیابی کارایی این سیستم، باید به افق زمانی بلندمدت توجه کرد. وزن هزار دانه نیز به عنوان یکی از صفات مهم در تعیین عملکرد دانه شناخته شده است. مدل نهایی رگرسیون نشان داد که هر واحد افزایش در وزن هزار دانه، به طور معنی‌داری عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. کاهش عملکرد دانه از بهترین رقم (باران با ۱۵۸۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار) به ضعیف‌ترین رقم (نفیس با ۸۰۱/۵۷ کیلوگرم در هکتار) برابر با ۴۹/۴ درصد بود، در حالی که این کاهش در مقایسه بهترین روش خاک‌ورزی (شخم مرسوم با ۱۵۱۵/۵۱ کیلوگرم در هکتار) با ضعیف‌ترین آن (کشت مستقیم با

۱۱۱۳/۱۴ کیلوگرم در هکتار) تنها ۲۶/۵ درصد بود. این نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی ارقام تأثیر بیشتری از نوع خاک‌ورزی بر عملکرد دانه دارد و در شرایط دیم، انتخاب رقم مناسب نقش کلیدی در حفظ یا افزایش عملکرد ایفا می‌کند.

عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار): نتایج این مطالعه نشان داد که در میان ارقام مختلف گندم، عملکرد زیستی دارای تفاوت معنی‌داری بود (جدول ۱). رقم باران با ۳۷۶۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد زیستی را داشت، در حالی که رقم نفیس با ۳۱۳۵ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را نشان داد. سایر ارقام از جمله صدرا (۳۴۸۰)، هشترو (۳۶۶۰)، کمال (۳۳۰۴)، واران (۳۲۰۷) و دهقان (۳۳۶۳) کیلوگرم در هکتار) در دامنه‌ای بین این دو مقدار قرار گرفتند. به طور کلی، دامنه تغییرات عملکرد زیستی بین ارقام از ۳۱۳۵ تا ۳۷۶۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). بررسی عملکرد هر رقم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نشان داد که واکنش ارقام به شرایط مدیریتی متفاوت است. رقم باران در اغلب تیمارها، به‌ویژه در کشت مستقیم و شخم مرسوم، عملکرد بالایی از خود نشان داد که بیانگر سازگاری ژنتیکی بالای این رقم است. رقم هشترو نیز در اغلب شرایط، از جمله تیمارهای حفاظتی، عملکرد نسبتاً مناسبی داشت. در مقابل، رقم نفیس در تمامی تیمارهای خاک‌ورزی عملکرد پایینی نشان داد که می‌تواند ناشی از ضعف ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مقاومت کمتر آن در برابر تنش‌های محیطی باشد. تفاوت بین ارقام را می‌توان به ویژگی‌هایی مانند سطح برگ، ارتفاع ساقه و طول دوره رشد نسبت داد. سطح برگ بالا، توانایی جذب نور و فتوسنتز را افزایش می‌دهد و موجب تولید بیشتر زیست‌توده می‌شود. برای مثال، رقم باران که دارای سطح برگ گسترده‌تری بود، عملکرد زیستی بیشتری نیز داشت. این نتیجه با یافته‌های لی و همکاران (۲۰۲۳) یکسان بود که نشان داد که افزایش سطح برگ در گندم با افزایش ظرفیت فتوسنتزی و در نهایت تولید بیشتر

بیوماس ارتباط مستقیم دارد. افزایش سطح برگ موجب افزایش جذب نور و افزایش فعالیت فتوسنتز می‌شود، که به نوبه خود منجر به تولید بیشتر ماده خشک و بهبود عملکرد گندم می‌گردد. با این حال، در شرایط دیم، سطح برگ بیشتر می‌تواند به افزایش تبخیر تعرق و اتلاف آب نیز منجر شود. در این شرایط، ویژگی‌هایی نظیر مومی بودن سطح برگ، زاویه برگ و تراکم روزنه‌ها اهمیت می‌یابد (Bi et al., 2017). ارتفاع ساقه نیز نقش مهمی در تولید زیست‌توده دارد. گیاهانی با ارتفاع بیشتر، معمولاً سطح برگ بیشتری دارند و رقابت نوری بهتری از خود نشان می‌دهند. در این مطالعه، ارقامی مانند باران و هشت‌رود که دارای ارتفاع مناسب‌تری بودند، عملکرد زیستی بالاتری برخوردار بودند. همچنین، طول دوره رشد فنولوژیکی نیز در افزایش تولید زیست‌توده مؤثر است. ارقامی مانند باران و کمال با داشتن دوره رشد طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای فتوسنتز و تجمع ماده خشک داشتند. این یافته با مطالعه فیشر و همکاران (۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد که نشان داد مراحل رشد طولانی‌تر به افزایش فتوسنتز، تجمع و بیوماس منجر می‌شود. اگرچه در این تحقیق، صفاتی مانند تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه از نظر آماری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد زیستی نداشتند، اما در منابع پیشین، نقش غیرمستقیم آن‌ها در بهبود منبع فتوسنتزی و تقاضای انتقال مواد گزارش شده است. به عنوان نمونه، افزایش تعداد سنبله می‌تواند سطح فتوسنتزکننده را بالا ببرد و وزن بیشتر دانه می‌تواند با افزایش تقاضا برای ماده فتوسنتزی، بر رشد رویشی تأثیرگذار باشد. لذا اگرچه در شرایط حاضر تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد، اما این صفات در شرایط اقلیمی یا مدیریتی دیگر ممکن است تأثیرگذار باشند (Reynolds et al., 2017). از نظر مدیریت زراعی، کشت مستقیم با میانگین عملکرد ۳۵۳۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد زیستی را در مقایسه با سایر روش‌ها داشت. این مزیت احتمالاً ناشی از حفظ بهتر رطوبت خاک، کاهش

