

تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم دیم در اقلیم‌های سرد، معتدل و نیمه‌گرمسیری استان کرمانشاه

حمیدرضا چقازردی^۱، محمدرضا جهانسوز^{۲*}، علی احمدی^۳ و منوچهر گرجی^۴

۱، ۲، ۳ و ۴. دانشجوی دکتری رشته اکولوژی گیاهان زراعی، استادان و دانشیار،

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۴/۲۹)

چکیده

به منظور تعیین تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و برخی صفات گندم و همچنین برخی ویژگی‌های خاک در گندم دیم، شش آزمایش در اقلیم‌های سردسیر، معتدل و نیمه‌گرمسیر استان کرمانشاه در غرب ایران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه روش خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی متداول بودند. بیشترین عملکرد در روش‌های بی‌خاک‌ورزی (۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) و خاک‌ورزی کاهشی (۲۳۷۳ کیلوگرم در هکتار) در اقلیم معتدل سال دوم، مشاهده شد. بیشترین میزان ارزش اقتصادی مربوط به روش‌های بی‌خاک‌ورزی (۲۴۸۳۲ هزار ریال) و خاک‌ورزی کاهشی (۲۴۳۱۶ هزار ریال) اقلیم معتدل سال دوم و روش بی‌خاک‌ورزی اقلیم نیمه‌گرمسیری سال دوم (۲۲۷۵۳ هزار ریال) بود. در همه اقلیم‌ها و سال‌ها، روش بی‌خاک‌ورزی با ۱۱/۹۷ درصد (حدود دو برابر) و روش خاک‌ورزی کاهشی با ۱۰/۱۶ درصد (بیش از ۱/۵ برابر) مقادیر بیشتری از درصد رطوبت حجمی خاک را نسبت به خاک‌ورزی متداول (۶/۲۰ درصد) حفظ کردند. کربن آلی خاک خیلی تحت تأثیر روش خاک‌ورزی، نوع اقلیم و سال‌های آزمایش قرار نگرفت ولی روند کلی تغییرپذیری‌ها نشان داد روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی (به جز سال دوم اقلیم نیمه‌گرمسیری) از نظر کربن آلی خاک به ترتیب ۱/۶ و ۱/۳ درصد بیشتر از روش خاک‌ورزی متداول بودند. کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک در خاک‌ورزی متداول (۱/۲۴) مشاهده شد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت کاربرد روش خاک‌ورزی کاهشی، افزون بر تأمین نیازهای اقتصادی، از نظر حفظ منابع آب و خاک مؤثر بوده و موجب دستیابی به هدف‌های کشاورزی پایدار می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، خاک‌ورزی، عملکرد دانه، گندم.

مقدمه

سطح زیر کشت گندم در ایران بالغ بر ۶/۴ میلیون هکتار است، که حدود ۲/۵ میلیون هکتار آن به‌صورت آبی با میانگین تولید ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و حدود ۳/۹ میلیون هکتار دیگر به‌صورت دیم کشت می‌شود که

میانگین تولید آن ۹۷۶ کیلوگرم در هکتار است (Anonymous, 2012). میانگین تولید گندم در سطح جهان ۳۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود این میزان در کانادا، آمریکا و ترکیه به ترتیب ۳۲۰۰، ۳۶۰۰ و ۲۸۰۰ کیلوگرم و در ایران در شرایط همسان حدود ۶۰ درصد میانگین

نگهداری برف در سطح خاک موجب ذخیره رطوبت به ویژه در مناطق دیم می‌شود (Hillel, 2003).

حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین و وجود ریشه‌های سطحی گیاهان کشت‌شده در خاک در مقایسه با زمین بدون پوشش و بدون ریشه‌های سطحی، فشردگی خاک را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد (Reeves, 1997). وجود بقایای کم عمده‌ترین علت کاهش ذخیره رطوبت ناشی از باران در خاک در سامانه خاکپوش (مالچ) کلش مورد کاربرد در مرکز و شمال فلات بزرگ آمریکا گزارش شده است (Stewart & Peterson, 2014). در دیمزارهای استرالیا، اگرچه میزان آب ذخیره‌شده خاک تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی اولیه قرار نگیرد ولی در تیمارهایی که بقایای روی سطح زمین حفظ‌شده و علف‌های هرز کنترل‌شده بودند، میزان آب ذخیره‌شده افزایش یافت (Fullen & Catt, 2014). بررسی‌ها نشان می‌دهد عملکرد گندم دیم در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی به میزان ۷۸ درصد بیش از خاک‌ورزی مرسوم است (Mejaded & Sander, 1998).

همچنین نتایج بررسی سه ساله کشت پی‌درپی گندم دیم در منطقه مراغه نشان داد، روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد داشتند. به طوری که روش بی‌خاک‌ورزی در صورت حفظ کل بقایا در سطح زمین، با تولید حدود ۳۸ درصد عملکرد دائم بیشتر، بهتر از روش خاک‌ورزی مرسوم بود که به احتمال به سبب توانایی نگهداری آب بیشتر توسط بقایا است (Hemmat & Eskandari, 2006). روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم می‌توانند اثرگذاری‌های بهتری بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در نواحی نیمه‌خشک ایران داشته باشند، بنابراین برای کشت گندم مناسب‌تر هستند. با توجه به موفقیت در به کارگیری روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی اعم از بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی در زراعت دیم در دیگر مناطق ایران و دنیا، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک، صفات و عملکرد گندم در اراضی دیم سه اقلیم مختلف استان کرمانشاه اجرا شد.

تولید جهانی بوده است (Anonymous, 2013). آخرین گزارش وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گندم کشور ۶/۴ میلیون هکتار، میزان کل تولید آن، ۹/۳ میلیون تن و میانگین عملکرد آن، ۱۴۵۳ کیلوگرم در هکتار است (Anonymous, 2012). افزایش عملکرد گندم افزون بر عامل‌های ژنتیکی به چگونگی خاک‌ورزی زمین، حفاظت از حاصلخیزی خاک و جلوگیری از فشردگی خاک نیز بستگی دارد (Chandrasekaran, 2010). بهبود و حفظ ساختار، افزایش ذخیره رطوبت، بهبود تهویه و نفوذپذیری خاک نسبت به آب و ایجاد محیط مناسب از نظر آب و عناصر غذایی برای رشد ریشه از جمله هدف‌های انجام عملیات خاک‌ورزی مرسوم هستند (Khajepour, 2001). برخی بررسی‌ها، افزایش عملکرد گندم را به سبب کاربرد گاوآهن برگرداندار نشان می‌دهند، که بیشتر به سبب بهبود شرایط تهویه خاک، کانی شدن مواد آلی و تهیه بهتر بستر بذر است. همچنین انجام عملیات خاک‌ورزی مرسوم موجب افزایش میزان تخلخل خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود (Hemmat & Eskandari, 2006).

عملیات خاک‌ورزی متداول در درازمدت موجب افزایش فشردگی و تسریع فرسایش خاک می‌شود درحالی‌که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی فرسایش خاک را کاهش می‌دهند (Fullen & Catt, 2014). نفوذ آب در خاک تحت تأثیر تخلخل و جرم مخصوص ظاهری خاک بوده که به طور غالب عامل تعیین‌کننده نفوذپذیری خاک است (Stewart & Peterson, 2014). رطوبت ذخیره‌شده در لایه‌های سطحی خاک توسط بقایای گیاهی با بهره‌گیری از روش‌های کم‌خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی، می‌تواند در دوره اولیه رشد گیاه (مراحل جوانه‌زنی و استقرار گیاه) اهمیت زیادی داشته باشد (Mays, 2009). بقایای گیاهی در محیطی اشباع از بخار آب می‌توانند حدود ۹۰-۸۰ درصد وزن خود آب جذب کنند، در صورتی که مواد رسی تنها می‌توانند ۲۰-۱۵ درصد آب جذب کنند (Bescansa et al., 2006). حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین، یک محیط مناسب برای نفوذ آب در خاک فراهم کرده و می‌تواند میزان تبخیر از سطح خاک را کاهش دهد. همچنین وجود بقایای گیاهی در سطح زمین با

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های اقلیمی

آزمایش‌ها در سه شهرستان مختلف استان کرمانشاه با سه اقلیم متفاوت سردسیری، معتدل و نیمه‌گرمسیری اجرا شد که ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی آنها در جدول ۱ داده شده است.

