



اثر خاک‌ورزی حفاظتی و سطوح مختلف آب آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقد و گندم در تناوب گندم - چغندرقد[†]

Effect of conservation tillage and different levels of irrigation on yield and water productivity of sugar beet and wheat in wheat- sugar beet rotation

محمد جلینی^{۱*}، حمیدرضا شریفی^۲ و محمد کریمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22092/JSB.2023.358453.1304

م. جلینی، ح. شریفی و م. کریمی. ۱۴۰۱. اثر خاک‌ورزی حفاظتی و سطوح مختلف آب آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقد و گندم در تناوب گندم - چغندرقد. چغندرقد، ۳۸(۲): ۲۰۷-۲۲۵.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی عملکرد و بهره‌وری آب گندم و چغندرقد در سیستم تناوب زراعی رایج (گندم - چغندرقد) منطقه سرد، در ایستگاه تحقیقات جلگه رخ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی به اجرا درآمد. آزمایش با استفاده از کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار طی سال‌های زراعی ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارها؛ شامل روش‌های مختلف خاک‌ورزی (خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) در کرت‌های اصلی، مدیریت بقایای گیاهی (بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد و ۶۰ درصد بقایا) در کرت‌های فرعی و سطوح مختلف کاربرد آب آبیاری شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روش خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم و چغندرقد اثر معنی‌دار نداشت ولی اثر سطوح مختلف آب آبیاری معنی‌دار بود ($P < 0.01$). مقدار عملکرد ریشه چغندرقد در دو سطح کاربرد آب ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۳۱/۸ و ۳۹/۹ تن در هکتار بود که با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند ولی عملکرد در سطح ۵۰ درصد نیاز خالص حدود ۳۱/۸ تن در هکتار بود که کاهش قابل توجهی داشت. میزان بهره‌وری آب در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مصرفی به ترتیب ۵/۱۹۰، ۴/۶۰۴ و ۳/۴۸۱ کیلوگرم ریشه بر مترمکعب آب به دست آمد. در محصول گندم میانگین عملکرد (دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۴-۹۵) در دو سطح کاربرد آب ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۴۸۴۹ و ۵۱۲۷ کیلوگرم در هکتار بود که با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند، ولی عملکرد در سطح ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری حدود ۳۹۵۴ کیلوگرم در هکتار بود که کاهش قابل توجهی داشت. میزان بهره‌وری آب در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مصرفی به ترتیب ۰/۹۵۴، ۰/۹۲۴ و ۰/۸۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بی‌خاک‌ورزی، چغندرقد، خاک‌ورزی متداول، سطوح آب، گندم



†- این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی - مشترک با موسسه تحقیقات نهال و بذر به شماره ۵۲۹۰۸ مورخ ۱۳۹۶/۱۰/۱۶ می‌باشد.

۱- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. *- نویسنده مسئول: mjolain_ire@yahoo.com

۲- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

مقدمه

کشاورزی حفاظتی بر سه اصل حداقل جابجایی خاک، حفظ بخشی از پوشش بقایا و تناوب زراعی، در جهت سودآوری پایدار بنا شده است (Hobbs *et al.* 2008). از طرفی تداوم استفاده از عملیات زراعی متداول و هم متکی بر شخم فشرده، به‌ویژه وقتی که با حذف کامل یا سوختن بقایای گیاهان زراعی توأم باشد، موجب فرسایش شدید خاک، کاهش حاصلخیزی خاک و انحطاط آن به‌عنوان تنها منبع تولید موادغذایی شده است (Montgomery 2007). هدف از کشاورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی و حفظ آن در سطح خاک در قالب یک سیستم تناوبی می‌باشد. در این سیستم پس‌مانده‌های محصول قبلی تماماً یا قسمتی از آن (حداقل ۳۰ درصد) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می‌شود. بر این اساس انتظار می‌رود که کاهش عملیات خاک‌ورزی از یک سو و حفظ بقایای گیاهی از سوی دیگر سبب افزایش بهره‌وری آب و کاهش نیازی محصول شود (Kaspar *et al.* 1990; Guerif *et al.* 2001). بدون خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم‌های خاک‌ورزی متداول رطوبت بیشتری در خاک ذخیره می‌شود. این افزایش رطوبت در خاک‌ورزی حفاظتی عمدتاً در نتیجه‌ی نفوذ بهتر آب در خاک، کاهش تبخیر و روان‌آب می‌باشد (Opoku Vyn 1997). هم‌چنین وجود بقایا بر سطح خاک مانعی برای رسیدن اشعه‌ی خورشید به خاک است که تبخیر آب را کاهش داده و در نتیجه سبب افزایش رطوبت ذخیره شده در خاک می‌گردد و از این طریق می‌تواند بر افزایش قابلیت دسترسی گیاه به رطوبت خاک تأثیر مثبت داشته باشد. در آزمایشی سه ساله، سطوح مختلف شخم کاهش یافته، با یک کولتیواتور سنگین، روتیواتور، دیسک و حالت بدون شخم در مقایسه با روش‌های معمول شخم، مورد آزمایش قرار گرفت. روش‌های شخم کاهش یافته باعث افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، مقاومت در برابر نفوذ و قدرت برش شد و خاک میزان بیشتری از رطوبت را در

لایه بستر کشت؛ حفظ نمود، در نتیجه جوانه‌زنی بذرها در سال‌های خشک تسهیل گردید (Cavalariis Gemtos 2002). در آزمایشی با عنوان «بررسی تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در چغندرقد» روشن گردید که بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر عملکرد، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. با این حال بیشترین عملکرد ریشه (۶۴ تن در هکتار) در خاک‌ورزی معمول به‌همراه زیرشکن به‌دست آمد (Santa 2005). بررسی تأثیر انواع روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر برخی صفات فیزیکی خاک و عملکرد کمی و کیفی چغندرقد، در مزارعی با خاک لوم-سیلتی طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ نشان داد که کاهش در میزان شخم‌های اولیه، میزان رطوبت خاک را در لایه‌های بالا (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) افزایش داد. کاهش میزان شخم خاک تا وضعیت بدون شخم، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ریشه و درصد چغندرقد نداشت (Romaneckas *et al.* 2009). اثر روش خاک‌ورزی و میزان بقایا بر عملکرد و برخی خصوصیات چغندرقد در اقلیم سرد خراسان رضوی بررسی شد. بی‌خاک‌ورزی موجب افزایش محسوس (اما غیر معنی‌دار در سطح ۵ درصد) تراکم‌بوته چغندرقد شد. تغییر سیستم خاک‌ورزی از متداول به حداقل بدون خاک‌ورزی سبب شد تا عملکرد ریشه به ترتیب از ۳۷۹۲۱ به ۵۰۲۰۴ و ۶۰۳۳۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یابد. عدم خاک‌ورزی هم‌چنین باعث افزایش خالص قند (از ۷۳۳۱ به ۱۱۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) نسبت به خاک‌ورزی متداول شد. در این تحقیق تیمار میزان بقایا اثر معناداری بر صفات اندازه‌گیری شده نداشت (Sharifi *et al.* 2016).

تحقیقی به‌مدت دو سال (۱۳۹۶-۱۳۹۵) با هدف خاک‌ورزی بین‌ریدی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان همدان با خاک لومی و در قالب طرح آزمایشی کرت‌های یک‌بار خرد شده در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر خاک‌ورزی بین‌ریدی بر بهره‌وری آب معنی‌دار نبود. اثر نیازی بر بهره‌وری آب بر اساس عملکرد شکر و شکر سفید چغندرقد

اختلاف عملکرد این سه روش با روش کشت متداول در سطح آماری ۵ درصد معنی دار نمی باشد (Amani et al. 2016). آزمایشی با استفاده از طرح کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات گناباد و در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. تیمار روش خاک‌ورزی در سه سطح (بدون شخم، شخم متداول و شخم کاهش یافته) در کرت‌های اصلی، تیمار مدیریت بقایا در سه سطح (شامل بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا) در کرت‌های فرعی و سطوح مختلف آب آبیاری در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز بر اساس سند ملی آب) در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد از تیمار بی‌خاک‌ورزی با حفظ ۳۰ درصد بقایا و سطح آبیاری ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز به میزان ۶۲۴۹ کیلوگرم در هکتار و بیشترین میزان بهره‌وری آب گندم از تیمار بدون خاک‌ورزی، بدون بقایا و سطح آبیاری ۵۰ درصد به میزان ۱/۵۷ کیلوگرم در متر مکعب حاصل شد. بنابراین، امکان صرفه‌جویی در آب مصرفی گندم در کشاورزی حفاظتی وجود دارد زیرا بهره‌وری آب در مقایسه با کشاورزی رایج افزایش می‌یابد (Karimi Ghodsi 2019).

نتایج متناقض اثر بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد چغندر قند در نقاط مختلف دنیا با اقلیم‌های متفاوت ضرورت بررسی بیشتر روش‌های خاک‌ورزی و از جمله بی‌خاک‌ورزی در شرایط اقلیمی ایران را نشان می‌دهد. از طرفی تغییر سیستم زراعی از متداول به کشاورزی حفاظتی می‌تواند نقش مهم و مؤثری در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن داشته باشد. از این رو انجام فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه حائز اهمیت است. لذا هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر ارکان اصلی کشاورزی حفاظتی (حداقل جابجایی خاک و حفظ بخشی از پوشش بقایا) و درصد آب مصرفی بر عملکرد و بهره‌وری آب چغندر قند و گندم بود.

معنادر بود. نیازآبی ۷۵ درصد نسبت به نیازآبی ۱۰۰ درصد، بهره‌وری آب بر اساس عملکرد ریشه، شکر و شکر سفید را به ترتیب ۴، ۱۴ و ۷ درصد افزایش داد. بنابراین با هدف کاهش مصرف آب و عدم کاهش معنادر عملکرد، می‌توان پس از استقرار گیاه حدود ۲۵ درصد مصرف آب را کاهش داد (Heydari 2020).