تبخیر و حفظ ساختار خاک است. شخم مرسوم (۳۲۸۳) و شخم حداقل بدون بقایا (۳۲۳۹) کیلوگرم در هکتار) عملکرد پایین‌تری داشتند. اگرچه در طول یک سال اجرای کشت مستقیم ممکن است تأثیرات بهبود ساختار خاک به‌طور کامل نمایان نشود، اما در صورت استمرار این روش طی چند سال، می‌توان انتظار داشت که ساختار فیزیکی خاک بهبود یافته و ظرفیت تولید زیست‌توده افزایش یابد. این نتایج با یافته‌های پنگ و همکاران (۲۰۲۰) و نیز آبور و همکاران (۲۰۲۱) هم‌راستا است که بر مزایای بلندمدت روش‌های حفاظتی خاک‌ورزی در بهبود شرایط رطوبتی و تولید زیست‌توده تأکید دارند. در مجموع، عملکرد زیستی در گندم دیم نه تنها تابع ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی رقم است، بلکه به مدیریت زراعی بلندمدت و انتخاب صحیح رقم بر اساس شرایط محیطی نیز وابسته است. انتخاب ارقامی با تعادل بین سطح برگ مؤثر، کاهش تبخیر، ارتفاع مناسب و دوره رشد طولانی، در کنار بهره‌گیری از خاک‌ورزی‌های حفاظتی، می‌تواند راهبردی کارآمد برای افزایش تولید ماده خشک در مناطق دیم باشد.

شاخص برداشت: به‌طور کلی، شاخص برداشت تحت تأثیر هر دو عامل رقم و روش خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۱)، اما بررسی نتایج نشان داد که تفاوت شاخص برداشت بین ارقام مختلف بیشتر از تفاوت ناشی از روش‌های خاک‌ورزی است. به‌عنوان نمونه، در رقم باران، مقدار شاخص برداشت در بین سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی تنها حدود ۰/۰۳ واحد تغییر داشت، در حالی که در شرایط یکسان (برای مثال تحت شخم مرسوم)، تفاوت شاخص برداشت بین باران و نفیس به ۰/۱۰ واحد رسید. این اختلاف معادل ۲۸/۵۷ درصد کاهش در شاخص برداشت برای رقم نفیس نسبت به باران است. بنابراین، به نظر می‌رسد نقش رقم در تعیین کارایی تبدیل زیست‌توده به دانه (شاخص برداشت)، مهم‌تر از نقش نوع خاک‌ورزی باشد. شاخص برداشت میان ارقام مختلف هم متفاوت بود (جدول ۲). رقم وارن

با نتایج مطالعه‌ای توسط فیشر و همکاران (Fischer et al. 2016) که تأثیر تعداد سنبله بر افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه را نشان داد، مطابقت دارد. همچنین مطالعات ژانگ و همکاران (Zhang et al. 2017) نیز نشان دادند سطح برگ بیشتر باعث افزایش توانایی گیاه در جذب نور و انجام فتوسنتز می‌شود و در نتیجه شاخص برداشت را افزایش می‌دهد. این یافته‌ها با مطالعه‌ای توسط وانگ و همکاران (Wang et al. 2018) همخوانی دارد که نشان دادند گیاهانی با ارتفاع ساقه بلندتر، اگر به‌درستی مدیریت شوند، می‌توانند شاخص برداشت بالایی داشته باشند. زیرا گیاهانی با ساقه‌های بلندتر ممکن است کارایی کمتری در تبدیل زیست‌توده به دانه داشته باشند. این امر به دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به رشد ساقه به جای تولید دانه است. با این حال، در این مطالعه، ارقامی مانند واران و کمال با وجود داشتن ارتفاع ساقه مناسب، توانسته‌اند شاخص برداشت بالایی را حفظ کنند. مطالعات مشابه نیز تأیید می‌کنند که شاخص برداشت و عملکرد زیستی به عنوان عوامل کلیدی در افزایش عملکرد دانه در گندم شناخته شده‌اند. به عنوان مثال، تحقیقاتی توسط فیشر و همکاران (Fischer et al. 2016) نشان داده است که افزایش شاخص برداشت به طور مستقیم با افزایش عملکرد دانه مرتبط است. بالاترین شاخص برداشت در سیستم شخم مرسوم مشاهده شد، که می‌تواند به دلیل فراهم شدن شرایط بهینه برای رشد و توسعه گیاه و در نتیجه بهبود کارایی تبدیل زیست‌توده به دانه باشد. این نتایج با مطالعات قبلی که نشان‌دهنده تأثیر مثبت شخم مرسوم بر شاخص برداشت هستند، همخوانی دارد (Dou et al., 2024). از سوی دیگر، شاخص برداشت در سیستم‌های کشت مستقیم و شخم حداقل کاهش یافت. این کاهش ممکن است به دلیل کاهش عملکرد دانه در این سیستم‌ها باشد، زیرا سیستم‌های کشت مستقیم و شخم حداقل معمولاً با محدودیت‌هایی مانند کاهش دسترسی به مواد مغذی و آب مواجه