ویژگی‌های خاک

به منظور تعیین میزان عناصر خاک محل‌های آزمایش، شش نمونه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری با روش

استاندارد تهیه و پس از مخلوط کردن، از هر شهرستان یک نمونه مرکب تهیه شد، که نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲ داده شده است. به منظور تأمین بقایای غلات دانه‌ریز، اراضی کزینش‌شده هر سه شهرستان در بقایای گندم (جار گندم) کشت شد. در زمان اجرای همه تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی، مقادیر بقایا بر سطح زمین وجود داشت به‌طوری‌که دست‌کم ۳۰ درصد زمین کرت‌های آزمایشی از بقایای گیاهی پوشیده بود. میزان وزن برآوردی بقایای گیاهی حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

جدول ۱. ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد آزمایش

نام شهرستان	ارتفاع از سطح دریا (متر)	موقعیت جغرافیایی (طول و عرض)	دمای میانگین دما (°C)	دمای بیشینه مطلق (°C)	دمای کمینه مطلق (°C)	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)	نوع خاک	نوع اقلیم
سنقرکلیایی	۱۷۰۰	E ۳۹ ۴۷° N ۴۹ ۳۴°	۱۲/۸	۴۰/۱	-۲۵/۰	۴۰۶/۲ (۱۳۹۲) ۳۱۸/۴ (۱۳۹۳)	Fine, Mixed, Mesic, Calcixerepts	سردسیری
کرمانشاه	۱۳۲۰	E ۱۷ ۴۷° N ۲۰ ۳۴°	۱۴/۳	۴۴/۱	-۲۷/۰	۴۰۹/۱ (۱۳۹۲) ۳۱۳۹۲/۷ (۱۳۹۳)	Fine, Mixed, Thermic, Calcixerepts	معتدل
سرپل ذهاب	۵۴۵	E ۴۹ ۴۵° N ۲۸ ۳۴°	۱۹/۹	۴۹/۰	-۱۰/۰	۴۷۷/۳ (۱۳۹۲) ۳۹۵/۴ (۱۳۹۳)	Aeric, Haploxerepts	نیمه‌گرمسیری

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک اقلیم‌های مورد آزمایش

پیتروژن (%)	ماده آلی (%)	شن	رس	سیلت	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	EC (ds m ⁻¹)	pH	سنقر
۰/۱۴۰	۱/۴۰	۱۴/۸۰	۳۶/۲۰	۴۸/۳۲	۰/۱۰۰	۶۰۰	۰/۵۰۰	۷/۵	سنقر
۰/۱۳۶	۱/۳۶	۴۵/۶۸	۳۵/۷۶	۱۸/۵۶	۰/۱۰۰	۸۰۰	۰/۱۰۰	۷/۸	کرمانشاه
۰/۱۹۰	۱/۹۰	۵۹/۱۲	۳۲/۸۸	۸/۰۰	۰/۲۰۰	۲۰۰	۰/۱۰۰	۷/۸	سرپل ذهاب

طرح آزمایشی

این آزمایش با پنج تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. سامانه‌های خاک‌ورزی شامل بی‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی متداول که در کرت‌های کشت بی‌خاک‌ورزی هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی انجام نشده و کاشت گندم با بذرکار کشت مستقیم صورت گرفت. در کرت‌های خاک‌ورزی کاهشی، یک مرحله شخم حفاظتی توسط چپزل انجام شده و آن‌گاه کاشت گندم با کاربرد خطی‌کار کشت‌گستر صورت گرفت. در کرت‌های خاک‌ورزی متداول، یک مرحله شخم با گاواهن

برگردان‌دار و یک مرحله دیسک (در صورت لزوم تا دو مرحله) انجام شده و پس از آن با بذرکار کشت‌گستر عملیات کاشت گندم انجام شد.

در منطقه سنقر کلیایی، گندم رقم سرداری، در منطقه کرمانشاه، گندم رقم آذر ۲ و در منطقه سرپل ذهاب گندم رقم کوه‌دشت کشت شد. در همه مناطق و در طول دو سال (۱۳۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲)، کاشت فاصله ردیف برای گندم بنابر استاندارد دستگاه کشت ۱۷ سانتی‌متر و میزان مصرف بذر گندم ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. تراکم بوته گندم حدود ۳۹۰-۳۸۰ بوته در مترمربع لحاظ شد. برای مبارزه شیمیایی

صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، زیست توده (بیوماس) کل، شاخص سطح برگ، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، شمار دانه در سنبله و شمار سنبله در مترمربع نیز اندازه گیری شدند. همچنین ارزش اقتصادی محصول بر مبنای قیمت تضمینی گندم در سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و کسر تفاوت هزینه های مراحل کاشت، داشت و برداشت، محاسبه شد.

برای تجزیه داده ها، شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین ها به روش حداقل اختلافات معنی دار برای صفات معنی دار در جدول تجزیه واریانس و روش چنددامنه ای دانکن برای صفات غیرمعنی دار در جدول تجزیه واریانس از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ (نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ (SAS Institute Inc.) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده در طول دو سال آزمایش نشان داد اثر اصلی سال تنها در صفات ارزش اقتصادی و شمار سنبله در مترمربع معنی دار ($P < 0.05$) بوده و در دیگر صفات مورد بررسی معنی دار نشد (جدول های ۳ و ۴). همچنین روش های مختلف خاک ورزی بدون هرگونه تأثیر معنی دار بر صفات عملکرد دانه، ارزش اقتصادی، شاخص برداشت، زیست توده کل، شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته بودند. برخلاف اثر اصلی سال، اثر اصلی مکان (منطقه) بر همه صفات مورد بررسی به جز وزن مخصوص ظاهری خاک تأثیر معنی داری داشت که نشانگر تفاوت اقلیمی و خاک بین مناطق سردسیر، معتدل و نیمه گرمسیری مورد بررسی است. اثر متقابل سال × مکان برای همه صفات به جز شاخص برداشت معنی دار نبود و به عبارت دیگر می توان اذعان داشت در بیشتر صفات مورد بررسی، نتایج دو سال آزمایش تا حدود به نسبت زیادی در راستای هم بودند و نقش اصلی در ایجاد تغییرات به مناطق و اقلیم های متفاوت، رقم های متفاوت گندم، مقادیر متفاوت بقایای گیاهی و دیگر عامل ها برمی گردد. البته با توجه به میانگین بارش مناطق مورد آزمایش، به نظر می رسد کاهش بارندگی ها در سال دوم نتوانسته موجب ایجاد اثر متقابل سال × مکان شود (جدول ۱). اثر متقابل سال ×

با علف های هرز پهن برگ و نازک برگ گندم، به ترتیب از مخلوط تاپیک (۱ لیتر در هکتار) و گرانستار (۱۵ گرم در هکتار) استفاده شد. کاربرد کود شیمیایی با توجه به نتایج آزمایش خاک و بر مبنای کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل به همراه ۵۰ کیلوگرم اوره برای هر هکتار تعیین و در زمان کاشت استفاده شد. در ضمن میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره در بهار با توجه به زمان کاربرد مناسب برای هر منطقه، به صورت سرک استفاده شد.

صفات مورد بررسی

محتوای رطوبت خاک با کاربرد آگر حجمی و برداشت یک نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک تعیین شد. پس از تعیین وزن اولیه نمونه، وزن خشک آن پس از قرارگیری به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون توزین شد سپس محتوای رطوبت حجمی خاک با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد:

$$(1) \quad \text{وزن خاک خشک شده} - \text{وزن خاک نمونه} = \text{رطوبت وزنی} \times \text{وزن خاک خشک شده}$$

صفات وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت حجمی با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه شد.

$$(2) \quad \text{وزن خاک خشک شده} = \text{وزن مخصوص ظاهری} \times \text{حجم آگر حجمی}$$

$$(3) \quad \text{وزن مخصوص ظاهری} \times \text{رطوبت وزنی} = \text{رطوبت حجمی}$$

میزان کربن آلی خاک با استفاده از روش اکسایش تر تعیین شد (Walkley & Black, 1934). برای تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک پس از برداشت محصول توسط آگر حجمی نمونه دست نخورده برداشت شده و در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شد. پس از یافتن وزن خاک خشک، با در نظر گرفتن حجم نمونه وزن مخصوص ظاهری خاک و وزن مخصوص حقیقی (۲/۶۵)، درصد تخلخل با رابطه ۴ به دست آمد:

$$(4) \quad 100 \times \frac{\text{وزن مخصوص ظاهری}}{\text{وزن مخصوص حقیقی}} - 1 = \text{تخلخل خاک}$$

تحقیق، به آسانی می‌توان نتایج آزمایش را تجزیه و تحلیل کرد. همان‌گونه که بیان شد اثر متقابل سال×مکان تنها در صفت شاخص برداشت معنی‌دار بود و لذا آن پیچیدگی خاص که در اثر معنی‌داری این منبع در بیشتر بررسی‌ها وجود دارد در این تحقیق نیست.