در تحقیقی تأثیر خاک‌ورزی متداول و بی‌خاک‌ورزی بر کیفیت و عملکرد دانه‌ی گندم و رطوبت خاک مورد مطالعه قرار گرفت. عملکرد گندم در سیستم بی‌خاک‌ورزی بیشتر از عملکرد در سیستم خاک‌ورزی متداول بوده است. دلیل این امر به تبخیر کمتر آب از خاک در سیستم بی‌خاک‌ورزی نسبت داده شد (De Vita et al. 2007). اعمال سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی گندم نداشته است (Rashidi et al. 2011). تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با شیوه‌ی متداول زراعی بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم در شهرستان چناران بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۵۲۲۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کم‌خاک‌ورزی نتیجه شد که با عملکرد دانه در تیمار بی‌خاک‌ورزی (۴۹۰۲ کیلوگرم در هکتار) تفاوت آماری معناداری نداشت. کمترین عملکرد دانه از تیمار خاک‌ورزی متداول به دست آمد. بیشترین بهره‌وری آب از تیمار بی‌خاک‌ورزی (۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و کمترین آن از تیمار خاک‌ورزی متداول (۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد (Ghodsi 2012). تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد گندم بررسی گردید. بیشترین میزان عملکرد دانه در روش کم‌خاک‌ورزی و کاربرد ۳۰ درصد بقایا به دست آمد (Amini et al. 2014). در منطقه‌ی خنداب استان مرکزی نتیجه گرفته شد که با انجام روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (چیزل پکر، گاواهن مرکب و کشت مستقیم) عملکرد محصول گندم کاهش قابل توجهی نمی‌یابد و

مواد و روش‌ها

کرت‌های فرعی و درصد آب آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. آب مورد استفاده از چاه‌های موجود در ایستگاه تأمین گردید. نتایج آزمون کیفی آب در جدول ۱ درج شده است. آب از کیفیت خوبی برخوردار بود و طبق طبقه‌بندی استاندارد در کلاس CIS1 (شوری و نسبت جذب سدیم کم) قرار گرفت. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، پیش از آماده‌کردن زمین نمونه‌برداری از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری صورت گرفت و برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد که در جدول ۲ ارائه شده است.

این آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه‌رخ تربت‌حیدریه - منطقه سرد) با استفاده از کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح خاک‌ورزی متداول (شخم برگرداندار + دو بار دیسک + تسطیح + کاشت با بذر کار)، کم‌خاک‌ورزی (دو بار چینل پکر + کاشت با بذر کار) و بی‌خاک‌ورزی (کاشت مستقیم با بذر کار) در کرت‌های اصلی، مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و ۶۰ درصد بقایای محصول قبلی در

جدول ۱ خصوصیات شیمیایی آب محل اجرای پروژه

SAR	آنیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			کاتیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
	کربنات	بی‌کربنات	سولفات	کلر	کلسیم	منیزیم		
۱/۹۳	۱/۰	۳/۸	۲/۴	۱/۸	۲/۴	۲/۴	۷/۸	۰/۸

جدول ۲ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق لایه (سانتی‌متر)	درصد ذرات خاک			هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	بافت خاک	درصد کربن آلی	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	ازت کل (درصد)
	شن	سیلت	رس						
۰-۳۰	۳۷	۳۵	۲۸	۲/۲۱	لوم رسی	۰/۳۷	۸/۸	۲۱۹	۰/۰۶۵
۳۰-۶۰	۳۵	۴۰	۲۵	۲/۳۰	لوم	۰/۳۲	۶/۴	۱۷۹	۰/۰۵۹

سال ۱۳۹۲ اول آبان‌ماه و در سال ۱۳۹۴ چهاردهم آبان‌ماه و کاشت چغندر قند ۳۰ فروردین ۱۳۹۴ انجام شد. لازم به ذکر است که در سال قبل از شروع این آزمایش زمین زیر کشت چغندر قند و قبل از آن گندم بوده است و تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در آن اجرا شده است. تیمارهای سطوح مختلف آب آبیاری از سال سوم به پروژه اضافه شده و به مدت ۳ سال ادامه داشته است. در جدول ۴ روش اعمال تناوب زراعی برای پنج سال اجرای پروژه، ارائه گردید است.

طول هر کرت (نوار آبیاری) فرعی فرعی برابر با ۴۰ متر، عرض کرت‌ها برابر با ۱۴ متر، فاصله پشته‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر، تعداد پشته‌ها در هر کرت ۲۳ عدد، شیب نوارها ۰/۵ درصد یا پنج در هزار و تراکم کاشت در گندم ۴۵۰ دانه و در چغندر قند بین ۸۰ تا ۱۰۰ بوته در مترمربع بود. کاشت گندم در روش مستقیم با دستگاه گاسپاردو (خطی کار نیوماتیک غلات) و چغندر قند با استفاده از بذر کار ردیف کار (دستگاه تراش‌کده) انجام شد. مشخصات فنی ادوات و ماشین‌های استفاده شده در این آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است. تاریخ کاشت گندم در

جدول ۳ مشخصات ماشین‌های مورد استفاده در آزمایش

مشخصات	نوع ماشین
ITM399- چهار چرخ محرک با توان 100hp	تراکتور
۵ شاخه ساخت شرکت پایدار ساز خراسان، فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر	گاواهن قلمی غلتک دار (جیزل پکر)
آفست مدل SAR ۲۰ پر ۲۴ اینچی ساخت شرکت شخمیران	دیسک
حداکثر تعداد کارنده ۲۴ عدد، قدرت مورد نیاز ۱۵۰ تا ۱۸۰ اسب بخار، عرض کار ۳۰۰ سانتی‌متر، فاصله ردیف‌ها ۱۲/۵ سانتی‌متر، حداکثر عمق کار ۲۸ سانتی‌متر	دستگاه گاسپاردو (خطی کار نیوماتیک غلات)
چهار ردیفه، قدرت مورد نیاز ۵۰ تا ۶۰ اسب بخار، عرض کار ۳۰۰ سانتی‌متر، حداکثر عمق دهی ۱۵ سانتی‌متر، سرعت پیشروی مناسب ۶ تا ۹ کیلومتر بر ساعت	بذر کار ردیف کار چغندر قند (دستگاه تراشکده)

جدول ۴ روش اعمال تناوب زراعی

سال زراعی					عملیات مورد نظر
۱۳۹۴-۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۲-۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۰-۹۱	
محصول					
گندم	چغندر قند	گندم	چغندر قند	گندم	کاشت
۱۴ آبان ۹۴	۳۰ فروردین ۹۴	اول آبان ۹۲	۲۵ فروردین ۹۲	۱۵ آبان ۹۰	برداشت
تبر ۹۵	مهر ۹۴	تبر ۹۳	مهر ۹۲	تبر ۹۱	روش برداشت
کمباین	چغندرکن و برداشت دستی	کمباین	چغندرکن و برداشت دستی	کمباین	

کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی برای آماده‌سازی کشت بعد از آن اجتناب‌ناپذیر است. لذا با استفاده از کولتیواتور و دیسک، زمین در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی برای کاشت گندم در سال سوم و پنجم (کاشت گندم بعد از چغندر قند) آماده شد. رقم گندم پیشگام و رقم چغندر قند بریجیتا بود. میزان بذر مصرفی و مصرف عناصر غذایی برای کلیه تیمارها یکسان و همگن بود و میزان کود مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک مزرعه محاسبه و مصرف شد. مقادیر کودهای پتاسیم و فسفر و ۱/۳ نیترژن مورد نیاز قبل از کاشت به زمین داده شد. باقی‌مانده کود نیترژن نیز در طول دوره رشد به صورت سرک به گیاه داده شد. در گندم کودهای فسفر و پتاسیم در روش بی‌خاک‌ورزی با دستگاه گاسپاردو خطی کار و در محصول چغندر قند به وسیله کودکار انجام شد. میزان عناصر غذایی بر اساس نتایج آزمون خاک محل آزمایش و نیز توصیه کودی، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن، ۲۵۰ کیلوگرم پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات برای کلیه تیمارها یکسان استفاده شد. کلیه عملیات زراعی شامل مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های

در تیمار مدیریت بقایا، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای چغندر قند کشت شده در فصل زراعی قبل، در سطح خاک حفظ و مدیریت شد. برای این منظور از هریک از کرت‌های فرعی مقدار بقایا جمع‌آوری، توزین و سپس برای تیمارهای مورد مطالعه بقایا به خاک کرت‌های دارای خاک‌ورزی در عمق ۱۵ سانتی‌متری مخلوط و در کرت‌های بدون خاک‌ورزی به سطح خاک اضافه شد. وزن بقایای باقی‌مانده روی خاک در محصول چغندر قند ۶۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در محصول گندم ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در حالت ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا بود. در سیستم کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بعد از برداشت چغندر قند (با استفاده از چغندرکن و برداشت دستی) جهت انجام عملیات خاک‌ورزی برای کاشت گندم در سال سوم و سال پنجم تنها از کولتیواتور و دیسک به تناسب هر تیمار استفاده و سپس به وسیله‌ی دستگاه کارنده مخصوص هر تیمار اقدام به کشت گردید. به‌طور کلی در تناوبی که گیاهان غده‌ای مانند چغندر قند وجود داشته باشد، بهم خوردن ردیف‌های کاشت را تا حدودی بعد از برداشت داریم و نیاز به خاک‌ورزی سبک در

هرز در طول فصل رشد برای تمام تیمارها و هر دو محصول به‌طور یکسان انجام شد. اندازه‌گیری‌های لازم شامل میزان آب‌مصرفی، عملکرد محصول و بهره‌وری آب صورت گرفت. برداشت گندم با کمباین آزمایشی مخصوص برداشت آزمایشات غلات انجام شد. برای این کار مساحتی برابر با عرض کمباین و طول ۲۰ متر (حذف ۱۰ متر از ابتدا و انتهای هر کرت) برداشت شد و سپس دانه به‌دست‌آمده توزین و عملکرد محاسبه گردید. در محصول چغندر قند برداشت با دستگاه چغندرکن و برداشت دستی صورت گرفت. در این محصول نیز از دو خط وسط هر کدام به‌طول ۱۵ متر (۱۸ مترمربع) محصول برداشت گردید و عملکرد در واحد سطح به‌دست آمد. از نتایج این برداشت‌ها برای تجزیه و تحلیل عملکرد و بهره‌وری آب دانه گندم و چغندر قند استفاده شد.