با شاخص برداشت ۴۶/۲ بالاترین مقدار را داشت. ارقام کمال و واران با شاخص برداشت ۴۲/۷ و ۴۲ تفاوت معنی‌داری با واران نداشتند. ارقام هشت‌رود و صدرا به ترتیب با شاخص برداشت ۴۰/۸ و ۳۹/۸ در مرتبه بعد قرار دارند که نشان می‌دهد این دو رقم به طور معنی‌داری کمتر از واران و کمال هستند، اما تفاوت معنی‌داری بین خودشان ندارند. ارقام نفیس و دهقان به ترتیب با شاخص برداشت ۲۶ و ۲۴/۹ پایین‌ترین شاخص برداشت را داشتند که تفاوت معنی‌دار نسبت به سایر ارقام داشتند اما با یکدیگر متفاوت نبودند. شاخص برداشت تحت همه روش‌های شخم جایگزین به طور قابل‌توجهی کاهش یافت، به طوری که در مقایسه با شخم مرسوم، کشت مستقیم بیشترین کاهش در شاخص برداشت را نشان داد و پس از آن، سیستم‌های شخم حداقل بدون بقایا و شخم حداقل با حفظ ۳۰ درصد بقایا در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این روند نشان می‌دهد که کاهش شاخص برداشت با کاهش شدت خاک‌ورزی و نحوه مدیریت بقایا مرتبط بوده است. با این حال، باید توجه داشت که در سیستم‌های حفاظتی، تأثیر مثبت این روش‌ها معمولاً در بلندمدت نمایان می‌شود؛ زمانی که بقایای گیاهی به‌طور کامل تجزیه شده و به ماده آلی خاک افزوده شوند، می‌توان انتظار داشت که شرایط خاک بهبود یافته و شاخص‌هایی مانند شاخص برداشت نیز افزایش یابند.

شاخص برداشت به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کارایی تبدیل زیست‌توده به دانه‌های قابل برداشت در گندم شناخته می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص برداشت به طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم‌های مختلف قرار گرفت. شاخص برداشت به شدت تحت تأثیر صفاتی مانند عملکرد دانه، سطح برگ، تعداد سنبله در واحد سطح و ارتفاع ساقه قرار دارد. ارقامی مانند واران، کمال، و واران با استفاده بهینه از این صفات توانسته‌اند شاخص برداشت بالاتری را نشان دهند که منجر به عملکرد بهتر دانه در این ارقام شده است. این موضوع

هستند که می‌تواند تولید دانه را کاهش دهد (Su et al., 2021). در شاخص برداشت نیز کاهش از بهترین رقم (واران با ۴۶/۲۶) به ضعیف‌ترین رقم (دهقان با ۲۴/۹۸) برابر ۴۶ درصد بود، در حالی که این شاخص از بهترین سیستم خاک‌ورزی (شخم مرسوم با ۰/۴۶) به ضعیف‌ترین (کشت مستقیم با ۰/۳۱) تنها ۳۲/۸ درصد کاهش داشت. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که رقم، عامل مؤثرتری بر کارایی فیزیولوژیکی گیاه نسبت به خاک‌ورزی است.

تعداد دانه در سنبله: نتایج این مطالعه نشان داد که تنها سیستم‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله گندم دیم داشت. بر اساس داده‌های مقایسه میانگین (جدول ۳)، شخم مرسوم با ۲۷/۶ دانه در سنبله بیشترین تعداد دانه را تولید کرد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. این افزایش عملکرد در شخم مرسوم نسبت به کشت مستقیم که تنها ۱۷/۸ دانه در سنبله داشت، ۳۵،۲۷٪ بیشتر بود. همچنین، شخم حداقل بدون بقایا با ۲۳/۵ دانه در سنبله و شخم حداقل با ۳۰٪ بقایا با ۲۲/۸ دانه در سنبله به ترتیب ۱۴/۷۳ و ۱۷/۲۱ درصد کاهش در تعداد دانه‌ها نسبت به شخم مرسوم داشتند. در این میان، کشت مستقیم کمترین تعداد دانه‌ها را در سنبله نشان داد که به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر روش‌های خاک‌ورزی بود.