مکان یکی از منابع عمده ایجادکننده تغییرات در آزمایش‌های کشاورزی بوده و معنی‌دار شدن آن یکی از چالش‌های مهم محققان کشاورزی است که تفسیر و کاربرد از نتایج آزمایش‌ها را مشکل می‌سازد (Yan et al., 2007; Gauch et al., 2008). با توجه به معنی‌داری نبودن اثر متقابل سال×مکان در این

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب ویژگی‌های خاک و برخی صفات اندازه‌گیری‌شده گندم در سه اقلیم و دو سال

منابع تغییر	رطوبت حجمی خاک (%)	کربن آلی خاک (%)	وزن مخصوص ظاهری	ارزش اقتصادی × ۱۰۰۰ ریال	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	زیست‌توده کل (kg ha ⁻¹)
سال	۴/۱۸۲ ^{ns}	۰/۰۰۵۱۴ ^{ns}	۰/۰۶۴۰۰ ^{ns}	۵۴۸۵۹۵۰۴/۱*	۴۹۹/۴ ^{ns}	۱۰۸/۹۰۰ ^{ns}	۱۰۸۱۳۱۳/۶ ^{ns}
مکان	۲۰/۱۰۵*	۲/۷۶۱۸۱**	۰/۰۰۳۱۳۹۳ ^{ns}	۱۷۸۷۲۱۹۹۶/۰*	۲۰۶۲۱۴۸/۰*	۳۰۷/۳۷۸*	۳۷۸۵۳۵۳/۰*
سال × مکان	۲/۷۱۳۹۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۱۴۴۴ ^{ns}	۴۶۶۰۵۸۹/۷ ^{ns}	۲۲۲۵۶/۶ ^{ns}	۱۳/۳۳۳*	۱۸۲۱۴۲۸/۹ ^{ns}
تکرار / (سال × مکان)	۰/۷۴۹	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۶۰	۳۰۰۷۴۳۷/۶	۵۶۳۴/۰	۱/۵۵۶	۶۰۲۸۶/۴
خاک‌ورزی	۲۶۰/۷۴۸**	۰/۰۰۳۴۸*	۰/۱۷۷۲۷**	۴۴۶۰۰۱۲۱/۴ ^{ns}	۲۴۶۶۲۰/۵ ^{ns}	۱۹/۹۱۱ ^{ns}	۴۵۸۰۷۵۸/۳ ^{ns}
خاک‌ورزی × مکان	۱/۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۴۲۹*	۳۱۱۷۵۶۱/۸ ^{ns}	۹۹۸۹/۸ ^{ns}	۳/۸۹۴*	۲۰۴۹۷۴/۶*
خاک‌ورزی × سال	۲۵/۹۰۵**	۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۵۰۸*	۱۶۹۹۹۴۱۷/۹*	۵۹۴۷۹/۷**	۴/۱۳۳*	۴۱۹۰۱۳۹۲۷/۴**
خاک‌ورزی × مکان × سال	۰/۷۵۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۲۳۸**	۳۸۷۹۸۸۷/۸ ^{ns}	۲۴۰۸/۹ ^{ns}	۰/۴۱۷ ^{ns}	۵۳۲۵۲۰/۸**
خطا	۰/۶۰۳	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۲۹	۳۲۳۱۲۴۹/۰	۴۶۱۱/۹	۱/۳۴۷	۵۱۳۹۲۱۲/۲

ns, * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب صفات ریخت‌شناسی (مورفولوژیکی) و اجزای عملکرد گندم در سه اقلیم و دو سال

منابع تغییر	شاخص سطح برگ	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته (cm)	شمار سنبله در مترمربع	طول سنبله (cm)	شمار دانه در سنبله
سال	۰/۰۳۰۲۵ ^{ns}	۵۲/۴۴۱۰ ^{ns}	۳۱۳/۶۰۰ ^{ns}	۴۱۰۷/۳۸*	۰/۹۰۰۰ ^{ns}	۱۳۶/۹۰۰ ^{ns}
مکان	۱/۵۰۴۲۶*	۸۹/۸۵۶۴*	۲۶۵۷/۲۰۰*	۲۴۸۲/۹۰*	۷/۰۷۷۸*	۱۸۴/۱۷۸*
سال × مکان	۰/۴۲۸۸۳ ^{ns}	۱/۶۴۱۳۹۳ ^{ns}	۴۴/۴۰۰ ^{ns}	۱۳۹۲/۶۸ ^{ns}	۱/۰۳۳۳ ^{ns}	۳۴/۵۳۳ ^{ns}
تکرار / (سال × مکان)	۰/۰۱۴۶۸ ^{ns}	۲/۳۹۴۵ ^{ns}	۵/۵۶۱ ^{ns}	۳۹/۱۱ ^{ns}	۰/۴۶۶۷ ^{ns}	۲/۳۰۶ ^{ns}
خاک‌ورزی	۰/۱۴۷۶۷ ^{ns}	۷۷/۲۷۶۴**	۲۰۴/۱۰۰ ^{ns}	۱۳۴۷/۱۰*	۰/۵۷۷۸*	۸۰/۰۷۸*
خاک‌ورزی × مکان	۰/۰۰۳۲۶ ^{ns}	۰/۳۸۷۱ ^{ns}	۵/۷۵۰ ^{ns}	۳۳/۲۵*	۰/۰۲۷۸ ^{ns}	۶/۹۱۱*
خاک‌ورزی × سال	۰/۰۷۵۱۰*	۳/۷۲۱۳ ^{ns}	۱۲/۷۰۰*	۲۷۰/۷۴**	۰/۱۳۳۳ ^{ns}	۱۰/۳۰۰*
خاک‌ورزی × مکان × سال	۰/۰۰۸۶۰ ^{ns}	۰/۷۲۳۷ ^{ns}	۱۷/۱۵۰**	۶/۵۹ ^{ns}	۰/۰۱۶۷ ^{ns}	۲/۷۳۳ ^{ns}
خطا	۰/۰۲۲۲۱ ^{ns}	۱/۶۴۱۴ ^{ns}	۳/۱۶۹ ^{ns}	۱۲/۱۳۹۲ ^{ns}	۰/۵۵۰۰ ^{ns}	۲/۳۴۷ ^{ns}

ns, * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

(جدول‌های ۳ و ۴). در صفات کربن آلی خاک، وزن هزاردانه و طول سنبله، هیچ‌کدام از اثرگذاری‌های متقابل دوجانبه و سه‌جانبه معنی‌دار ($P > 0.05$) نبودند (جدول‌های ۳ و ۴) و لذا تنها برای تفسیر صفات مذکور می‌توان بدون توجه به نوع سال و اقلیم در

همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر صفات رطوبت حجمی خاک، کربن آلی خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک، وزن هزاردانه، شمار سنبله در مترمربع، طول سنبله و شمار دانه در سنبله داشتند

به میزان ۳/۹ درصد بهتر از روش بی خاک‌ورزی و به میزان ۹/۲ درصد بهتر از روش خاک‌ورزی متداول بود. هرچند گزارش‌های دیگر محققان گویای برتری روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی) نسبت به سامانه خاک‌ورزی متداول در مناطق دیم از نظر افزایش عملکرد محصول گندم دارد (Lopez-Bellido *et al.*, 1996; Halvorson *et al.*, 1999)، ولی نتایج این تحقیق تنها برتری روش خاک‌ورزی کاهشی بر دو روش دیگر است. هرچند می‌توان گفت روش بی خاک‌ورزی نیز در بیشتر موارد بهتر از روش خاک‌ورزی متداول بوده و عملکرد بیشتری تولید کرده است. از نظر رفتار اقلیم‌های متفاوت از نظر میزان عملکرد می‌توان گفت اقلیم معتدل به‌طور معنی‌داری برتر از دو اقلیم دیگر در هر سه روش خاک‌ورزی بود که این یافته تا حدود زیادی با نتایج صفت ارزش اقتصادی همخوانی دارد.