عملیات آبیاری با روش لوله‌های تیپ با خروجی‌هایی به‌فاصله ۳۰ سانتی‌متر و با آب‌دهی ۸ لیتر در ساعت در هر متر طول انجام گردید. در این تحقیق از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) به‌عنوان یک ابزار مناسب جهت توزیع یکنواخت و اندازه‌گیری دقیق آب استفاده شد و برای هر یک از تکرارها یک خط لوله اصلی آبیاری و به‌ازای هر پشته یک خط تیپ در نظر گرفته شد. با توجه به فاصله ۶۰ سانتی‌متری لوله‌های تیپ از هم‌دیگر عملاً بعد از چند دقیقه کل مساحت زمین خیس می‌گردید و نفوذ آب به‌صورت یک بعدی همانند آبیاری سطحی بود. دور آبیاری ثابت و ۸ روز در نظر گرفته شد. در محصول گندم دو نوبت اول آبیاری و در محصول چغندر قند سه نوبت آبیاری به‌منظور ایجاد شرایط مساوی در جوانه‌زنی و درصد سبز مزرعه و استقرار بوته‌ها، به‌صورت یکنواخت انجام گرفت و تیمارهای سطوح مختلف آب آبیاری در گندم از نوبت سوم، بعد از سبز کامل و در چغندر قند از نوبت چهارم آبیاری (بعد از چهار برگ شدن گیاه) اعمال گردید. در جدول ۵ عمق‌ناخالص

آبیاری گندم در هر نوبت آبیاری و در جدول ۶ عمق‌ناخالص آبیاری چغندر قند در هر نوبت آبیاری در تیمارهای مختلف بر حسب میلی‌متر ارائه شده است. با ضرب مجموع اعداد عمق‌ناخالص آب آبیاری بر حسب میلی‌متر در عدد ۱۰ مقدار حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار در هر محصول و هر سطح آبیاری به‌دست آمد. از آنجایی که در محل اجرای طرح ایستگاه هواشناسی وجود نداشت، عمق آب کاربردی و در نتیجه اعمال تیمارهای آبیاری بر اساس مقادیر ارائه شده در سند ملی آب کشور برای گندم و چغندر قند صورت گرفت. میزان تبخیر و تعرق، باران مؤثر و نیازآبی در منطقه اجرای تحقیق (جلگه‌رخ) برای گندم به‌ترتیب ۵۳۰، ۷۸ و ۴۵۲ میلی‌متر و برای چغندر قند به‌ترتیب ۹۳۱، ۳۴ و ۹۸۷ میلی‌متر بود. سپس بر اساس ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد، تیمارهای سطوح آبی محاسبه شد. حجم ناخالص آب موردنیاز (برحسب لیتر) در هر نوبت آبیاری بر اساس جدول عمق‌ناخالص آب آبیاری و با توجه به دور آبیاری، مساحت هر کرت و تیمار درصد آب آبیاری به‌دست آمد. همچنین به‌وسیله‌ی کنتور حجمی اندازه‌گیری آب نیز با دقت کنترل گردید. در نهایت با اندازه‌گیری میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب گندم و چغندر قند در تمامی تیمارها در سه سال اجرای آزمایش، تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح آماری موردنظر انجام شد و سطوح تیمارها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

عملکرد و بهره‌وری آب گندم (سال‌زراعی ۹۳-۱۳۹۲)

نتایج تست بارتلت (Bartlett's test) نشان داد که آنالیز مرکب دو سال (برای گندم) قابل انجام نبود، لذا هر سال جداگانه تجزیه و تحلیل شد.

عملیات آبیاری با روش لوله‌های تیپ با خروجی‌هایی به‌فاصله ۳۰ سانتی‌متر و با آب‌دهی ۸ لیتر در ساعت در هر متر طول انجام گردید. در این تحقیق از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) به‌عنوان یک ابزار مناسب جهت توزیع یکنواخت و اندازه‌گیری دقیق آب استفاده شد و برای هر یک از تکرارها یک خط لوله اصلی آبیاری و به‌ازای هر پشته یک خط تیپ در نظر گرفته شد. با توجه به فاصله ۶۰ سانتی‌متری لوله‌های تیپ از هم‌دیگر عملاً بعد از چند دقیقه کل مساحت زمین خیس می‌گردید و نفوذ آب به‌صورت یک بعدی همانند آبیاری سطحی بود. دور آبیاری ثابت و ۸ روز در نظر گرفته شد. در محصول گندم دو نوبت اول آبیاری و در محصول چغندر قند سه نوبت آبیاری به‌منظور ایجاد شرایط مساوی در جوانه‌زنی و درصد سبز مزرعه و استقرار بوته‌ها، به‌صورت یکنواخت انجام گرفت و تیمارهای سطوح مختلف آب آبیاری در گندم از نوبت سوم، بعد از سبز کامل و در چغندر قند از نوبت چهارم آبیاری (بعد از چهار برگ شدن گیاه) اعمال گردید. در جدول ۵ عمق‌ناخالص

جدول ۵ عمق ناخالص آب مصرفی در هر نوبت آبیاری گندم

سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴			تاریخ آبیاری	سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲			تاریخ آبیاری
عمق ناخالص آب آبیاری (میلی متر)				عمق ناخالص آب آبیاری (میلی متر)			
۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد		۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۴/۰۸/۱۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۲/۰۸/۰۱
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۴/۰۸/۲۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۲/۰۸/۲۶
۲۹	۲۲	۱۵	۹۵/۰۲/۰۴	۲۹	۲۲	۱۵	۹۳/۰۲/۰۲
۳۰	۲۳	۱۵	۹۵/۰۲/۱۲	۳۰	۲۳	۱۵	۹۳/۰۲/۱۰
۳۳	۲۵	۱۶	۹۵/۰۲/۲۰	۳۳	۲۵	۱۶	۹۳/۰۲/۱۸
۴۴	۳۳	۲۲	۹۵/۰۲/۲۸	۴۴	۳۳	۲۲	۹۳/۰۲/۲۶
۴۹	۳۷	۲۴	۹۵/۰۳/۰۵	۴۴	۳۳	۲۲	۹۳/۰۳/۰۳
۴۹	۳۷	۲۴	۹۵/۰۳/۱۳	۴۹	۳۷	۲۴	۹۳/۰۳/۱۱
۵۴	۴۱	۲۷	۹۵/۰۳/۲۱	۵۴	۴۱	۲۷	۹۳/۰۳/۱۹
۵۲	۳۹	۲۶	۹۵/۰۳/۲۹	۵۴	۴۱	۲۷	۹۳/۰۳/۲۷
۳۵	۲۶	۱۷	۹۵/۰۴/۰۶	۵۲	۳۹	۲۶	۹۳/۰۴/۰۴
۲۱	۱۶	۱۱	۹۵/۰۴/۱۴	۳۵	۲۶	۱۷	۹۳/۰۴/۱۲
۲۱	۱۶	۱۱	۹۵/۰۴/۲۲	۲۱	۱۶	۱۱	۹۳/۰۴/۲۰
۶۱۷	۵۱۵	۴۰۸	مجموع	۶۴۵	۵۳۶	۴۲۲	مجموع

جدول ۶ عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت آبیاری برای محصول چغندر قند (سال زراعی ۱۳۹۴)

عمق ناخالص آب آبیاری (میلی متر)			ادامه تاریخ آبیاری	عمق ناخالص آب آبیاری (میلی متر)			تاریخ آبیاری
۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد		۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	
۶۷	۵۰	۳۳	۹۴/۰۵/۲۲	۳۰	۳۰	۳۰	۹۴/۰۱/۳۰
۶۸	۵۱	۳۴	۹۴/۰۵/۳۰	۴۰	۴۰	۴۰	۹۴/۰۲/۰۶
۵۵	۴۱	۲۸	۹۴/۰۶/۰۷	۴۰	۴۰	۴۰	۹۴/۰۲/۰۹
۴۸	۳۶	۲۴	۹۴/۰۶/۱۵	۱۶	۱۲	۸	۹۴/۰۲/۲۷
۴۸	۳۵	۲۴	۹۴/۰۶/۲۳	۱۶	۱۲	۸	۹۴/۰۳/۰۴
۴۶	۳۵	۲۳	۹۴/۰۶/۳۱	۲۷	۲۰	۱۳	۹۴/۰۳/۱۲
۳۴	۲۵	۱۷	۹۴/۰۷/۰۸	۳۶	۲۷	۱۸	۹۴/۰۳/۲۰
۲۵	۱۹	۱۲	۹۴/۰۷/۱۶	۵۱	۳۸	۲۵	۹۴/۰۳/۲۹
۲۴	۱۹	۱۲	۹۴/۰۷/۲۴	۵۷	۴۳	۲۸	۹۴/۰۴/۰۵
۱۷	۱۳	۸	۹۴/۰۸/۰۲	۵۷	۴۳	۲۸	۹۴/۰۴/۱۳
۱۲	۹	۶	۹۴/۰۸/۱۰	۶۹	۵۲	۳۵	۹۴/۰۴/۲۱
۱۲	۹	۶	۹۴/۰۸/۱۸	۷۹	۵۹	۴۰	۹۴/۰۴/۲۹
۱۲	۹	۶	۹۴/۰۸/۲۶	۶۸	۵۱	۳۴	۹۴/۰۵/۰۶
-	-	-	-	۶۷	۵۰	۳۳	۹۴/۰۵/۱۴
۶۱۷	۵۱۵	۴۰۸	مجموع				

میزان عملکرد دانه گندم در تیمار خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب برابر ۴۲۰۹، ۴۴۰۹ و ۴۶۶۸ کیلوگرم در هکتار بود. با اعمال تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بهره‌وری آب افزایش یافت، هر چند اختلاف معنی‌دار نبود. بهره‌وری آب در تیمار شاهد (خاک‌ورزی متداول) معادل ۰/۷۹۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بود که در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب به ۰/۸۲۶ و

نتایج نشان داد اثر تیمارهای روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی و نیز بر هم‌کنش تیمارها روی میزان عملکرد و بهره‌وری آب معنی‌دار نبود ($P \geq 0.05$) ولی اثر تیمارهای درصد آب‌آبیاری روی عملکرد در سطح یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار و روی بهره‌وری آب در سطح پنج درصد ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه روی میزان عملکرد و بهره‌وری آب گندم در جدول ۸ ارائه شده است.