وزن هزار دانه (گرم): در این مطالعه، تفاوت معنی‌داری میان ارقام مختلف گندم از نظر وزن هزار دانه مشاهده شد (جدول ۱). اما ارقام باران و کمال بالاترین وزن هزار دانه را داشتند (به ترتیب ۳۸/۷۸ و ۳۹/۰۷ گرم) و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. واران (۷) وزن هزار دانه کمتری نسبت به باران و کمال داشت، اما از سایر ارقام برتر بود و تفاوت معنی‌داری با هشت‌رود، صدرا و نفیس نداشت (جدول ۲). دهقان کمترین وزن هزار دانه را داشت و به‌طور معنی‌داری از سایر ارقام کمتر بود. در مقایسه با کمال، واران ۵/۹٪، هشت‌رود ۸/۰۳٪، صدرا ۱۰/۹۲٪، نفیس ۱۲/۲۲٪، و دهقان ۱۹/۲۰٪

کاهش در وزن هزار دانه نشان دادند. در بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج جدول ۱ نشان داد که سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر مشخصی بر این صفت نداشتند و به نظر می‌رسد که در شرایط این مطالعه، عامل رقم نقش مهمی در جبران کاهش سایر مؤلفه‌های زایشی تحت تنش‌های محیطی دارد. نتایج تحلیل همبستگی صفات زراعی (Taghizadehtabari and Rostaei, 2025) نشان دادند که وزن هزار دانه با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار است ($r = 0.43$, $p < 0.001$), که بیانگر تأثیر مستقیم این صفت بر عملکرد نهایی است. این رابطه نشان می‌دهد که در شرایطی که تعداد دانه یا سنبله تحت تأثیر تنش‌های خشکی کاهش می‌یابد، افزایش وزن دانه می‌تواند به پایداری عملکرد کمک کند. از این‌رو، انتخاب ارقامی با وزن هزار دانه بالا می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر در بهبود عملکرد گندم در کشت دیم مورد توجه قرار گیرد. این یافته‌ها اهمیت وزن دانه را به‌ویژه در شرایط محدودیت منابع، مانند کم‌آبی، برجسته می‌سازد و نشان می‌دهد که این ویژگی باید به‌عنوان معیار مهمی در برنامه‌های اصلاحی و انتخاب ارقام مقاوم در نظر گرفته شود. تفاوت‌های مشاهده شده در وزن هزار دانه میان ارقام مختلف، به خوبی می‌تواند به ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی هر رقم مرتبط باشد. سطح برگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیولوژیکی است که می‌تواند بر وزن هزار دانه تأثیر بگذارد. گیاهانی که سطح برگ بیشتری دارند، ظرفیت بیشتری برای جذب نور و انجام فتوسنتز دارند. این امر به تولید بیشتر مواد فتوسنتزی منجر می‌شود که در نهایت به دانه‌ها منتقل شده و وزن آن‌ها را افزایش می‌دهد. در این تحقیق، ارقامی مانند باران و کمال که دارای سطح برگ گسترده‌تری بودند، وزن هزار دانه بیشتری نشان دادند. این نتیجه با مطالعاتی مانند ژانگ (۲۰۱۷) همخوانی دارد که نشان دادند افزایش سطح برگ با

بهبود فرایند فتوسنتز، می‌تواند به افزایش وزن دانه‌ها منجر شود. ارتفاع ساقه نیز می‌تواند به عنوان یک عامل مهم در تعیین وزن هزار دانه در نظر گرفته شود. ساقه‌های بلندتر معمولاً به گیاه اجازه می‌دهند تا بهتر با گیاهان مجاور برای جذب نور رقابت کرده و فتوسنتز بیشتری انجام دهند. در این مطالعه، ارقامی مانند باران و کمال که ارتفاع ساقه مناسبی داشتند، توانستند فتوسنتز بیشتری انجام دهند و مواد غذایی بیشتری به دانه‌ها منتقل کنند، که این امر به افزایش وزن هزار دانه منجر شد. یافته‌های وانگ (۲۰۱۸) نیز تأیید می‌کند که گیاهان با ارتفاع ساقه بلندتر، به دلیل توانایی بیشتر در جذب نور و تولید مواد فتوسنتزی، وزن دانه‌های بیشتری دارند. طول دوره‌های رشد نیز تأثیر قابل توجهی بر وزن هزار دانه دارند. همچنین ارقام زمستانه با دوره رشد طولانی‌تر می‌توانند از منابع بهتر استفاده کنند و وزن هزار دانه بیشتری تولید کنند. واران که نسبت به باران و کمال وزن هزار دانه کمتری داشت، اما همچنان از سایر ارقام برتر بود، نیز از تیپ رشد زمستانه برخوردار است. اگرچه واران در تولید دانه‌های سنگین‌تر کمی از باران و کمال عقب ماند، اما تفاوت معنی‌داری با هشترو، صدرا و نفیس نشان نداد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که واران از پتانسیل مناسبی برای تولید دانه‌های با وزن مناسب برخوردار است. به طور مشابه، مطالعه‌ای که توسط روستایی و همکاران (۱۳۹۹) انجام شد، تأکید دارد که ارقام زمستانه نظیر واران به دلیل تحمل به سرما و خشکی می‌توانند عملکرد مطلوبی داشته باشند. دهقان که کمترین وزن هزار دانه را داشت و به طور معنی‌داری از سایر ارقام کمتر بود، دارای تیپ رشد بینابینی است. زودرسی و دوره رشد کوتاه‌تر این رقم ممکن است باعث شده باشد که نتواند به اندازه کافی منابع را برای رشد دانه‌های بزرگ‌تر و سنگین‌تر جذب کند. این موضوع به وضوح نشان‌دهنده محدودیت‌های این رقم در مقایسه با ارقام زمستانه است که دوره رشد طولانی‌تر و فرصت بیشتری برای توسعه دانه‌ها دارند. این یافته‌ها با نتایج