ارزش اقتصادی تحت تأثیر انواع اثرگذاری‌های متقابل قرار به‌جز اثر متقابل سال×خاک‌ورزی نداشت و بیشترین میزان ارزش اقتصادی مربوط به روش‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی اقلیم معتدل در سال دوم (۲۴۸۳۲ و ۲۴۳۱۶ هزار ریال) و روش بی خاک‌ورزی اقلیم نیمه‌گرمسیری در سال دوم (۲۲۷۵۳ هزار ریال) بود (جدول ۵). هرچند به نظر می‌رسد میزان بارندگی سالیانه توانست در افزایش عملکرد گندم مؤثر باشد و موجب افزایش ارزش اقتصادی در سال دوم شود، ولی با توجه به کاهش بارندگی سال دوم در هر سه مکان (جدول ۱)، چنین یافته‌ای متصور نیست.

درحالی‌که به‌سبب معنی‌داری اثر متقابل سال×خاک‌ورزی، این برتری نسبی روش بی خاک‌ورزی در اقلیم‌های معتدل و نیمه‌گرمسیری در سال اول مشاهده نشد به‌طوری‌که تفاوت معنی‌دار آماری بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی در هر سه اقلیم مورد بررسی وجود نداشت و در برخی موارد (اقلیم‌های سردسیری و نیمه‌گرمسیری سال اول به ترتیب با ۱۴۰۳۲ و ۱۴۲۲۶ هزار ریال) روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی کمترین ارزش اقتصادی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). نتایج تحقیقات دیگر در این زمینه

مورد کارایی هریک از روش‌های مختلف خاک‌ورزی اظهار نظر کرده و برای تشریح و تفسیر دیگر صفات باید اثرگذاری‌های متقابل را نیز در نظر گرفت (Cubero *et al.*, 2004; Rakshit *et al.*, 2012).

با توجه به معنی‌دار نبودن اثرگذاری‌های متقابل دوجانبه و سه‌جانبه می‌توان بهترین روش خاک‌ورزی در همه مکان‌ها (اقلیم‌ها) را برای عملکرد دانه، ارزش اقتصادی، رطوبت حجمی خاک و در شاخص سطح برگ شناسایی کرد زیرا اثر متقابل خاک‌ورزی×مکان و اثر متقابل خاک‌ورزی×سال×مکان معنی‌دار نبودند. به عبارت دیگر با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل خاک‌ورزی×سال و با عنایت به بدون معنی‌داری اثر متقابل خاک‌ورزی×سال×مکان، می‌توان مناسب‌ترین روش خاک‌ورزی برای یافتن بهترین نتایج در صفات مهمی همچون عملکرد دانه، ارزش اقتصادی، رطوبت حجمی خاک و شاخص سطح برگ را برای همه مناطق و اقلیم‌های مورد بررسی بدون توجه به نوع اقلیم پیشنهاد کرد. اما وضعیت صفات وزن مخصوص ظاهری خاک، شاخص برداشت، زیست‌توده کل، ارتفاع بوته، شمار سنبله در مترمربع و شمار دانه در سنبله تا حدودی پیچیده است زیرا در این صفات افزون بر تأثیرگذاری تفاوت نوع رقم گندم، یا اثر متقابل سه‌جانبه خاک‌ورزی×سال×مکان معنی‌دار بود یا همزمان اثرگذاری‌های متقابل دوجانبه خاک‌ورزی×سال و خاک‌ورزی×مکان بودند. هرچند که با توجه به اهمیت زیاد عملکرد دانه که جز صفات یادشده نیست، تفسیر این صفات چالش زیادی را ایجاد نمی‌کند.

عملکرد دانه گندم به عنوان مهم‌ترین هدف کشاورزان مطرح است که بیشترین میزان عملکرد (۲۳۶۵/۰ و ۲۷۷۳/۰ کیلوگرم در هکتار) در روش‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی اقلیم معتدل سال دوم و به دنبال آن در روش خاک‌ورزی کاهشی اقلیم معتدل سال اول (۲۳۲۶/۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۵). کمترین عملکرد گندم نیز در روش خاک‌ورزی متداول اقلیم سردسیری (۱۷۴۹/۰ و ۱۶۶۳/۰ به ترتیب در سال‌های اول و دوم) مشاهده شد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد عملکرد در روش خاک‌ورزی کاهشی در همه اقلیم‌ها و سال‌های آزمایش

اقلیم نیمه‌گرمسیری سال اول (۷۸۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار)، به روش خاک‌ورزی کاهشی اقلیم سردسیری سال دوم (۷۷۳۸/۶ کیلوگرم در هکتار)، و روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی اقلیم معتدل سال دوم (۷۷۷۷/۴ و ۷۸۱۳۹۲/۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت، روش خاک‌ورزی کاهشی در بیشتر موارد موجب تولید بیشتر زیست‌توده کل در مقایسه با روش‌های بی‌خاک‌ورزی (۶/۸ درصد) و خاک‌ورزی متداول (۱۱/۴ درصد) شده است. مقایسه اقلیم‌های مختلف در صفت زیست‌توده کل نشان می‌دهد که این صفت افزون بر نوع اقلیم تحت تأثیر اثر متقابل خاک‌ورزی × سال نیز بوده است ولی به‌طورکلی می‌توان استنباط کرد که در سال اول اقلیم نیمه‌گرمسیر بدون توجه به نوع خاک‌ورزی بیشترین زیست‌توده کل (به‌طور میانگین ۷۴۸۹/۰۷ کیلوگرم در هکتار) را داشته است. درحالی‌که در سال دوم، در روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی، اقلیم معتدل بیشترین زیست‌توده کل (به‌طور میانگین ۷۸۳۴/۷ کیلوگرم در هکتار) را تولید کردند ولی در هر دو اقلیم سردسیر (۷۵۲۰/۶ کیلوگرم در هکتار) و معتدل (۷۴۹۱/۳ کیلوگرم در هکتار)، روش خاک‌ورزی کاهشی زیست‌توده کل بیشتری داشت.

از نظر صفت شاخص سطح برگ، تنها روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی در اقلیم معتدل سال دوم، برتر از دیگر ترکیبات تیماری بودند درحالی‌که در سال اول آزمایش، هیچ‌کدام از روش‌های مختلف خاک‌ورزی در هر سه اقلیم مورد بررسی تفاوت معنی‌دار آماری با یکدیگر نداشتند و چنین روندی برای اقلیم نیمه‌گرمسیری سال دوم نیز شایان توجه است (جدول ۶). به‌طورکلی صفت شاخص سطح برگ چندان تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی قرار نگرفت هرچند در برخی موارد جزئی، برتری روش خاک‌ورزی کاهشی مشهود بود. بنابر نتایج مقایسه میانگین جدول ۶، وزن هزاردانه روش بی‌خاک‌ورزی (به‌طور میانگین ۳۴/۰۴ گرم) بهتر از روش خاک‌ورزی کاهشی (به‌طور میانگین ۳۳/۳ گرم) و وزن هزاردانه روش خاک‌ورزی کاهشی بهتر از روش خاک‌ورزی

نیز تا حدودی ناهماهنگ است به‌طوری‌که برخی از آنها بر برتری اقتصادی روش‌های شخم حفاظتی تأکید دارند (Sharma *et al.*, 2011)، ولی برخی دیگر بر این باورند بدون درنظر گرفتن دیگر سودمندی‌های این روش‌ها مانند کنترل فرسایش، بازدهی اقتصادی شخم حفاظتی خاک پایین و یا حتی منفی خواهد بود (Das *et al.*, 2014). به‌طورکلی مقایسه سه اقلیم مورد بررسی از نظر ارزش اقتصادی نشان داد اقلیم معتدل ۳۰/۳ نسبت به اقلیم سردسیر و ۱۱/۳ درصد نسبت به اقلیم نیمه‌گرمسیری در هر سه روش خاک‌ورزی، برتر بود. روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر چندان معنی‌داری بر صفت شاخص برداشت نداشتند، به‌طوری‌که این صفت بیشتر تحت تأثیر اثرگذاری‌های متقابل دو جانبه سال و مکان (اقلیم) با روش خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین شاخص برداشت (حدود ۳۳ درصد) در هر سه روش خاک‌ورزی اقلیم معتدل سال اول و خاک‌ورزی کاهشی اقلیم نیمه‌گرمسیری سال اول مشاهده شد. درحالی‌که کمترین میزان شاخص برداشت (کمتر از ۲۵ درصد) در هر سه روش خاک‌ورزی اقلیم سردسیر سال دوم و روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول اقلیم سرد سال اول وجود داشت (جدول ۵). بررسی آزمایش‌های گندم دیم در شمال‌غرب کشور در زمینه تأثیر سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی، منجر به بروز نتایج نسبی همسانی در مورد شاخص برداشت شده است (Hemmat & Eskandari, 2006). در روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول، اقلیم معتدل در هر دو سال آزمایش بیشترین شاخص برداشت را در مقایسه با اقلیم‌های سردسیری (۲۵/۰ درصد بیشتر) و نیمه‌گرمسیری (۵/۳ درصد بیشتر) داشت ولی در روش خاک‌ورزی کاهشی، دو اقلیم معتدل (۲۲/۱ درصد بیشتر) و نیمه‌گرمسیر (۲۱/۷ درصد بیشتر) از نظر شاخص برداشت بهتر از اقلیم سرد بودند.