به ترتیب برابر با ۴۳۵۸، ۴۴۶۹ و ۴۴۵۹ کیلوگرم در هکتار بود. میزان بهره‌وری آب در تیمار بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و ۶۰ درصد بقایا به ترتیب برابر با ۰/۸۱۶، ۰/۸۴۶ و ۰/۸۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود.

۰/۸۷۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب افزایش یافت. به عبارتی دیگر در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش متداول، بهره‌وری آب به ترتیب ۳/۵ و ۱۰/۰ درصد افزایش نشان داد.

از نظر تأثیر مدیریت بقایای گیاهی عملکرد در تیمارهای خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی

جدول ۷ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و بهره‌وری آب گندم در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)
تکرار	۲	۴۲۶۹.۰۶۶ ns	۰/۱۳۴ ns
روش‌های خاک‌ورزی (I)	۲	۱۴۳۲.۰۴۹ ns	۰/۰۴۵ ns
خطای (a)	۴	۳۴۱۱۷۲۳	۰/۱۲۰
مدیریت بقایای گیاهی (R)	۲	۱۰۱۵۵۷ ns	۰/۰۰۷ ns
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی	۴	۱۶۴۹۸۳۱ ns	۰/۰۶۰ ns
خطای (b)	۱۲	۵۷۳۳۳۰	۰/۰۲۰
رزم آبیاری (I)	۲	۱۵۰۹۶۱۶۵ **	۰/۰۹۷ *
روش‌های خاک‌ورزی × درصد آب آبیاری	۴	۱۱۳۰۰۲۵ ns	۰/۰۴۵ ns
مدیریت بقایای گیاهی × درصد آب آبیاری	۴	۱۴۷۵۸۱۸ ns	۰/۰۴۷ ns
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی × درصد آب آبیاری	۸	۸۰۱۹۸۶ ns	۰/۰۳۰ ns
خطای (c)	۳۶	۷۸۴۷۴۴	۰/۰۲۶

** وجود اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح یک درصد؛ * وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

۵۰ درصد از نظر عملکرد اختلاف معنی‌دار بود. مقدار بهره‌وری آب نیز در تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۰/۸۴۷، ۰/۸۸۷ و ۰/۷۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود که با هم اختلاف معنی‌دار داشتند.

تأثیر درصد آب‌آبیاری روی عملکرد و بهره‌وری آب گندم معنی‌دار بود. میزان عملکرد در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیازخالص آبیاری به ترتیب برابر با ۳۵۷۴، ۴۷۵۱ و ۴۹۶۱ کیلوگرم در هکتار بود که به لحاظ آماری تفاوت معناداری بین سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد وجود نداشت ولی بین این دو با سطح

جدول ۸ نتایج مقایسه میانگین عملکرد و بهره‌وری آب گندم در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ (دانکن $\alpha=0.05$)

تیمار مورد بررسی	متوسط عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)*	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)*
الف- روش‌های خاک‌ورزی:		
خاک‌ورزی متداول	۴۲۰۹ a	۰/۷۹۸ a
کم‌خاک‌ورزی	۴۴۰۹ a	۰/۸۲۶ a
بی‌خاک‌ورزی	۴۶۶۸ a	۰/۸۷۸ a
ب- مدیریت بقایای گیاهی:		
بدون بقایا	۴۳۵۸ a	۰/۸۱۶ a
حفظ ۳۰ درصد بقایا	۴۴۶۹ a	۰/۸۴۶ a
حفظ ۶۰ درصد بقایا	۴۴۵۹ a	۰/۸۴۱ a
ج- سطوح آب آبیاری:		
۵۰ درصد	۳۵۷۴ b	۰/۸۴۷ ab
۷۵ درصد	۴۷۵۱ a	۰/۸۸۷ a
۱۰۰ درصد	۴۹۶۱ a	۰/۷۶۹ b

*حروف غیرمشابه بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد.

داشت. سطح ۱۰۰ و ۷۵ درصد به ترتیب با میزان عملکرد ۳۹/۱ و ۳۹/۹ تن در هکتار در گروه اول و سطح ۵۰ درصد با مقدار عملکرد ۳۱/۸ تن در هکتار در گروه دوم از نظر آماری قرار گرفتند. به عبارتی با کاهش ۲۵ درصد آب مصرفی (از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد) میزان عملکرد تقریباً هیچ گونه کاهشی نداشته است. ولی با کاهش ۵۰ درصد آب مصرفی عملکرد حدود ۸ تن در هکتار (تقریباً ۲۰ درصد) کاهش داشته است. در مورد اثر سطوح مختلف آب روی بهره‌وری آب، سطح ۵۰ درصد آب مصرفی با میزان بهره‌وری آب ۵/۱۹۰ کیلوگرم ریشه بر مترمکعب در گروه اول، سطح ۷۵ درصد آب مصرفی با بهره‌وری آب ۴/۶۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب در گروه دوم و سطح ۱۰۰ درصد آب مصرفی با مقدار بهره‌وری آب برابر با ۳/۴۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب در گروه سوم به لحاظ آماری قرار گرفتند.

خصوصیات کیفی چغندر قند

بررسی تغییرات خصوصیات کیفی چغندر قند فقط در تیمارهای اصلی (روش خاک‌ورزی) و تیمارهای فرعی (درصد بقایا) انجام شد. مطالعه‌ی خصوصیات کیفی قند در چغندر قند تحت تأثیر تیمارهای مختلف نشان داد که میان تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر درصد قند ملاس اختلاف آماری معناداری ($P \leq 0.05$) وجود دارد. از طرف دیگر بین سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر درصد قند خالص و ناخالص و درصد خلوص (نسبت قند خالص به ناخالص) اختلاف معناداری ($P \geq 0.05$) مشاهده نشد. میان تیمارهای مختلف مدیریت بقایای گیاهی در کشت چغندر قند از نظر درصد قند ناخالص، درصد قند ملاس، درصد قند خالص و درصد خلوص در واحد سطح اختلاف معناداری ($P \geq 0.05$) مشاهده نشد. بر هم‌کنش سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی از نظر درصد قند ناخالص، درصد قند و درصد خلوص اختلاف معناداری ($P \leq 0.05$) وجود دارد. از طرف دیگر میان درصد قند ملاس اختلاف معناداری ($P \geq 0.05$) وجود نداشت (جدول ۱۱).

عملکرد و بهره‌وری آب چغندر قند (سال زراعی ۱۳۹۴)

نتایج تجزیه و تحلیل اثر تیمارها روی میزان عملکرد و بهره‌وری آب ریشه چغندر قند در سال زراعی ۱۳۹۴ در جدول ۹ ارائه شده است. نتایج نشان داد که فقط اثر رژیم آبیاری روی میزان عملکرد و بهره‌وری آب در سطح یک درصد ($P \leq 0.01$) معنادار بود ولی اثرات اصلی تیمارهای روش‌های مختلف خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود ($P \geq 0.05$).

بعد از انجام تجزیه‌ی واریانس، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۹ ارائه شده است. بیشترین میزان عملکرد در روش متداول خاک‌ورزی با مقدار ۳۹/۸ تن در هکتار به دست آمد. بعد از این سطح، دو سطح روش بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب با عملکرد ۳۸/۹ و ۳۲/۱ تن در هکتار قرار گرفتند، هر چند از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین میزان عملکرد در هر سه سطح خاک‌ورزی وجود نداشت. مقدار بهره‌وری آب در روش متداول خاک‌ورزی ۴/۷۶۱ کیلوگرم ریشه بر مترمکعب آب در هکتار بود که بیشترین میزان بهره‌وری آب را به خود اختصاص داده است. بعد از این سطح، دو سطح روش بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب با بهره‌وری آب ۴/۷۱۶ و ۳/۷۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب قرار گرفتند، هر چند از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین بهره‌وری آب در هر سه سطح خاک‌ورزی وجود نداشت.

در تیمار بقایا، سطح بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد به ترتیب با عملکرد حدود ۳۷/۹، ۳۶/۴ و ۳۶/۶ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند. از نظر بهره‌وری آب در تیمار بقایا، سطح بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد به ترتیب با بهره‌وری آب ۴/۵۹۰، ۴/۳۶۹ و ۴/۳۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب در یک گروه آماری قرار گرفتند.