مطالعه‌ای توسط محمدی و همکاران (۱۳۹۵) همسو است که نشان می‌دهد ارقام بهاره به دلیل دوره رشد کوتاه‌تر و مواجه شدن با گرمای آخر فصل، معمولاً در مقایسه با ارقام زمستانه وزن هزار دانه کمتری دارند. در مجموع، نتایج نشان می‌دهند که انتخاب رقم مناسب با توجه به نوع تیپ رشدی و مدیریت زراعی می‌تواند تأثیر مستقیمی بر وزن هزار دانه داشته باشد. همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) تأکید کرده‌اند که وزن هزار دانه به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه، تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی قرار دارد. ارقام زمستانه مانند باران و کمال به دلیل دوره رشد طولانی‌تر و توانایی بیشتر در جذب منابع، قادر به تولید دانه‌های سنگین‌تر هستند. این یافته‌ها اهمیت مدیریت مناسب زراعی و انتخاب رقم مناسب را برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه برجسته می‌کنند. بررسی منابع مشابه نیز تأیید می‌کند که تیپ رشدی و مدیریت مناسب نقش کلیدی در عملکرد وزن هزار دانه دارد.

تعداد سنبله در واحد سطح (مترمربع): نتایج بررسی تعداد سنبله در واحد سطح نشان داد که تفاوت بین ارقام مختلف گندم چشمگیر و معنی‌دار است (جدول ۱). برای نمونه، رقم واران با میانگین ۲۹۱ سنبله در مترمربع در سیستم شخم مرسوم، بالاترین عملکرد را داشت. رقم باران نیز در همین تیمار با ۲۷۹ سنبله عملکرد مطلوبی نشان داد. در مقابل، رقم نفیس در شرایط یکسان تنها ۲۴۱ سنبله تولید کرد. رقم هشترو نیز در شرایط سخت‌تری مانند کشت مستقیم، با میانگین ۲۱۷ سنبله عملکرد نسبتاً خوبی داشت، در حالی که رقم دهقان در همان شرایط تنها ۱۶۹ سنبله تولید کرد. این تفاوت‌ها بیانگر اهمیت ژنتیک و نقش تعیین‌کننده انتخاب رقم در تولید سنبله است. بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی نیز نشان داد که نوع مدیریت خاک می‌تواند بر تعداد سنبله تأثیر بگذارد. به طور کلی، سیستم شخم مرسوم بیشترین میانگین تعداد سنبله را در اکثر ارقام ایجاد کرد. در مقابل، در سیستم‌هایی

مانند کشت مستقیم یا شخم حداقلی بدون بقایا، کاهش چشمگیری در تولید سنبله مشاهده شد. این کاهش احتمالاً ناشی از محدودیت‌های فیزیکی و کاهش تهویه و دمای خاک در این روش‌هاست که منجر به استقرار ضعیف‌تر گیاهان می‌شود. با این حال، تحلیل دقیق‌تر اثرات متقابل رقم و روش خاک‌ورزی (جدول ۴) نشان داد که تفاوت بین ارقام در یک روش خاص معمولاً بیشتر از تفاوت یک رقم در چند روش خاک‌ورزی مختلف است. به عنوان مثال، در تیمار شخم مرسوم، اختلاف بین رقم واران (۲۹۱ سنبله) و رقم نفیس (۲۴۱ سنبله) بیش از ۲۰ درصد بود، در حالی که تغییر رقم صدرا بین شخم مرسوم و حداقل با بقایا، تفاوت کمتری نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب رقم مناسب حتی در سیستم‌های با محدودیت بالا مانند کشت مستقیم، می‌تواند بخشی از کاهش عملکرد را جبران کند. برای نمونه، رقم هشترود در کشت مستقیم بهتر از بسیاری از ارقام در شرایط بهتر عمل کرد. در مجموع، نتایج نشان دادند که اگرچه مدیریت خاک‌ورزی نقش مهمی در تعیین تعداد سنبله دارد، اما تأثیر ژنتیکی ارقام بر این صفت پررنگ‌تر است. ارقام با رشد رویشی قوی‌تر، ارتفاع بیشتر و سطح برگ گسترده‌تر معمولاً توانایی تولید سنبله‌های بیشتری دارند. این یافته با نتایج مطالعات قبلی مانند درپچ و همکاران (۲۰۱۰) و اسمیت و جانسون (۲۰۱۶) نیز هم‌راستا است که تأکید دارند ترکیب مدیریت زراعی مناسب و انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار می‌تواند به بهبود عملکرد نهایی محصول در شرایط دیم کمک کند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که روش‌های مختلف خاک‌ورزی و ارقام گندم تأثیرات قابل‌توجهی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد داشتند. شخم مرسوم بالاترین عملکرد دانه را به دنبال داشت که نشان‌دهنده کارایی بالاتر آن در تولید دانه است.