وضعیت صفت زیست‌توده کل تا حدودی به نسبت زیادی همسان شاخص برداشت بوده و این صفت نیز تحت تأثیر اثرگذاری‌های متقابل دو جانبه سال و مکان (اقلیم) با روش خاک‌ورزی قرار داشت. بیشترین میزان زیست‌توده کل مربوط به روش خاک‌ورزی کاهشی

متداول (به‌طور میانگین ۳۰/۱۳۹۲) بود که گویای برتری روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به روش خاک‌ورزی متداول است. بررسی‌ها در زمینه کاربرد از شخم حفاظتی در دشت‌های شمال آیداهو برای تولید گندم نشان داد که یکی از دلایل برتری روش خاک‌ورزی حفاظتی به خاک‌ورزی متداول، تأثیر مثبت خاک‌ورزی حفاظتی در افزایش وزن هزاردانه گندم است (Hammel, 1995). همچنین گزارش شده است تفاوت عملکرد گندم در خاک‌ورزی کاهشی و متداول نسبت به بی‌خاک‌ورزی ناشی از افزایش درصد سبز شدن آنهاست که موجب ایجاد سنبله بیشتر شده و در نتیجه رقابت بین آنها بر سر مواد غذایی را افزایش داده و موجب کاهش وزن دانه شده است (Saharawat *et al.*, 2010). وزن هزاردانه هر سه روش خاک‌ورزی سال اول در اقلیم‌های سردسیر و معتدل بیشتر از اقلیم نیمه‌گرمسیر بود در حالی که در سال دوم تنها وزن هزاردانه اقلیم معتدل بیشتر از دو اقلیم دیگر بوده و این صفت نیز خیلی تحت تأثیر نوع روش خاک‌ورزی قرار نداشت و به احتمال تفاوت رقم‌های کشت‌شده نیز در بروز این تفاوت‌ها نقش داشتند.

از نظر ارتفاع بوته به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که وضعیت تا حدودی همسان وزن هزاردانه بوده و ارتفاع بوته در هر سه اقلیم، در دو سال آزمایش در روش بی‌خاک‌ورزی (به‌طور میانگین ۸۰/۵ سانتی‌متر) بیشتر از خاک‌ورزی کاهشی (به‌طور میانگین ۷۸/۹ سانتی‌متر) بود (جدول ۶). در حالی که بنابر گزارش امینی و همکاران (۱۳۹۳)، ارتفاع بوته گندم در شرایط خاک‌ورزی کاهشی بیش از دیگر روش‌های خاک‌ورزی است. همچنین ارتفاع بوته در روش خاک‌ورزی کاهشی بیشتر از خاک‌ورزی متداول در هر سه اقلیم و در دو سال آزمایش بود. مقایسه اقلیم‌های مختلف از نظر ارتفاع بوته نشان داد که ارتفاع بوته در اقلیم معتدل، در هر دو سال برتر از دیگر اقلیم‌ها بود. روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر صفت شمار سنبله در مترمربع داشتند، به طوری که این صفت در روش خاک‌ورزی کاهشی بیش از دیگر روش‌های خاک‌ورزی در هر سه اقلیم و در دو سال آزمایش بود (جدول ۶). بیشترین شمار سنبله در مترمربع (۲۱۳)

عدد) در روش خاک‌ورزی کاهشی اقلیم معتدل سال اول و کمترین شمار سنبله در مترمربع (۱۷۶ عدد) در روش خاک‌ورزی متداول اقلیم نیمه‌گرمسیری سال دوم مشاهده شد. اقلیم معتدل در هر دو خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی) و در هر دو سال آزمایش توانست شمار بیشتری سنبله در مترمربع (۱۹۹/۸ و ۲۰۸/۱ سنبله در مترمربع به ترتیب در بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی) تولید کند اما در خاک‌ورزی متداول در سال اول، دو اقلیم معتدل و نیمه‌گرمسیر و در سال دوم، اقلیم معتدل برتر از دیگر اقلیم‌های مورد بررسی از نظر صفت شمار سنبله در مترمربع بودند. به نظر می‌رسد که اقلیم معتدل به‌طور کلی توانایی بیشتری در تولید بیشتر شمار سنبله در مترمربع داشت.

بیشترین طول سنبله (۸ سانتی‌متر) در روش خاک‌ورزی کاهشی اقلیم معتدل سال اول و کمترین طول سنبله (۶/۴ سانتی‌متر) در روش خاک‌ورزی متداول اقلیم سردسیر سال دوم بود. به‌طور کلی تفاوت چشمگیری بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر صفت طول سنبله وجود نداشت. در سال اول تفاوت معنی‌داری بین سه اقلیم مختلف از نظر صفت طول سنبله در هر سه روش خاک‌ورزی وجود نداشت ولی در سال دوم اقلیم‌های معتدل (به‌طور میانگین ۷/۷ سانتی‌متر) و نیمه‌گرمسیری (به‌طور میانگین ۷/۵ سانتی‌متر) توانستند مقادیر بیشتری از صفت طول سنبله در مقایسه با اقلیم سردسیر (به‌طور میانگین ۶/۵ سانتی‌متر) تولید کنند. صفت شمار دانه در سنبله نیز افزون بر نوع روش خاک‌ورزی از نوع اقلیم و سال نیز تأثیر پذیرفت به طوری که در سال اول روش خاک‌ورزی کاهشی (به ترتیب ۲۷ و ۳۰/۸ در مناطق سردسیر و معتدل) بهتر از روش‌های بی‌خاک‌ورزی (به ترتیب ۲۴/۲ و ۲۷/۸ در مناطق سردسیر و معتدل) و خاک‌ورزی متداول (به ترتیب ۲۳/۰ و ۲۶/۲ در مناطق سردسیر و معتدل) (جدول ۶) در حالی که در سال دوم روش‌های بی‌خاک‌ورزی (به‌طور میانگین ۲۵/۶) و خاک‌ورزی کاهشی (به‌طور میانگین ۲۶/۳) بهتر از خاک‌ورزی متداول (به‌طور میانگین ۲۲/۸) بودند. به‌طور کلی می‌توان گفت خاک‌ورزی حفاظتی

تأثیر بهتری بر شمار دانه در سنبله داشت. در سال اول اقلیم‌های معتدل و نیمه‌گرمسیر در روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی بهتر از اقلیم سردسیر از نظر صفت شمار دانه در سنبله بودند در حالی که در روش خاک‌ورزی متداول تنها اقلیم نیمه‌گرمسیر بهتر از دیگر اقلیم‌ها در سال اول بود. در سال دوم، در هر سه روش خاک‌ورزی، اقلیم معتدل توانست شمار بیشتری دانه در سنبله تولید کند و از این جهت برتر از دو اقلیم دیگر در سال دوم بود. گزارش همسانی توسط Amini *et al.* (2014) وجود دارد که افزایش برخی از اجزای عملکرد گندم مانند شمار سنبله در مترمربع و شمار دانه در سنبله را در روش خاک‌ورزی تأیید می‌کند. ولی بنابر برخی گزارش‌ها کاربرد بقایای گیاهی بدون کاربرد نیتروژن کافی موجب کاهش اجزای عملکرد گندم می‌شود (Singh *et al.* 2004). همچنین کاربرد زیاد بقایای گیاهی موجب کاهش شمار دانه در سنبله و شمار سنبله در گندم می‌شود زیرا میزان نیتروژن خاک به دلیل فعالیت ریزموجودها کاهش یافته و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Javadi *et al.*, 2009). نتایج مقایسه میانگین رطوبت حجمی خاک (جدول ۵) نشان داد اقلیم‌های سردسیر و معتدل (سنقر کلیایی و کرمانشاه) بیشترین درصد رطوبت حجمی خاک در روش بی‌خاک‌ورزی در سال اول آزمایش را داشتند، در حالی که روش خاک‌ورزی متداول کمترین درصد رطوبت حجمی خاک در همه اقلیم‌ها و در هر دو سال آزمایش را داشت. به‌طور کلی از نتایج مقایسه میانگین همه ترکیبات تیماری می‌توان استنباط کرد که در هر اقلیم و هر سال آزمایش روش بی‌خاک‌ورزی و به دنبال آن روش خاک‌ورزی کاهشی مقادیر بیشتری از رطوبت حجمی خاک را نسبت به روش خاک‌ورزی متداول حفظ کرده بودند. به نظر می‌رسد روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی با باقی‌گذاشتن میزانی از بقایای گیاه پیشین در سطح خاک بازدارنده فرسایش شده و تبخیر سطحی را کاهش می‌دهند و در نتیجه محتوای رطوبتی خاک را بهتر از روش خاک‌ورزی متداول حفظ می‌کنند. نتایج به نسبت همسانی در این زمینه گزارش شده است (Triplett &