نتایج تجزیه واریانس مشخص کرد که تیمار سطوح آب آبیاری در سطح یک درصد روی میزان عملکرد اثر معنادار

جدول ۹ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقد در سال زراعی ۱۳۹۴

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کل (تن در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)
تکرار	۲	۳۲۷۰ **	۴۳/۳۶۳ **
روش‌های خاک‌ورزی (T)	۲	۴۸۰ ns	۷/۹۳۳ ns
خطای (a)	۴	۱۵۷	۱/۹۴۱
مدیریت بقایای گیاهی (R)	۲	۱۸ ns	۰/۵۶۹ ns
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی	۴	۱۰۴ ns	۱/۶۱۴ ns
خطای (b)	۱۲	۵۳	۰/۶۱۳
رژیم آبیاری (I)	۲	۵۳۹ **	۲۰/۳۶۰ **
روش‌های خاک‌ورزی × رژیم آبیاری	۴	۴۰ ns	۱/۲۲۱ ns
مدیریت بقایای گیاهی × رژیم آبیاری	۴	۶۴ ns	۱/۳۳۹ ns
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی × رژیم آبیاری	۸	۱۴۸ ns	۲/۱۹۴ ns
خطای (c)	۳۶	۷۰	۰/۸۲۴

** : وجود اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح یک درصد * : وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ns : عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۱۰ نتایج مقایسه میانگین عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقد در سال زراعی ۱۳۹۴ (دانکن $\alpha=0/05$)

تیمار مورد بررسی	متوسط عملکرد چغندرقد (تن در هکتار) *	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب) *
الف- روش‌های خاک‌ورزی:		
خاک‌ورزی متداول	۳۹/۸ a	۴/۷۶۱ a
کم خاک‌ورزی	۳۲/۱ a	۳/۷۹۸ a
بی خاک‌ورزی	۳۸/۹ a	۴/۷۱۶ a
ب- مدیریت بقایای گیاهی:		
بدون بقایا	۳۷/۹ a	۴/۵۹۰ a
حفظ ۳۰ درصد بقایا	۳۶/۴ a	۴/۳۶۹ a
حفظ ۶۰ درصد بقایا	۳۶/۶ a	۴/۳۱۶ a
ج- رژیم آبیاری:		
۵۰ درصد نیاز آبی	۳۱/۸ b	۵/۱۹۰ a
۷۵ درصد نیاز آبی	۳۹/۹ a	۴/۶۰۴ b
۱۰۰ درصد آبی	۳۹/۱ a	۳/۴۸۱ c

* حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد.

جدول ۱۱ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کیفی چغندرقد در سال زراعی ۱۳۹۴

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد قندناخالص	درصد قند ملاس	درصد قند	درصد خلوص
تکرار	۲	۱۲/۳۳**	۰/۲۵۳**	۱۴/۷**	۱۹/۴**
روش‌های خاک‌ورزی (T)	۲	۱/۸۶۸ ^{ns}	۰/۰۹۸*	۲/۸۱ ^{ns}	۶/۳۹ ^{ns}
خطای (a)	۴	۳/۴۰۹	۰/۰۴۵	۳/۵۳	۲/۸۳
مدیریت بقایای گیاهی (R)	۲	۰/۱۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی	۴	۴/۱۸۱*	۰/۰۴۸ ^{ns}	۵/۰۰*	۵/۷۱*
خطای (b)	۱۲	۰/۹۹۲	۰/۰۲۱	۱/۱	۱/۶۶

کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۰/۲۰ و ۰/۱۳ درصد بیشتر بود، با این وجود بین تیمارهای خاک‌ورزی متداول و بی‌خاک‌ورزی و هم‌چنین تیمارهای بی‌خاک‌ورزی و

بیشترین و کمترین درصد قندملاس به ترتیب در تیمارهای خاک‌ورزی متداول و کم‌خاک‌ورزی حاصل شد. درصد قندملاس در سیستم خاک‌ورزی متداول نسبت به تیمار

برهم کنش سیستم خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر درصد قندخالص نشان داد که بیشترین و کمترین درصد قندخالص به ترتیب در تیمار کم‌خاک‌ورزی و حفظ ۶۰ و ۳۰ درصد بقایا با اختلاف سه درصد بدست آمد. همانند درصد قند ناخالص، میزان درصد خالص قند در روش خاک‌ورزی متداول با افزایش درصد بقایا کاهش یافت و در روش کم‌خاک‌ورزی بیشترین و کمترین درصد قندخالص به ترتیب در حفظ ۶۰ و ۳۰ درصد بقایا و در روش بدون‌خاک‌ورزی در حفظ ۳۰ و صفر درصد بقایا به دست آمد درصد خلوص به عنوان یک معیار کیفی در ارزیابی خصوصیات کیفی چغندر قند مدنظر می‌باشد. برهم‌کنش اثر تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت حفظ بقایا بر درصد خلوص نشان داد که بیشترین این ویژگی در تیمار کم‌خاک‌ورزی و حفظ ۶۰ درصد بقایا و کمترین آن در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و حفظ ۳۰ درصد بقایا و خاک‌ورزی متداول و بدون بقایا به طور مشترک به دست آمد (جدول ۱۳).

کم‌خاک‌ورزی اختلاف معناداری ($P \geq 0.05$) مشاهده نشد (جدول ۹). میانگین درصد قندناخالص تولیدی تمامی تیمارهای این مطالعه ۱۷/۳ درصد بود. برهم‌کنش تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایا از نظر درصد قندناخالص نشان داد که بیشترین و کمترین این صفت به ترتیب در تیمار کم‌خاک‌ورزی و حفظ ۶۰ درصد بقایا و تیمار کم‌خاک‌ورزی و حفظ ۳۰ درصد بقایا به دست آمد و اختلاف میان این دو تیمار ۲/۷ درصد بود. بررسی روند درصد قندناخالص در تیمار خاک‌ورزی متداول نشان داد که با افزایش درصد حفظ بقایا میزان این خصوصیت کاهش یافت. اما در تیمار کم‌خاک‌ورزی بیشترین و کمترین درصد قندناخالص به ترتیب در تیمارهای حفظ ۶۰ و ۳۰ درصد بقایا و در سیستم بدون‌خاک‌ورزی بیشترین و کمترین درصد قندناخالص به ترتیب در تیمارهای بدون بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا مشاهده شد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲ نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر خصوصیات کیفی چغندر قند

تیمار مورد بررسی	درصد قندناخالص	درصد قندملاس	درصد قند	درصد خلوص
الف- روش‌های خاک‌ورزی:				
خاک‌ورزی متداول	۱۶/۸ ^a	۱/۸۵ ^a	۱۵/۰ ^a	۸۸/۹ ^a
کم‌خاک‌ورزی	۱۷/۷ ^a	۱/۶۵ ^b	۱۶/۱ ^a	۹۰/۶ ^a
بی‌خاک‌ورزی	۱۷/۳ ^a	۱/۷۳ ^{ab}	۱۵/۵ ^a	۸۹/۸ ^a
ب- مدیریت بقایای گیاهی:				
بدون بقایا	۱۷/۲ ^a	۱/۷۴ ^a	۱۵/۵ ^a	۸۹/۷ ^a
حفظ ۳۰ درصد بقایا	۱۷/۳ ^a	۱/۷۵ ^a	۱۵/۴ ^a	۸۹/۶ ^a
حفظ ۶۰ درصد بقایا	۱۷/۴ ^a	۱/۷۲ ^a	۱۵/۷ ^a	۸۹/۹ ^a

جدول ۱۳ برهم‌کنش خاک‌ورزی و میزان بقایای گندم بر برخی خصوصیات کیفی چغندر قند

خاک‌ورزی × بقایا	درصد قندناخالص	درصد قندملاس	درصد قند	درصد خلوص
خاک‌ورزی متداول × بدون بقایا	۱۷/۱ ^{bc}	۱/۸۹ ^a	۱۵/۲ ^{bc}	۸۸/۸ ^c
خاک‌ورزی متداول × ۳۰ درصد بقایا	۱۶/۹ ^{bc}	۱/۸۴ ^a	۱۵/۰ ^{bc}	۸۹/۰ ^{bc}
خاک‌ورزی متداول × ۶۰ درصد بقایا	۱۶/۴ ^c	۱/۸۲ ^a	۱۴/۶ ^c	۸۸/۹ ^{bc}
کم‌خاک‌ورزی × بدون بقایا	۱۷/۸ ^{a-c}	۱/۵۹ ^a	۱۶/۲ ^{a-c}	۹۱/۱ ^{ab}
کم‌خاک‌ورزی × ۳۰ درصد بقایا	۱۶/۳ ^c	۱/۸۱ ^a	۱۴/۵ ^c	۸۸/۸ ^c
کم‌خاک‌ورزی × ۶۰ درصد بقایا	۱۹/۰ ^a	۱/۵۴ ^a	۱۷/۵ ^a	۹۱/۹ ^a
بی‌خاک‌ورزی × بدون بقایا	۱۶/۶ ^c	۱/۷۴ ^a	۱۴/۹ ^{bc}	۸۹/۳ ^{bc}
بی‌خاک‌ورزی × ۳۰ درصد بقایا	۱۸/۴ ^{ab}	۱/۶۱ ^a	۱۶/۷ ^{ab}	۹۱/۱ ^{ab}
بی‌خاک‌ورزی × ۶۰ درصد بقایا	۱۶/۸ ^{bc}	۱/۸۱ ^a	۱۵/۰ ^{bc}	۸۹/۰ ^{bc}

حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد با هم اختلاف معناداری ندارند

عملکرد و بهره‌وری آب‌گندم (سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴)

نتایج سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ نیز نشان داد اثر تیمارهای روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی و نیز بر هم‌کنش تیمارها روی میزان عملکرد و بهره‌وری آب معنادار نبود ($P \geq 0.05$)، ولی اثر تیمارهای درصد آب آبیاری در سطح پنج درصد ($P \leq 0.05$) معنادار بود (جدول ۱۳). نتایج مقایسه روی میزان عملکرد و بهره‌وری آب‌گندم در جدول ۱۴ ارائه شده است.