کشت مستقیم عملکرد زیستی بالاتری داشت که نشان می‌دهد در حفظ بیوماس بیشتر مؤثر است و در شرایط خاص کارایی بهتری دارد. همچنین، شاخص برداشت در تیمار شخم مرسوم بالاتر بود که نشان‌دهنده تبدیل بهتر بیوماس به دانه است. از نظر میزان کلروفیل، تیمار شخم مرسوم مقادیر بالاتری را نشان داد که احتمالاً به دلیل دسترسی بهتر به مواد مغذی و شرایط مساعد برای فتوسنتز است. طول ساقه در کشت مستقیم بیشتر بود که احتمالاً به گیاه کمک می‌کند تا بهتر برای جذب نور رقابت کند و از نور استفاده بهینه‌تری داشته باشد. در مجموع، هر دو روش خاک‌ورزی مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند. انتخاب بهترین روش باید بر اساس شرایط محیطی، نوع محصول و اهداف زراعی انجام شود. در حالی که شخم مرسوم معمولاً در جنبه‌های مختلف عملکرد بهتری دارد، کشت مستقیم می‌تواند در شرایط خاص منجر به پایداری بالاتر عملکرد شود. بنابراین، ترکیب روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت مؤثر کشاورزی می‌تواند عملکرد و کیفیت گندم را در محیط‌های مختلف بهینه‌سازی کند. بر اساس نتایج در سیستم شخم مرسوم رقم باران با ۲۰۳۲ کیلوگرم در هکتار و در سیستم های شخم حداقل و کشت مستقیم ارقام دهقان و نفیس به ترتیب با ۱۷۹۷ و ۱۶۹۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند و این ارقام می‌توانند در این سیستم‌های زراعی مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی بنیاد ملی علم ایران (INSF) انجام شده است. نویسندگان بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان خراسان شمالی، به ویژه ایستگاه تحقیقاتی دیم شیروان، به دلیل همکاری‌های بی‌دریغ آنان در فراهم‌سازی

امکانات آزمایشگاهی، اراضی تحقیقاتی و نیروی کار
حاتم‌زاده به‌خاطر کمک‌های ارزنده‌شان در انجام
متخصص، قدردانی می‌کنند. همچنین از دکتر حسین
مراحل میدانی تحقیق، تشکر ویژه به عمل می‌آید.

منابع

- Abbasi A, Lotfi R, Golkari S. 2022. Effect of crop rotation and plant residue levels on grain yield and activity of some antioxidant enzymes in different dryland wheat cultivars under conservation agriculture conditions. *Dryland Farming Research (Iranian Journal of Dryland Agriculture)* 11: 1–23
- Afshar RK, Cabot P, Ippolito JA, Dekamin M, Reed B, Doyle H, Fry J. 2022. Corn productivity and soil characteristic alterations following transition from conventional to conservation tillage. *Soil and Tillage Research* 220: 105351
- Bi H, Kovalchuk N, Langridge P, Tricker PJ, Lopato S, Borisjuk N. 2017. The impact of drought on wheat leaf cuticle properties. *BMC Plant Biology* 17: 1–13
- Cao Y, Xu H, Song J, Yang Y, Hu X, Wiyao KT, Zhai Z. 2022. Applying spectral fractal dimension index to predict the SPAD value of rice leaves under bacterial blight disease stress. *Plant Methods* 18: 67
- Derpsch R, Friedrich T, Kassam A, Hongwen L. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3: 1–25
- Devkota M, Patil SB, Kumar S, Kehel Z, Wery J. 2021. Performance of elite genotypes of barley, chickpea, lentil, and wheat under conservation agriculture in Mediterranean rainfed conditions. *Experimental Agriculture* 57: 126–143
- Djouadi K, Mekliche A, Dahmani S, Ladjari NI, Abid Y, Silarbi Z, Pisante M. 2021. Durum wheat yield and grain quality in early transition from conventional to conservation tillage in semi-arid Mediterranean conditions. *Agriculture* 11: 711
- Dou S, Wang Z, Tong J, Shang Z, Deng A, Song Z, Zhang W. 2024. Strip tillage promotes crop yield in comparison with no tillage based on a meta-analysis. *Soil and Tillage Research* 240: 106085
- Eltazarov S, Bobojonov I, Kuhn L, Glauben T. 2023. The role of crop classification in detecting wheat yield variation for index-based agricultural insurance in arid and semiarid environments. *Environmental and Sustainability Indicators*: 100250
- Fischer RA. 2016. The effect of duration of the vegetative phase in irrigated semi-dwarf spring wheat on phenology, growth and potential yield across sowing dates at low latitude. *Field Crops Research* 198: 188–199
- He J, Li H, Rasaily RG, Wang Q, Cai G, Su Y, et al. 2011. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. *Soil and Tillage Research* 113: 48–54.
- Huang Y, Tao B, Yang Y, Zhu X, Yang X, Grove JH, Ren W. 2022. Simulating no-tillage effects on crop yield and greenhouse gas emissions in Kentucky corn and soybean cropping systems: 1980–2018. *Agricultural Systems* 197: 103355.
- Jat RA, Wani SP, Sahrawat KL. 2012. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems. *Advances in Agronomy* 117: 191–273.
- Kang J, Chu Y, Ma G, Zhang Y, Zhang X, Wang M, et al. 2023. Physiological mechanisms underlying reduced photosynthesis in wheat leaves grown in the field under conditions of nitrogen and water deficiency. *The Crop Journal* 11: 638–650.