Dick, 2008; Alvarez & Steinbach, 2009). مقایسه سه اقلیم مورد بررسی نیز نشان داد که در روش بی‌خاک‌ورزی، اقلیم‌های سردسیر و معتدل در سال اول بیشترین درصد رطوبت حجمی خاک را داشتند، در حالی که اقلیم نیمه‌گرمسیر از این نظر برتر نبود که احتمال دارد به دلیل دمای بیشتر هوا، تبخیر از سطح خاک بیشتر بوده و این اقلیم نتوانسته حتی در روش بی‌خاک‌ورزی هم میزان مناسبی از درصد رطوبت حجمی خاک را ذخیره کند. در روش خاک‌ورزی کاهشی نیز روند حفظ درصد رطوبت حجمی خاک تا حدود به نسبت زیادی همسان روش بی‌خاک‌ورزی بود ولی در روش خاک‌ورزی متداول تفاوت معنی‌داری بین سه اقلیم مختلف از نظر درصد رطوبت حجمی خاک در طول دو سال آزمایش وجود نداشت. بنابراین به نظر می‌رسد کارایی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در اقلیم‌های سردسیر و معتدل بیشتر از اقلیم نیمه‌گرمسیر است. به نظر می‌رسد یکی از عامل‌های مهم در این زمینه دمای هوا و تأثیر آن بر میزان تبخیر از سطح خاک است.

هرچند کربن آلی خاک خیلی تحت تأثیر روش خاک‌ورزی، نوع اقلیم و سال‌های آزمایش قرار نگرفت ولی روند کلی تغییرپذیری‌های این صفت نشان می‌دهد در بیشتر موارد میزان کربن آلی خاک روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی به‌طور معنی‌داری (به‌جز سال دوم اقلیم نیمه‌گرمسیری) بیش از روش خاک‌ورزی متداول بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد وجود بقایا در سطح خاک افزون بر امکان افزایش ماده آلی خاک، موجب می‌شود سرعت تجزیه مواد آلی خاک در تأثیر تابش مستقیم نور خورشید کاهش یابد. در بررسی‌های همسانی در دیگر نقاط جهان، تأثیر مثبت باقی‌گذاشتن بقایا بر سطح خاک و استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر جلوگیری از بین رفتن کربن آلی خاک و افزایش آن گزارش شده است (Jespers *et al.*, 2011; Verhulst *et al.*, 2011). بررسی کربن آلی خاک در سه اقلیم نشان داد که در روش بی‌خاک‌ورزی، اقلیم نیمه‌گرمسیری بیشترین و اقلیم معتدل کمترین میزان کربن آلی خاک را به خود اختصاص دادند و اقلیم سردسیری در

شرایط بی‌خاک‌ورزی، به نظر می‌رسد فعالیت موجودهای زنده خاک مانند کرم‌های خاکی منجر به افزایش خلل و فرج خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شده است. در روش‌های خاک‌ورزی کاهشی و متداول، رفتار اقلیم‌ها تا حدودی ناهماهنگ مشاهده شد، به طوری که در سال اول روش خاک‌ورزی کاهشی، وزن مخصوص ظاهری خاک اقلیم نیمه‌گرمسیر و در سال دوم وزن مخصوص ظاهری خاک اقلیم سردسیر کمتر بود. در روش خاک‌ورزی متداول، اقلیم‌های معتدل و نیمه‌گرمسیر در سال اول و اقلیم‌های سردسیر و معتدل در سال دوم دارای کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک بودند.

در مجموع با بررسی نتایج به‌دست‌آمده از دو سال آزمایش می‌توان استنباط کرد عملکرد گندم در اقلیم معتدل (کرمانشاه) با میانگین ۲۳۰۸/۵ و ۲۳۴۹/۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی برتر از روش خاک‌ورزی متداول (۲۱۸۹/۴ کیلوگرم در هکتار) بود. چنین روند همسانی در دیگر اقلیم‌ها (سردسیر و نیمه‌گرمسیر) مشاهده شد، هرچند که میانگین عملکرد آنها در کل کمتر از اقلیم معتدل بود. رطوبت خاک در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی) به ویژه در مراحل حساس کاشت و گلدهی بیشتر از روش خاک‌ورزی متداول بوده، به طوری که در روش بی‌خاک‌ورزی، زمان تأمین نیاز تبخیر و تعرق گیاه در مرحله حساس گلدهی برای مدت یک تا سه روز است (Alvarez & Steinbach, 2009). هرچند برخی گزارش‌ها، نبود تفاوت و حتی کاهش عملکرد در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول را ادعان دارند ولی پاسخ رقم‌ها به روش‌های مختلف خاک‌ورزی می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی و ریخت‌شناسی رقم‌ها به شرایط متفاوت باشد. از نتایج این تحقیق چنین استنباط می‌شود اگرچه در روش خاک‌ورزی متداول به علت عمق شخم، وزن مخصوص ظاهری کم بوده و تخلخل خاک بیشتر است ولی در روش بی‌خاک‌ورزی به دلیل دست‌نخوردگی خاک و در روش خاک‌ورزی کاهشی به علت دست‌خوردگی اندک خاک و وجود پوشش بقایای گیاهی روی سطح خاک،

حد واسط این دو اقلیم قرار داشت. چنین روند همسانی برای هر دو روش خاک‌ورزی کاهشی و متداول نیز مشاهده شد. با توجه به این نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد میزان کربن آلی خاک در مدت زمان آزمایش خیلی تحت تأثیر روش خاک‌ورزی قرار نگرفته و بیشتر متأثر از نوع اقلیم بوده است.

صفت وزن مخصوص ظاهری خاک تحت تأثیر انواع اثرگذاری‌های متقابل دوجانبه و سه‌جانبه قرار داشت به طوری که کمترین میزان آن در روش خاک‌ورزی متداول اقلیم‌های معتدل و نیمه‌گرمسیر سال اول (به ترتیب ۱/۲۰۲ و ۱/۱۹۴) مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین میزان وزن مخصوص ظاهری خاک در سال اول اقلیم معتدل (۱/۴۱۸) و سال دوم منطقه سردسیر (۱/۴۳۲) به‌دست آمد. با توجه به نتایج کلی مقایسه میانگین روش‌های مختلف خاک‌ورزی در اقلیم‌های متفاوت در عرض دو سال آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور کلی روش خاک‌ورزی متداول کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک را در همه شرایط داشت و پس از آن روش خاک‌ورزی کاهشی قرار گرفت. روش بی‌خاک‌ورزی نیز بیشترین وزن مخصوص ظاهری خاک در اقلیم‌ها و سال‌های مختلف را داشت. بدیهی است استفاده از گاواهن برگردان‌دار با ایجاد کلوخه و برگرداندن خاک عمقی به سطح خاک، موجب ایجاد خلل و فرج زیاد در لایه شخم شده و وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش می‌دهد درحالی‌که این عملیات در روش خاک‌ورزی کاهشی، کمتر بوده و در روش بی‌خاک‌ورزی نیز به کلی وجود ندارد. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های محققان دیگر در این زمینه همخوانی دارد (Jin *et al.*, 2011; Nyamangara *et al.*, 2014). در روش بی‌خاک‌ورزی، اقلیم‌های سردسیر و معتدل در سال اول و اقلیم سردسیر در سال دوم بیشترین وزن مخصوص ظاهری خاک را داشتند درحالی‌که اقلیم نیمه‌گرمسیر سال اول و اقلیم‌های معتدل و نیمه‌گرمسیر سال دوم کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک را داشتند. رفتار اقلیم معتدل در این صفت متفاوت بود ولی با توجه به کمتر بودن وزن مخصوص ظاهری خاک در اقلیم نیمه‌گرمسیر در

خاک‌ورزی متداول استفاده می‌کنند، که افزون بر افزایش خطر فرسایش خاک موجب کاهش ذخیره رطوبت خاک شده که ناچارند از سال‌های آیش نیز استفاده کنند. لذا تشویق کشاورزان برای استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، افزون بر حفظ منابع تولید، درآمد کشاورزان را نیز در درازمدت تضمین خواهد کرد.