بیشترین عملکرد دانه‌گندم به‌ترتیب از تیمارهای کم‌خاک‌ورزی (۴۹۹۳) کیلوگرم در هکتار) و بی‌خاک‌ورزی

(۴۹۵۰) کیلوگرم در هکتار) حاصل شد و میزان عملکرد در روش متداول برابر با ۴۶۳۱ کیلوگرم در هکتار بود. هم‌چنین مشخص شد با اعمال تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، بهره‌وری آب افزایش یافت، به‌طوری که بهره‌وری آب در تیمار شاهد (خاک‌ورزی متداول) معادل ۰/۹۱۶ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بود که در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب به ۰/۹۸۵ و ۰/۹۷۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی افزایش یافت. این نتایج نشان داد که در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش متداول، بهره‌وری آب به‌ترتیب ۷/۵ و ۶/۸ درصد افزایش یافته است.

جدول ۱۴ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و بهره‌وری آب‌گندم در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)
تکرار	۲	۲۵۵۹۰۴ ^{NS}	۰/۰۱۰ ^{NS}
روش‌های خاک‌ورزی (T)	۲	۱۰۴۹۵۰۵ ^{NS}	۰/۰۳۹ ^{NS}
خطای (a)	۴	۲۵۳۷۲۹۳	۰/۰۸۴
مدیریت بقایای گیاهی (R)	۲	۸۵۶۳۶۳ ^{NS}	۰/۰۱۸ ^{NS}
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی	۴	۱۵۶۲۹۰۶ ^{NS}	۰/۰۶۳ ^{NS}
خطای (b)	۱۲	۱۴۹۷۹۶۵	۰/۰۴۵
رزم آبیاری (I)	۲	۶۳۶۷۵۸۹ [*]	۰/۲۸۵ [*]
روش‌های خاک‌ورزی × درصد آب آبیاری	۴	۳۱۴۶۷۳ ^{NS}	۰/۰۱۰ ^{NS}
مدیریت بقایای گیاهی × درصد آب آبیاری	۴	۱۴۰۹۰۹۸ ^{NS}	۰/۰۴۸ ^{NS}
روش‌های خاک‌ورزی × مدیریت بقایای گیاهی × درصد آب آبیاری	۸	۴۸۶۵۳۱ ^{NS}	۰/۰۲۱ ^{NS}
خطای (c)	۳۶	۱۷۲۷۳۳۹	۰/۰۵۶

*: وجود اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح یک درصد *; وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد NS: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۱۵ نتایج مقایسه میانگین عملکرد و بهره‌وری آب‌گندم در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (دانکن $\alpha=0.05$)

تیمار مورد بررسی	متوسط عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)*	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)*
الف- روش‌های خاک‌ورزی:		
خاک‌ورزی متداول	۴۶۳۱ a	۰/۹۱۶ a
کم‌خاک‌ورزی	۴۹۹۳ a	۰/۹۸۵ a
بی‌خاک‌ورزی	۴۹۵۰ a	۰/۹۷۸ a
ب- مدیریت بقایای گیاهی:		
بدون بقایا	۴۶۸۸ a	۰/۹۳۵ a
حفظ ۳۰ درصد بقایا	۵۰۴۳ a	۰/۹۸۷ a
حفظ ۶۰ درصد بقایا	۴۸۴۳ a	۰/۹۵۸ a
ج- سطوح آب آبیاری:		
۵۰ درصد	۴۳۳۵ b	۱/۰۶۲ a
۷۵ درصد	۴۹۴۶ a	۰/۹۶۰ ab
۱۰۰ درصد	۵۲۹۴ a	۰/۸۵۷ b

*حروف غیرمشابه بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد.

از نظر تأثیر مدیریت بقایای گیاهی بیشترین عملکرد در تیمار حفظ ۳۰ درصد بقایا به میزان ۵۰۴۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و مقدار عملکرد در تیمار حفظ ۶۰ درصد بقایا و بدون حفظ بقایا به ترتیب برابر با ۴۸۴۳ و ۴۶۸۸ کیلوگرم در هکتار بود. میزان بهره‌وری آب در تیمار حفظ ۳۰ درصد بقایا برابر با ۰/۹۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود و در سطوح صفر درصد بقایا و ۶۰ درصد حفظ بقایا به ترتیب برابر با ۰/۹۳۵ و ۰/۹۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بود.

تأثیر درصد آب‌آبیاری روی عملکرد معنی‌دار بود. میزان عملکرد در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۴۳۳۴، ۴۹۴۶ و ۵۲۹۴ کیلوگرم در هکتار بود که به لحاظ آماری تفاوت معناداری بین سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد وجود نداشت. ولی بین این دو سطح با سطح ۵۰ درصد از نظر عملکرد اختلاف معنادار بود. مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای آب مصرفی معنادار بود. مقدار بهره‌وری آب در تیمار ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۱/۰۶۲، ۰/۹۶۰ و ۰/۸۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب کاربردی بود (جدول ۱۵).

بحث

بر اساس نتایج تجزیه آماری صفات مورد بررسی سال‌های زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۴-۹۵، هر چند تیمار خاک‌ورزی روی عملکرد و بهره‌وری آب گندم معنی‌دار نبود، ولی میزان عملکرد در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در روش بی‌خاک‌ورزی (۴۶۶۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به روش کم‌خاک‌ورزی (۴۴۰۹ کیلوگرم در هکتار) و خاک‌ورزی متداول (۴۲۰۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب حدود ۶ و ۱۱ درصد بیشتر بود. در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ نیز میزان عملکرد در روش بی‌خاک‌ورزی (۴۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به روش کم‌خاک‌ورزی (۴۹۹۳ کیلوگرم در هکتار) تقریباً برابر و نسبت به روش خاک‌ورزی متداول (۴۶۳۱ کیلوگرم در هکتار) حدود ۷ درصد بیشتر بود. تفاوت عملکرد محصول بین روش‌های

مختلف خاک‌ورزی می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت روش بی‌خاک‌ورزی بر ساختمان خاک در طی سال‌های متوالی و در نهایت ناشی از بهبود دسترسی گیاه به رطوبت و مواد غذایی بیشتر باشد. بر اساس نتایج امینی و همکاران (Amini et al. 2014) نیز کاربرد نوع خاک‌ورزی تأثیر معناداری بر عملکرد گندم داشت و در روش کم‌خاک‌ورزی افزایش یافت. اما بر اساس گزارش کروز (Kreuz 1990) روش کم‌خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه اختلاف معناداری با روش خاک‌ورزی متداول (گاوآهن برگردان‌دار) نداشت. همچنین مطالعه اثر نظام‌های تناوبی زراعی مختلف بر عملکرد گندم در اقلیم سرد خراسان رضوی در طول پنج سال که در ایستگاه تحقیقاتی جلگه‌رخ انجام شده نشان داد که تناوب چغندر قند و گندم نسبت به روش تک‌کشتی گندم دارای عملکرد بیشتری است. این محققان تناوب چغندر قند با گندم را به دلیل نفوذ بیشتر ریشه در خاک و ایجاد بستر مناسب برای رشد گندم را دلیل برتری این تناوب ذکر کردند (Zarea Feizabadi and Azizzi 2012). شاید به همین دلیل میزان عملکرد گندم در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ نسبت به سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بیشتر بود چرا که سال پیش از آن محصول چغندر قند در تناوب بوده است. نتایج این تحقیق از نظر تأثیر روش‌های خاک‌ورزی روی عملکرد گندم با نتایج دویتا و همکاران (De Vita et al. 2007)، قدسی (Ghodsi 2012) و رشیدی و همکاران (Rashidi et al. 2011) مطابقت داشت.

مدیریت بقایای گیاهی تأثیر معناداری روی عملکرد دانه گندم در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۴-۹۵ نداشت. عملکرد دانه در سطوح صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ به ترتیب ۴۳۵۸، ۴۴۶۹ و ۴۴۵۹ کیلوگرم در هکتار و در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ به ترتیب ۴۸۴۳، ۵۰۴۳ و ۴۶۸۸ کیلوگرم در هکتار بود. تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایا در هر دو سال روی بهره‌وری آب گندم معنادار نبود. با وجود معنادار نبودن میزان بهره‌وری آب، متوسط آن در دو سال

نتایج افزایش عملکرد و بهره‌وری آب‌گندم با نتایج قدسی (2012)، امینی و همکاران (2014) و امانی و همکاران (Amani *et al.* 2016) مطابقت داشت.