- Kumar S, Singh DR, Singh NP, Jha GK, Kumar S. 2022. Impact of natural resource conservation technology on productivity and technical efficiency in rainfed areas of Southern India. *Journal of Environmental Planning and Management*: 1–22.
- Li H, Shao L, Liu X, Sun H, Chen S, Zhang X. 2023. What matters more, biomass accumulation or allocation, in yield and water productivity improvement for winter wheat during the past two decades? *European Journal of Agronomy* 149: 126910.
- Madarász B, Jakab G, Szalai Z, Juhos K, Kotroczó Z, Tóth A, Ladányi M. 2021. Long-term effects of conservation tillage on soil erosion in Central Europe: A random forest-based approach. *Soil and Tillage Research* 209: 104959.
- Mohammadi R, Armiyon M, Sadeghzadeh B, Golkari S, Khalilzadeh G, Ahmadi H, Abedi Asl GR, Eskandari Torbaghan M. 2016. Evaluation of grain yield stability and adaptability of dryland durum wheat breeding lines. *Applied Crop Research* 29: 25–42 (in Persian)
- Mohammadi R, Rajabi R, Haghparast R. 2024. On-farm assessment of agronomic performance of rainfed wheat cultivars under different tillage systems. *Soil and Tillage Research* 235: 105902.
- Naseri H, Parashkoohi MG, Ranjbar I, Zamani DM. 2021. Energy-economic and life cycle assessment of sugarcane production in different tillage systems. *Energy* 217: 119252.
- Obour AK, Holman JD, Simon LM, Schlegel AJ. 2021. Strategic tillage effects on crop yields, soil properties, and weeds in dryland no-tillage systems. *Agronomy* 11: 662.
- Ogieriakhi M, Woodward R. 2022. Understanding Why Farmers Adopt Soil Conservation Tillage: A Systematic Review. *Soil Security* 100077.
- Peng Z, Wang L, Xie J, Li L, Coulter JA, Zhang R, et al. 2020. Conservation tillage increases yield and precipitation use efficiency of wheat on the semi-arid Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management* 231: 106024.
- Page KL, Dang YP, Dalal RC, Reeves S, Thomas G, Wang W, Thompson JP. 2019. Changes in soil water storage with no-tillage and crop residue retention on a Vertisol: Impact on productivity and profitability over a 50 year period. *Soil and Tillage Research* 194: 104319.
- Reynolds MP, Pask AJ, Hoppitt WJ, Sonder K, Sukumaran S, Molero G, Condon AG, Foulkes MJ, Joshi AK. 2017. Strategic crossing of biomass and harvest index—source and sink—achieves genetic gains in wheat. *Euphytica* 213: 1–23
- Pratibha G, Srinivas I, Madhavi M, Indoria AK, Murthy K, Reddy S, Prasad PVV, Chaudhari SK. 2021. Weed shift and community diversity in conservation and conventional agriculture systems in pigeonpea-castor systems under rainfed semi-arid tropics. *Soil and Tillage Research* 212: 105075
- Roohi E, Mohammadi R, Niane AA, Niazian M, Niedbała G. 2022. Agronomic performance of rainfed barley genotypes under different tillage systems in highland areas of dryland conditions. *Agronomy* 12: 1070
- Roostaei, M., Zadhasan, E., Jafarzadeh, J., Hassanpour Hosni, M., Sadeghzadeh, B., Mahfoozi, S., Soleimani, K., Abedi Asl, G. R., Rohi, E., Ahmadi, H., Pashapour, H., Haghparast, R., Aghaee Sarbarzeh, M., Ahmadi, M. M., Rajabi, R., Babaei, T., Eslami, R., Rezaee, R., Bahrami, N., Afshari, F., Roohparvar, R., Ata Hoseini, S. M., Yassaie, M., Roohparvar, R., Sarkari, S., Kheirgoo, M., Moradi, M., Tabatabai, N., Kia, Sh., & Dalvand, M. 2020. Sadra: A new winter bread wheat cultivar with high yield potential for cold and moderately cold dryland regions of Iran. *Research Findings in Field and Horticultural Crops* 9: 129–138 (in Persian)
- Saini A, Manuja S, Upadhyay RG, Manhas S, Sahoo C, Singh G, Fayeizadeh MR. 2024. Assessing the effect of soil cultivation methods and genotypes on crop yield components, yield and soil properties in wheat (*Triticum aestivum* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) cropping system. *BMC Plant Biology* 24: 349