بنابراین در هر دو روش از میزان تبخیر رطوبت از سطح خاک کاسته شده و از این‌رو توانسته از هدررفت رطوبت جلوگیری کند. بنابراین می‌توان با کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی نیاز آبی گیاه را در انتهای فصل رشد که به‌طور معمول با تنش خشکی همزمان است، تأمین کرد. بیشتر کشاورزان مناطق دیم ایران از روش‌های

جدول ۵. مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک و برخی صفات اندازه‌گیری شده گندم در سه اقلیم و دو سال

روش خاک‌ورزی	سال اول		سال دوم		
	سردسیر	معتدل	سردسیر	معتدل	
رطوبت حجمی خاک (%)					
بی‌خاک‌ورزی	۱۳/۴۶AB	۱۳/۶۴A	۱۲/۴۸ABC	۱۰/۷۸ED	۹/۲۸GF
کاهشی	۱۰/۹۶D	۱۰/۵۰ED	۱۰/۶۴ED	۱۰/۳۶ED	۸/۷۰G
متداول	۵/۶۸I	۵/۵۴I	۵/۱۸I	۷/۲۰H	۶/۰۸I
کربن آلی خاک (%)					
بی‌خاک‌ورزی	۱/۴۱۲DE	۱/۳۶۸HI	۱/۹۱۲A	۱/۴۲۸DC	۱/۹۲۶A
کاهشی	۱/۴۱۰FE	۱/۳۵۸I	۱/۹۱۰A	۱/۴۳۲C	۱/۹۲۲A
متداول	۱/۳۹۴FG	۱/۳۵۶I	۱/۸۹۰B	۱/۳۹۲G	۱/۹۲۲A
وزن مخصوص ظاهری خاک					
بی‌خاک‌ورزی	۱/۴۰۰BC	۱/۴۱۸BA	۱/۳۲۴E	۱/۴۳۲A	۱/۳۹۰C
کاهشی	۱/۲۹۶F	۱/۲۹۸F	۱/۲۲۴H	۱/۳۱۰EF	۱/۳۶۲D
متداول	۱/۲۱۶HI	۱/۲۰۲IJ	۱/۱۹۴J	۱/۲۵۲G	۱/۳۰۲F
اقتصادی × ۱۰۰۰ ریال					
بی‌خاک‌ورزی	۱۴۰۳۳HG	۱۸۶۹۱D	۱۴۲۲۶HG	۱۹۰۶۶D	۲۲۷۵۳BAC
کاهشی	۱۴۷۵۵HGF	۱۸۸۵۸D	۱۸۳۰۷ED	۱۸۸۱۴D	۲۲۴۲ABC
متداول	۱۳۳۱۷H	۱۶۹۵۲EDF	۱۵۹۵۸GF	۱۶۲۶۵EGF	۱۹۰۱۶D
عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)					
بی‌خاک‌ورزی	۱۶۹۲/۰J	۲۲۵۲/۰BCD	۲۱۰۰/۰FE	۱۸۱۵/۸HI	۲۱۶۷/۰ED
کاهشی	۱۸۵۰/۰HG	۲۳۲۶/۰BA	۲۲۷۸/۰BC	۱۸۴۹/۰HG	۲۱۹۳/۲CD
متداول	۱۷۴۹/۰JI	۲۱۸۷/۰D	۲۰۶۷/۲F	۱۶۶۳/۴J	۱۹۲۵/۴G
شاخص برداشت (%)					
بی‌خاک‌ورزی	۲۴/۴E	۳۲/۴A	۳۰/۸B	۲۴/۶E	۲۹/۲C
کاهشی	۲۶/۸D	۳۳/۶A	۳۲/۶A	۲۴/۸E	۳۰/۲BC
متداول	۲۵/۲E	۳۲/۴A	۲۹/۸ABC	۲۴/۴E	۲۷/۲D
زیست‌توده کل (kg ha ⁻¹)					
بی‌خاک‌ورزی	۵۹۵۶/۴J	۶۸۵۱/۴HG	۷۰۳۳/۶EGF	۷۳۰۲/۶EDC	۷۴۶۹/۸BDC
کاهشی	۶۸۸۴/۲HG	۷۴۰۹/۰DC	۷۸۴۸/۶A	۷۷۳۸/۶BA	۷۵۱۲/۸BDC
متداول	۶۶۶۰/۲HI	۶۹۴۴/۸HGF	۷۵۸۵/۰BAC	۵۷۷۳/۰J	۶۴۴۹/۴I

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

جدول ۶. مقایسه میانگین دیگر صفات اندازه‌گیری‌شده گندم در سه اقلیم و دو سال

سال اول		سال دوم		روش	
معتدل	سردسیر	معتدل	نیمه‌گرمسیر	معتدل	سردسیر
شاخص سطح برگ					
۲/۴۱CD	۲/۱۲۴FG	۲/۳۸۶CD	۲/۱۷۶FGE	۲/۸۱۲A	۲/۲۷۰FED
۲/۴۹۰CB	۲/۲۵۲FGED	۲/۵۰۸CB	۲/۲۹۰FED	۲/۸۶۲A	۲/۳۳۰CED
۲/۵۱۲CB	۲/۱۲۸FG	۲/۴۲۸CBD	۲/۰۶۸G	۲/۶۱۰B	۲/۱۵۸FGE
وزن هزاردانه (گرم)					
۳۶/۱۲A	۳۴/۷۶BAC	۳۲/۹۰FEDG	۳۳/۷۲BEDC	۳۵/۲۲BA	۳۱/۵۰IHG
۳۵/۲۸BA	۳۴/۲۴BDC	۳۱/۵۶IHG	۳۱/۹۸FIHG	۳۴/۷۸BAC	۳۰/۶۴JIH
۳۳/۴۲FEDC	۳۲/۲۸FEHG	۳۰/۵۶JI	۲۹/۵۲JK	۳۱/۵۶IHG	۲۸/۱۶K
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)					
۱۳۹۲/۴A	۷۲/۶FG	۷۵/۴E	۷۱/۴G	۸۷/۸B	۷۳/۸EF
۱۳۹۳/۸A	۷۴/۲EF	۷۹/۰D	۷۲/۸FG	۸۸/۶B	۷۴/۶EF
۸۸/۰B	۶۸/۰H	۷۷/۸D	۶۷/۸H	۸۳/۰C	۶۷/۸H
شمار سنبله در مترمربع					
۲۰۱/۶CBD	۱۸۷/۴FHG	۱۹۸/۴FED	۱۷۷/۶J	۱۹۸/۰ED	۱۸۷/۰HGI
۲۱۳/۰A	۱۹۴/۰FE	۲۰۵/۸B	۱۸۲/۶I	۲۰۳/۲CB	۱۹۰/۴FG
۲۰۰/۰CD	۱۸۳/۶HI	۲۰۰/۸CD	۱۶۵/۴K	۱۸۲/۸I	۱۷۶/۰J
طول سنبله (سانتی‌متر)					
۷/۸BA	۷/۰BDC	۷/۲BDAC	۶/۶DC	۷/۸BA	۷/۴BAC
۸/۰A	۷/۴BAC	۷/۶BA	۶/۶DC	۷/۸BA	۷/۶BA
۷/۸BA	۷/۰BDC	۷/۲BDAC	۶/۴D	۷/۶BA	۷/۴BAC
شمار دانه در سنبله					
۲۷/۸FDE	۲۴/۲IJ	۲۸/۲DEC	۲۲/۶J	۲۸/۸IBDEC	۲۵/۴IHG
۳۰/۸A	۲۷/۰FEGH	۲۹/۸BAC	۲۲/۸J	۳۰/۴BA	۲۵/۶IHG
۲۶/۲FHG	۲۳/۰J	۲۹/۲BDAC	۲۰/۶K	۲۵/۰IH	۲۲/۸J