بر اساس نتایج تجزیه آماری صفات موردبررسی سال زراعی ۱۳۹۴، روش خاک‌ورزی و مدیریت بقایا روی عملکرد و بهره‌وری آب ریشه چغندرقد معنادار نبود، عملکرد در روش خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۳۹/۸، ۳۲/۱ و ۳۸/۹ تن در هکتار و بهره‌وری آب به ترتیب ۴/۷۶۱، ۳/۷۹۸ و ۴/۷۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میزان عملکرد در صفر، ۳۰ و ۵۰ درصد بقایا به ترتیب ۳۷/۹، ۳۶/۴ و ۳۶/۶ تن در هکتار و بهره‌وری آب به ترتیب ۴/۵۹۰، ۴/۳۶۹ و ۴/۳۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. لافر و کوچ (Laufer Koch 2017) افزایش ۷ درصدی عملکرد ریشه‌ی چغندرقد در خاک‌ورزی متداول و کم‌خاک‌ورزی و کاهش ۶ درصدی در عملکرد ریشه در بی‌خاک‌ورزی را در اثر از بین رفتن پشته‌ها در برخی نقاط در کشت قبلی (گندم) و یکنواخت نبودن توزیع بقایای کشت قبلی و در نتیجه اختلال در رشد و نمو بوته‌ها و کاهش عملکرد نهایی عنوان نموده‌اند. برخی مطالعات نیز دو عامل غیرهمسو، علف‌هرز (عامل منفی) و نگاه‌داری رطوبت خاک و در نتیجه افزایش وزن ریشه‌های چغندرقد (عامل مثبت) در روش بی‌خاک‌ورزی را اثرات خنثی‌کننده افزایش و یا کاهش عملکرد دانسته به گونه‌ای که موجب شده است تا اختلاف معناداری در عملکرد چغندرقد در مقایسه با روش‌های دیگر خاک‌ورزی حاصل نشود (Afshar *et al.* 2015; Belmont 2019). با وجود نداشتن اختلاف معنی‌دار بهره‌وری آب ریشه در روش‌های خاک‌ورزی، مقدار این شاخص در بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی حدود ۷ درصد بیشتر از روش خاک‌ورزی متداول بود. نتایج این مطالعه همسو با نتایج جابرو و همکاران (Jabro *et al.* 2014) بود. این محققان نشان دادند در یک دوره سه ساله علی‌رغم این که تفاوت معناداری در

زراعی در روش بی‌خاک‌ورزی (۰/۹۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب) نسبت به کم‌خاک‌ورزی (۰/۹۰۶) و خاک‌ورزی متداول (۰/۸۵۷) به ترتیب حدود ۲ و ۸ درصد بیشتر بود. بوتتا و همکاران (Botta *et al.* 2009) بیان داشتند که تغییر سیستم زراعی از متداول به کشاورزی حفاظتی می‌تواند نقش مهم و مؤثری در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری مصرف آن داشته باشد. به طوری که اگر در زراعت گندم مناطق معتدل یک مرحله آبیاری صرفه‌جویی شود ارزش اقتصادی قابل‌توجهی از نظر کاهش هزینه تولید گندم، حفظ منابع و ذخایر آب‌های زیرزمینی و کمک به کاشت محصولات بهاره خواهد داشت. از طرفی رشیدی و همکاران (2011) نشان دادند، اعمال سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی گندم نداشته است.

سطوح آب آبیاری روی میزان عملکرد دانه و بهره‌وری آب گندم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. متوسط عملکرد دانه گندم در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در سطح ۱۰۰ درصد آب آبیاری (۵۱۲۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سطح ۷۵ درصد آب آبیاری (۴۸۴۹ کیلوگرم در هکتار) و ۵۰ درصد آب آبیاری (۳۹۵۴ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب حدود ۶ و ۳۰ درصد بیشتر بود. به عبارتی کاهش عملکرد ناشی از اعمال سطح آب آبیاری ۷۵ درصد نسبت به سطح ۱۰۰ درصد فقط حدود ۶ درصد بود که به لحاظ آماری غیرمعنادار و ناچیز بود. میانگین بهره‌وری آب نیز در دو سال زراعی کاشت گندم در سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد آب آبیاری به ترتیب ۰/۸۱۳، ۰/۹۲۴ و ۰/۹۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود. از نظر آماری بین سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیازآبی و سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنادار نبود. به عبارتی با در نظر گرفتن عملکرد و بهره‌وری آب، در صورت نیاز به صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری (با توجه به کمبود منابع آب در کشور و استان خراسان رضوی) اعمال تیمار سطح آب آبیاری ۷۵ درصد نیاز آب آبیاری در شرایط کشاورزی حفاظتی قابل‌توصیه است.

اثر خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در بلندمدت ظاهر می‌شود (Jat et al. 2009; Montgomery 2007). گوارتز و همکاران (Govaerts et al. 2005) نیز عنوان نمودند که باقی گذاشتن بقایا در مزرعه برای عملیات بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی ضروری است و بایستی حداقل برای مدت پنج سال این کار انجام شود تا نتایج آن به‌طور قابل‌توجهی نشان داده شود. شاید دلیل معنی‌دار نشدن تأثیر مثبت حفظ بقایا بر عملکرد در این آزمایش و تحقیقات مشابه همین موضوع باشد. البته وجود رطوبت کافی در خاک نیز برای پوساندن بقایا دارای اهمیت به‌سزایی است (Emam et al. 2000). کاوالاریس و جمتوس (2002) وجود بقایا بر سطح خاک را مانعی برای رسیدن اشعه خورشید به خاک دانستند که تبخیر آب را کاهش داده و در نتیجه سبب افزایش رطوبت ذخیره شده در خاک می‌گردد و از این طریق می‌تواند بر افزایش قابلیت دسترسی گیاه به رطوبت خاک تأثیر مثبت داشته باشد.

از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کشاورزی پایدار، تغذیه گیاه با استفاده از عناصر غذایی و منابع موجود در خاک می‌باشد که این امر تحت تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک است. مدیریت خاک بر فعالیت‌های میکروبی خاک مؤثر بوده که این عامل با معدنی کردن مواد آلی موجب قابل‌دسترس شدن عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد. از طرف دیگر گزارش شده است که کاربرد بقایای گیاهی زیاد بدون نیتروژن کافی باعث کاهش تولید می‌شود (Singh et al. 2004). مطالعه‌ی تناوب‌های مختلف در طول پنج سال در ایستگاه جلگه‌رخ استان خراسان رضوی نشان داد که عدم‌استفاده از مقدار مناسب کود نیتروژنه جهت تجزیه بقایای گیاهی موجب کاهش میزان کربن خاک و کاهش نیتروژن موردنیاز می‌گردد که در نهایت روی میزان تولید در سال بعد تأثیرگذار است (Zarea Feizabadi and Nourihosseini 2013). در این مطالعه، کاهش عملیات خاک‌ورزی احتمالاً صدمات کمتری به عوامل زنده خاک رسانده و میزان فعالیت آنها را افزایش داده است. بنابراین افزایش نسبی عملکرد با کاهش عملیات خاک‌ورزی ممکن است به‌دلیل افزایش عناصر قابل‌دسترس در

بهره‌وری آب ریشه روش‌های خاک‌ورزی چغندر قند وجود نداشت، اما میانگین بهره‌وری آب ریشه روش کم‌خاک‌ورزی حدود ۱۰ درصد بیشتر از روش خاک‌ورزی متداول بود.

در مجموع می‌توان استدلال کرد اگرچه عملکرد و بهره‌وری آب ریشه چغندر قند در مدیریت‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی معنی‌دار نبود، کاشت چغندر قند در بقایای گندم در کوتاه مدت به‌دلیل کاهش مصرف انرژی و سرعت بیشتر، مناسب‌تر از روش‌های دیگر خاک‌ورزی است. مطالعه جمتوس و کاوالاریس (2001 Gemtos and Cavalaris) نشان داد که در روش بی‌خاک‌ورزی چغندر قند مصرف انرژی حدود ۵۴ درصد کمتر از روش خاک‌ورزی متداول است. نتایج اثر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا روی عملکرد ریشه و بهره‌وری آب ریشه چغندر قند با نتایج شریفی و همکاران (Sharifi et al. 2016)، کاوالاریس و جمتوس (Cavalaris and Gemtos 2002) سانتا (Santa 2005) رومنکز و همکاران (Romaneckas et al. 2009) مطابقت دارد.

از نظر خصوصیات کیفی چغندر قند، روش‌های خاک‌ورزی و درصد بقایا، فقط روی درصد قند ملاس معنادار بود. بیشترین درصد قند ملاس (۱/۸۵ درصد) در تیمار خاک‌ورزی متداول حاصل شد. ملاس چغندر قند در واقع ترکیبات قندی غیر قابل تبلور می‌باشند که در فرآیند استحصال قند در کارخانه‌های قند تولید می‌شود. از عوامل مؤثر در افزایش درصد ملاس در چغندر قند افزایش میزان جذب عناصر سدیم، پتاسیم و نیتروژن است (Karimi et al. 2012). به‌نظر می‌رسد در این مطالعه در روش خاک‌ورزی متداول میزان تجزیه بقایا و در دسترس بودن عناصر غذایی بیشتر از سایر تیمارها بوده که در نهایت درصد ملاس در این تیمار افزایش پیدا کرده است.

أخذ نتایج متفاوت و البته غیرمعنادار در مورد اثر حذف یا حفظ مقادیر مختلف بقایا نیز می‌تواند متأثر از حجم بقایای محصول زراعی قبلی بر وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک باشد که نتایج مفید آن بر بهبود خصوصیات خاک در درازمدت یا میان‌مدت بر عملکرد محصولات زراعی نمایان می‌شود. معمولاً

نتیجه فعالیت بیشتر عوامل زنده خاک باشد. از طرف دیگر، عدم تأثیر معنی‌دار افزایش بقایای گیاهی بر عملکرد ممکن است به دلیل کاهش نیتروژن قابل دسترس و کاهش فعالیت میکروبی باشد (Balota et al. 2003).