- Sharma A, Kumar V, Shahzad B, Ramakrishnan M, Singh Sidhu GP, Bali AS, Zheng B. 2020. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. *Journal of Plant Growth Regulation* 39: 509–531
- Smith DL, Johnson JR. 2016. Interactions between tillage systems and wheat cultivars on yield and yield components. *Agricultural Sciences* 7: 89–96
- Su Y, Gabrielle B, Beillouin D, Makowski D. 2021. High probability of yield gain through conservation agriculture in dry regions for major staple crops. *Scientific Reports* 11: 3344
- Taghizadehtabari Z, Rostaei M. 2025. Identification of key agronomic traits influencing wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under rainfed conditions: insights for sustainable crop improvement from PCA, correlation, and path analysis. *The Tenth International Congress on Development of Agricultural and Environment with Emphasis on the UN Development Program*. Iran Tehran: 1–9
- Taghizadehtabari Z, Rostaei M. 2025. Clustering wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties based on agronomic traits: a key approach for breeding high-yielding cultivars under rainfed conditions. *The Tenth International Congress on Development of Agricultural and Environment with Emphasis on the UN Development Program*. Iran Tehran: 1–7
- Verhulst N, Carrillo-García A, Moeller C, Trethowan R, Sayre KD, Govaerts B. 2011. Conservation agriculture for wheat-based cropping systems under gravity irrigation: increasing resilience through improved soil quality. *Plant and Soil* 340: 467–479
- Wang H, Yu Z, Shi Y, Zhang Y. 2020. Effects of tillage practices on grain yield formation of wheat and the physiological mechanism in rainfed areas. *Soil and Tillage Research* 202: 104675
- Wang L, Sun J, Zhang Z, Xu P, Shangguan Z. 2018. Winter wheat grain yield in response to different production practices and soil fertility in northern China. *Soil and Tillage Research* 176: 10–17
- Wen, Y. I. N., FAN, Z. L., HU, F. L., Hong, F. A. N., Wei, H. E., SUN, Y. L., Qiang, C. H. A. I. 2023. No-tillage with straw mulching boosts wheat grain yield by improving the eco-physiological characteristics in arid regions. *Journal of Integrative Agriculture* 22: 3416–3429
- Yue K, Li L, Xie J, Wang L, Liu Y, Anwar S. 2022. Tillage and nitrogen supply affects maize yield by regulating photosynthetic capacity, hormonal changes and grain filling in the Loess Plateau. *Soil and Tillage Research* 218: 105317
- Zhang Y, Liu M, Saiz G, Dannenmann M, Guo L, Tao Y, Lin S. 2017. Enhancement of root systems improves productivity and sustainability in water saving ground cover rice production system. *Field Crops Research* 213: 186–193



Evaluation of dryland wheat varieties using agronomic and physiological traits under dryland conditions in North Khorasan Province

Zahra Taghizadehtabari¹, Mozaffar Roostaei^{2*}

1- Postdoctoral Researcher in a joint project between the Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO) and the Iran National Science Foundation (INSF).

2- Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Maragheh, Iran.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Wheat, as one of the strategic agricultural products, plays a significant role in ensuring global food security. The proper selection of tillage systems and wheat varieties is a key factors in optimizing performance and ensuring sustainable production under rainfed (dryland) conditions. While conventional tillage faces challenges such as soil moisture depletion and structural degradation, conservation tillage, through residue retention and improvements in soil physical and biological conditions, provides better yields, particularly under water stress. On the other hand, the response of different wheat genotypes to varying tillage conditions varies, and identifying varieties that are compatible with conservation tillage systems plays a crucial role in increasing productivity and production sustainability. This study aims to select suitable rainfed wheat lines under tillage methods conditions in the North Khorasan region.

Methodology: This experiment was conducted in a strip plot design based on a randomized complete block design (RCBD) with four replications during the 2023-24 cropping season at the Dryland Agricultural Research Station in Shirvan. The study included four main plots including tillage treatments: 1) Conventional tillage (involving plowing with a moldboard plow to a depth of 30 cm, followed by disking, leveling with a roller, and sowing with a row planter), 2) Minimum tillage without residue retention (using a chisel plow to a depth of 15 cm, leveling with a roller, and sowing with a row planter), 3) Minimum tillage with 30% residue cover (plowing with a chisel plow to a depth of 15 cm and sowing with a row planter), and 4) Direct seeding (direct sowing of seeds), which were applied as vertical plots. In addition, seven wheat varieties representing common rainfed wheat varieties in North Khorasan Province as subplots (Nafis, Dehghan, Sadra, Kamal, Hashtroud, Baran, and Varan) were evaluated as horizontal plots. In this study, the traits examined included physiological characteristics such as leaf area, SPAD index, as well as yield-related traits and components like plant height, number of seeds per spike, thousand-grain weight, number of spikes per unit area, biological yield, harvest index, and grain yield.

Research findings: Analysis of variance showed that the effect of genotype was significant for most traits, except the number of grains per spike, while the effect of tillage was significant for all traits except thousand kernel weight. Although direct seeding increased biological yield and leaf area, it led to a decrease in harvest index and grain yield. The cultivar 'Baran' under conventional tillage achieved the highest grain yield (2032 kg/ha), while 'Dehghan' and 'Nafis' showed the best performance under minimum tillage and direct seeding systems with 1797 and 1694 kg/ha, respectively. Moreover, minimum tillage with residue retention outperformed residue-free treatments across most traits. Overall, under the conditions of this study, selecting cultivars with high genetic potential played a more decisive role in optimizing rainfed wheat yield than tillage management.

Keywords: Tillage methods, Variety, Yield, Dryland, Wheat, Direct seeding

* Corresponding author roustaie2022@gmail.com
Submit date: 2025/04/29 Accept date: 2025/09/14