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از دو سال آزمایش‌های پی‌درپی روش‌های خاک‌ورزی برای تولید گندم در سه اقلیم متفاوت سردسیر (سنقر کلیایی)، معتدل (کرمانشاه) و نیمه‌گرمسیر (سرپل‌ذهاب) دیمزارهای منطقه غرب کشور، به نظر می‌رسد در شرایط کنونی استفاده از سامانه خاک‌ورزی کاهشی و توصیه آن به کشاورزان در همه اقلیم‌ها ضروری باشد. همچنین سامانه بی‌خاک‌ورزی بهتر از سامانه خاک‌ورزی مرسوم

بوده و منافع استفاده از این سامانه مطلوب‌تر از روش خاک‌ورزی مرسوم است. استفاده از سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و به ویژه خاک‌ورزی کاهشی افزون بر تأمین هدف‌های درازمدت در زمینه حفظ منابع خاک و آب، می‌تواند در تولید مناسب و شایان پذیرش محصول در دیمزارهای غرب کشور (گندم) مؤثر باشد. در نهایت کاربرد سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی در اقلیم معتدل (کرمانشاه) بیش از دیگر اقلیم‌ها توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Anonymous. (2012). *Annual agricultural statistics*. Ministry of Jihad Agriculture of Iran. www.maj.ir
2. FAOSTAT data of Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/>.
3. Alvarez, R. & Steinbach, H. S. (2009). A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*, 104, 1-15.
4. Amini, A., Rajaie, M. & Farsinezhad, K. (2014). Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecophysiology*, 6, 27-37. (in Farsi)
5. Bescansa, P. Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A. & Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil and Tillage Research*, 87, 19-27.
6. Chandrasekaran, B. (2010). *A textbook of agronomy*. New Age International Pvt. Ltd.
7. Das, A., Lal, R., Patel, D. P., Idapuganti, R. G., Layek, J., Ngachan, S. V., Ghosh, P. K. Bordoloi, J. & Kumar, M. (2014). Effects of tillage and biomass on soil quality and productivity of lowland rice cultivation by small scale farmers in North Eastern India. *Soil and Tillage Research*, 143, 50-58.
8. FAO. (2013). FAOSTAT data of Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/>.
9. Fullen, M. A. & Catt, J. A. (2014). *Soil Management: Problems and Solutions*. Routledge. 320 pages.
10. Gauch, H. G., Piepho, H. P. & Annicchiarico, P. (2008). Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop Science*, 48, 866-889.
11. Halvorson, A.D., Blak, A.L. Krupinsky, J. M. & Merrill, S. D. (1999). Dryland winter wheat response to tillage and nitrogen within an annual cropping system. *Agronomy Journal*, 91, 702-707.
12. Hammel, J. E. (1995). Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production in northern Idaho. *Agronomy Journal*, 87, 16-22.
13. Hemmat, A. & Eskandari, I. (2004a). Tillage system effects upon productivity of a dryland winter wheat–chickpea rotation in the northwest region of Iran. *Soil and Tillage Research*, 78, 69-80.
14. Hemmat, A. & Eskandari, I. (2004b). Conservation tillage practices for winter wheat–fallow farming on a clay loam soil (Calcisols) under temperate continental climate of northwestern Iran. *Field Crops Research*, 89, 123-133.
15. Hemmat, A. Eskandari, I. (2006). Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. *Soil and Tillage Research*, 86, 99-109.
16. Hillel, D. (2003). *Introduction to Environmental Soil Physics*. Academic Press.
17. Javadi, A. Rahmati, M. H. & Tabatabaefar, A. (2009). "Sustainable tillage methods for irrigated wheat production in different regions of Iran. *Soil and Tillage Research*, 104, 143-149.
18. Jespers, H. H., Sayre, K. D., Raes, D., Deckers, J. & Govaerts, B. (2011). "Soil water content, maize yield and its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands Nele Verhulst, Victoria Nelissen, Niels. *Plant and Soil*, 344, 73-85.
19. Jin, H., Li, H., Rasaily, R. G., Qingjie, W., Cai, G., Su, Y. Qiao, X. & Liu L. (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.
20. Khajepour, M.R. (2001). *The principle of agronomy*. Jihad-Daneshgahi, Isfahan University of Technology Press. Isfahan, Iran. 398 pp.
21. Lopez-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J. E. & Fernandez, E. J. (1996). Longterm tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean condition. *Agronomy Journal*, 88, 783-791.
22. Mays, L. (2009). *Integrated Urban Water Management: Arid and Semi-Arid Regions: UNESCO-IHP (Urban Water-Unesco-IHP)*. CRC Press.
23. Mejhed, E. I. & Sander, K. D. H. (1998). Rotation, tillage and fertilizer effects on wheat-based rain fed crop rotation in semiarid Morocco. In: *Proceeding of third European conference on grain legumes*. Opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands. Valladolid, Spain, 442-454.
24. Ministry of Agriculture Jihad. (2011). www.maj.ir
25. Nyamangara, J., Nyengerai, K., Masvaya, E. N., Tirivavi, R., Mashingaidze, N., Mupangwa, W., Dimes, J., Hove, L. & Twomlow, S. (2014). Effect of conservation agriculture on maize yield in the semi-arid areas of Zimbabwe. *Experimental Agriculture*, 50, 159-177.
26. Rakshit, S., Ganapathy, K. N., Gomashe, S. S., Rathore, A., Ghorade, R. B., Nagesh, M. V., Kumar, K. & Ganeshmurthy, K. (2012). GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multi-location data. *Euphytica*, 185, 465-479.

27. Reeves, D. W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 43, 31-167
28. Rubio, J., Cubero, J. I., Martin, L. M., Suso, M. J. & Flores F. (2004). Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. *Euphytica*, 135, 217-224.
29. Saharawat, Y. S., Singh, B., Malik, R. K., Ladha, J. K., Gathala, M., Jat, M. L. & Kumar, V. (2010). Evaluation of alternative tillage and crop establishment methods in a rice-wheat rotation in North Western IGP. *Field Crops Research*, 116, 260-267.
30. Sharma, P., Abrol, V. & Sharma, R.K. (2011). Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize-wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India. *European Journal of Agronomy*, 34, 46-51.
31. Singh, Y., Ladha, J. K., Khind, C. S. & Bueno, C. S. (2004). Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice- wheat rotation. *Soil Science of Society America Journal*, 68, 854-864.
32. Stewart, B. A. & Peterson, G. A. (2014). Managing green water in dryland agriculture. *Agronomy Journal*, 106, 1-10.
33. Triplett, G.B. & Dick, W.A. (2008). No-tillage crop production: a revolution in agriculture. *Agronomy Journal*, 100, 153-165.
34. Verhulst, N., Nelissen, V., Jespers, N., Haven, H., Sayre, K. D., Raes, D., Deckers, J. & Govaerts, B. (2011). Soil water content, maize yield and its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands. *Plant and Soil*, 344, 73-85.
35. Walkley, A. & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251-263.
36. Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S. & Cornelius, P. L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47, 643-653.

Effect of using different tillage methods on dryland wheat yield under cold, moderate and semi-warm climatic conditions of Kermanshah province

Hamid Reza Chaghazardi¹, Mohammad Reza Jahansuz^{2*}, Ali Ahmadi³ and Manouchehr Gorji⁴

1, 2, 3, 4. Ph.D Student, Professors and Associate Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May 20, 2015 - Accepted: Jul. 20, 2015)

ABSTRACT

To study the effects of different tillage systems on yield and some characteristic of wheat and also some soil properties in wheat dry land area, six experiments were performed in cold, moderate and semi-warm climatic conditions of Kermanshah province in west of Iran, in a randomized complete block design with five replications. Experimental treatments were consisted of no-tillage, reduced tillage and conventional tillage systems. The highest seed yield was observed in no-tillage (2365 kg ha⁻¹) and reduced tillage (2373 kg ha⁻¹) systems of moderate climate of the second year. The highest economic value was related to no-tillage (24832 thousand Rials) and reduced tillage (24316 thousand Rials) systems of moderate climate of the second year and no-tillage system of moderate climate of the second year (22753 thousand Rials). In all climates and years, no-tillage system with 11.97% (about two times) following by reduced tillage with 11.16% (more than 1.5 times), preserved large soil moisture in comparison to conventional tillage system (6.2%). Soil organic carbon was not affected by climate type and experimental years, but general trend of differences indicated that no-tillage and reduced tillage systems (except the second year of warm climate) 1.6 and 1.3% were higher than conventional tillage system. The lowest soil bulk density (1.24) was observed in the conventional tillage system. In general, it could be concluded that conservation tillage systems can supply, more yield and economic returns, as well as conserving more water than conventional tillage and its application is a necessary step toward a sustainable agriculture.

Keywords: grain yield, tillage, wheat, yield components.