بدون تردید کاهش دستکاری خاک موجب بهبود صفات فیزیکی و شیمیایی خاک شده و وجود بقایای گیاهی سال قبل نیز به حفظ و ذخیره رطوبت خاک کمک نموده و در مجموع بهره‌وری آب افزایش می‌یابد. در حال حاضر نکته کلیدی برای کشاورزان افزایش بهره‌وری آب است که با محقق شدن آن می‌توانند سطح زیرکشت خود را افزایش داده و یا با سطح ثابت کشت، میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی را کاهش دهند و در نهایت از سودمندی بیشتری برخوردار شوند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه چنین به نظر می‌رسد که در محصول گندم و چغندر قند می‌توان با استفاده از روش بدون خاک‌ورزی و به‌ویژه در شرایط حفظ بقایا به عملکردهایی معادل روش خاک‌ورزی متداول دست یافت. از طرفی کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی ناشی از حذف قسمتی از عملیات خاک‌ورزی می‌تواند دلیلی منطقی بر توصیه کاربرد آن باشد. با توجه به اینکه نحوه کشت محصولات زراعی توسط کشاورزان در حال حاضر معمولاً با استفاده از شخم (گاواهن برگردان‌دار) و در زمین بدون بقایا انجام می‌شود، در صورت تغییر روش کشت و مدیریت بقایای گیاهی (به‌عنوان مثال کاشت محصول در زمینی با ۳۰ درصد بقایای محصول قبلی و استفاده از روش بدون شخم)، می‌توان انتظار داشت که تولیدات این محصولات به‌صورت پایدار ادامه یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی و میزان بقایا بر هیچ‌یک از صفات عملکرد و بهره‌وری آب گندم و چغندر قند تأثیر معنادار نداشته است. البته وجود اختلاف غیرمعنادار تحت

تیمارهای خاک‌ورزی و بقایای گیاهی نتیجه قابل‌قبولی است. برخلاف تصورات که حذف شخم و وجود بقایای گیاهی موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود، اعمال خاک‌ورزی و عدم‌اعمال آن (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) اثر معناداری بر افزایش یا کاهش عملکرد نداشته است. همچنین با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و با توجه به حذف عملیات خاک‌ورزی و اثر مستقیم آن بر کاهش هزینه‌های تولید، أخذ نتایج کاربردی و توصیه‌ی آن به کارشناسان بخش اجرا و کشاورزان را امکان‌پذیر می‌سازد. از طرفی با حذف عملیات خاک‌ورزی و اعمال روش بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) علاوه‌بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها و بهبود خصوصیات خاک، عملکرد بالاتری حاصل می‌شود و همان‌گونه که در فواید کشاورزی حفاظتی آمده است موجب بهبود و افزایش بهره‌وری آب نیز خواهد شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در مناطقی که با کمبود آب مواجه‌اند می‌توان ۲۵ درصد آب‌مصرفی را در مزارع گندم و چغندر قند کاهش داد. این عمل نه تنها موجب کاهش قابل توجه عملکرد نمی‌گردد بلکه بهره‌وری آب را نیز تا حدودی افزایش می‌دهد. در روش بی‌خاک‌ورزی ضمن مزایای کاهش هزینه‌های تولید، میزان عملکرد به دلیل بهبود یکنواختی سبز و اصلاح محیط رشد و نمو گیاه تفاوت عملکرد معناداری با شرایط متداول خاک‌ورزی نداشت، لذا در مناطق قابل ترویج و توسعه می‌باشد. از نظر مدیریت بقایای گیاهی نیز حفظ ۳۰ درصد بقایا بعد از برداشت محصول قابل ترویج و توصیه است. از آنجا که سوخت و آب، سرمایه‌های ملی و متعلق به نسل‌های آینده هستند، لذا در راستای رسیدن به توسعه‌ی پایدار پیشنهاد می‌گردد بهره‌وری آب و سوخت برای انواع روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ها و محصولات مختلف و نیز میزان حفظ بقایای محصول قبلی محاسبه گردد و جایگزین‌های مناسبی برای روش رایج خاک‌ورزی در کشور معرفی شود.

References:**منابع مورد استفاده:**

- Afshar RK, Nilahyane A, Chen C, He H, Stevens WB, Iversen WM. Impact of onservation tillage and nitrogen on sugar beet yield and quality. *Soil and Tillage Research*. 2019; 191: 216-223. **doi:10.1016/j.still.2019.03.017**
- Amani S, Zamani M, Mohammad A. Effect of conservation tillage methods on soil physical and mechanical properties of wheat in the region Khandab state Markazi. *Journal of bio systems engineering*. 2016; 5 (2): 59-82. **[In Persian]**
- Amini A, Rahaei M, Farsi Nejad K, Rajahi A. Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of plant ecophysiology*. 2014; 6 (16): 27-38. **doi:20.1001.1.20085958.1393.6.16.3.8. [In Persian]**
- Balota EL, Colozzi-Filho A, Andrade DS, Richard PD. Microbial biomass in soil sunder different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*. 2003; 38 (1): 15-20. **doi:10.1007/s00374-003-0590-9.**
- Belmont KM. Effect of Tillage, Irrigation amounts, and nitrogen rates in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). University of Idaho. 2015; Thesis.
- Botta GF, Becerra AT, Melcon, FB. Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*. 2009; 105 (1): 128-134. **doi:10.1016/j.still.2009.06.005.**
- Cavalaris CK, Gemtos TA. Evaluation of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. 2002; 6: 1-24.
- De Vita P, PaoloE Di, Fecondo G, Di Fonzo N, Pisante M. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*. 2007; 92: 69–78. **doi:10.1016/j.still.2006.01.012.**
- Emam Y, Kheradnam M, Bahrani, MJ, Asad MT, Ghadiri, H. The effect of residue management on the grain yield and its components of winter wheat in continuous irrigated wheat cropping. *Iranian Ournal of Agricultural Science*. 2000; 31:839-850. **[In Persian]**
- Gemtos BTA, Cavalaris CK. Soil tillage effect in the sugar beet crop. *First World Congress on conservation agriculture*. 2001; 1-5 Oct. 2001 Madrid, Spain.
- Ghodsi M. Study on the effect of conservation tillage methods in comparison with the conventional methods on yield and water use efficiency of bread wheat in Chenaran city. *Seed and Plant Improvement Institute. The final report of research project*. 2012. **[In Persian]**
- Govaerts B, Sayre KD, Deckers J. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting. *Field Crop Research*. 2005; 94:33–42. **doi:10.1016/j.fcr.2004.11.003.**
- Guerif J, Richard G, Durr C, Machet JM, Recous S, Roger-Estrade J. A review of tillage effects on crop residue management, seed bed conditions and seedling establishment. *Soil and Tillage Reseach*. 2001; 61:13-32. **doi:10.1016/S0167-1987(01)00187-8.**

- Heydari A. Effect of inter- row tillage on yield and water productivity of sugar beet. *Journal of Agricultural Machinery*. 2020; 10 (2). 313-323. **doi:10.22067/jam.v10i2.76864. [In Persian]**
- Hobbs PR, Sayre K, Gupta R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 2007; 363(1491): 543-555. **doi:10.1098/rstb.2007.2169.**
- Honarvar M, Klbasi ashtari A, Karimi KH. Estimated losses sugar in molasses in factory production based on technological quality of sugar beet. *Food Technology and Nutrition*. 2012; 9 (3): 31-38. **[In Persian]**
- Jabro JD, Stevens WB, Iverson WM, Evans RG, Allen BL. Crop water productivity of sugar beet as affected by tillage. *Agronomy Journal*. 2014; 106(6): 2280-2286. **doi:10.2134/agronj14.0186.**
- Jat ML, Gathala MK, Ladha, JK, Saharawat YS, Jat AS, Kumar V, Sharma SK, Kuma V, Gupta R. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice–wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 2009; 105 (1): 112-121. **doi:10.1016/j.still.2009.06.003.**
- Karimi M, Ghodsi M. Yield and water productivity of wheat in cotton-wheat rotation under different tillage and crop residue managements. *Journal of Water Research in Agriculture*. 2019; 33 (1): 81-93. **doi:10.22092/jwra.2019.119116. [In Persian]**
- Kaspar TC, Erbach DC, Cruse RM. Corn response to seed-row residue removal. *Soil Science Society of America Journal*. 1990; 54:1112-1117. **doi:10.2136/sssaj1990.03615995005400040032x.**
- Kreuz E. The influence of no –plough tillage for winter wheat in a three–course rotation on yield and yield structure. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 1990; 34(9): 635-641(Abst.).
- Laufer D, Koch HJ. Growth and yield formation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under strip tillage compared to full width tillage on silt loam soil in Central Europe. *European Journal of Agronomy*. 2017; 82: 182–9. **doi:10.1016/j.eja.2016.10.017.**
- Montgomery DR. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA. 2007; 104: 13268-13272. **doi: 10.1073/pnas.0611508104.**
- Opoku G, Vyn TJ. Wheat residue management options for no-till corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 1997; 77: 207-213. **doi:10.4141/P96-128.**
- Rashidi Z, Zare MJ, Rejali F, Ashraf mehrab A. Effect of soil tillage and integrated chemical fertilizer and bio fertilizer on quantity and quality yield of bread wheat and soil biological activity under dry land farming. *Electronic Journal of Crop Production*. 2011; 4 (2):189-206.
- Romanekas K, Romanekien R, Šarauskis E, Pilipavius V, Sakalauskas A. The effect of conservation primary and zero tillage on soil bulk density, water content, and sugarbeet growth and weed infestation. *Agronomy Research*. 2009; 7(1): 73-86.
- Santa I. The different soil tillage for higher yield of sugar beet. Report of Research Institute of Agroecology, Michalovce, Slovak Republic. 2005.

- Sharifi HR, Hasanzadeh H, Ghaemi AR. Study the effects of tillage method and residue amount on yield and some traits of clover and sugar beet. *Journal of Agroecology*. 2017; 6 (2): 100-112.
- Singh Y, Ladha JK, Khind CS, Bueno CS. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice-wheat rotation. *Soil Science Society of America Journal*. 2004; 68: 854-864. **doi: 10.2136/sssaj2004.8540.**
- Zarea Feizabadi A, Azizzi M. Effect of different crop rotation systems on wheat productivity in cold agro- climatic region of Khorasan-e- Razavi in Iran. *Seed and Plant Production Journal*. 2012; 2-28 (3) 261-275. **doi:10.22092/sppj.2017.110475.**
- Zarea Feizabadi A, Nourihosseini M. Study on the variations of organic carbon and some nutrients in soil. *Iranian Journal of Soil Research*. 2013; 27 (4): 629-643. **doi: 10.22092/ijsr.2014.126319. [In Persian]**