نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۳۷۸-۳۶۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 369-378

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر روش‌های کشاورزی حفاظتی بر حفظ رطوبت خاک و عملکرد لوبیا

مصطفی گودرزی[1*]، ابوالفضل هدایتی‌پور[2]، منا طهماسبی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۴

چکیده:

شرایط فیزیکی مطلوب برای جوانه‌زنی مناسب و بهبود رشد و تولید بیشتر حائز اهمیت است. یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک که متأثر از نوع و روش خاک‌ورزی می‌باشد، سرعت نفوذ آب در خاک می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر روش‌های کشاورزی حفاظتی در کشت لوبیا (لوبیا سفید رقم درسا) در تناوب با جو، بر حفظ رطوبت خاک و عملکرد لوبیا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی در سال‌های زراعی ۹۷-۹۶، ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- روش مرسوم (استفاده از گاوآهن برگردان‌دار - دیسک) به عنوان شاهد، ۲- روش کم‌خاک‌ورزی با استفاده از گاوآهن چیزل-پکر و ۳- روش بی‌خاک‌ورزی با دستگاه کشت مستقیم. درصد پوشش گیاهی بقایا در روش مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۲۰، ۵۰ و ۹۰ درصد بود. به منظور ارزیابی میزان نگهداشت رطوبت خاک در تیمارهای مورد آزمایش، رطوبت وزنی خاک اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب با مقادیر ۲۸۶۹ و ۲۰۷۶ کیلوگرم در هر هکتار بود. علاوه‌براین، بیشترین حفظ رطوبت خاک نیز در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی مشاهده گردید. به نحوی که به طور متوسط مقدار رطوبت وزنی خاک در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در روز چهارم پس از آبیاری، به ترتیب ۱ و ۱/۸ درصد بیشتر از روش مرسوم بود. نتایج نشان داد که استفاده از روش کم‌خاک‌ورزی نسبت به روش مرسوم در روش آبیاری قطره‌ای، بدون اینکه باعث کاهش عملکرد محصول گردد منجر به نگهداشت بیشتر رطوبت خاک شده و در نتیجه به بهبود بهره‌وری آب در تولید لوبیا کمک می‌نماید. به طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده، با توجه به وضعیت خاک‌های منطقه و کمبود ماده آلی خاک استفاده از روش کم‌خاک‌ورزی گزینه‌ای مناسب برای حفظ منابع آب و خاک و افزایش بهره‌وری آب در تولید لوبیا است.

واژه‌های کلیدی: بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی، رطوبت خاک، ظرفیت زراعی، لوبیا

مقدمه

هدف کلی از اجرای عملیات خاک‌ورزی، ایجاد شرایط فیزیکی بهینه برای جوانه‌زنی بهتر و در نتیجه بهبود رشد بیشتر گیاه است (Jabro et al., 2011). با این حال با افزایش شدت عملیات خاک‌ورزی، به واسطه ناپایداری خاک‌دانه‌ها، فرسایش خاک و همچنین میزان فشردگی خاک افزایش می‌یابد که در نهایت بر روی عملکرد محصول تأثیر منفی دارد (Castellanos-Navarrete et al., 2012, Castellini and Ventrella, 2012). کشاورزی حفاظتی یکی از راهکارهای عملی جهت توسعه کشاورزی پایدار و حفظ منابع خاک و آب است. تحقیقات گسترده‌ای در خصوص مزایای حاصل از اجرای کشاورزی حفاظتی در سال‌های اخیر در شرایط آب و هوایی متفاوت و در کشورهای مختلف انجام شده است. ساختار کشاورزی حفاظتی بر سه اصل استوار است. این سه اصل عبارتند از: حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین، حداقل به‌هم‌خوردگی خاک و اجرای تناوب زراعی. بنابراین دسترسی به کشاورزی پایدار و حصول منافع حاصل از آن مستلزم پیاده‌سازی اصول مذکور به صورت توأم است (Corsi and Muminjanov, 2019). مقدار بقایای محصول قبلی بر روی سطح خاک می‌بایست در حدود ۳۰ درصد خاک را پوشش دهد (Corsi and Muminjanov, 2019). در روش‌های مرسوم، از گاوآهن برگردان‌دار استفاده می‌شود. با برگردان‌شدن خاک، رطوبت

۱و ۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
۲- مربی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: goodarzimustafa@gmail.com)
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.2.12.4

لایه‌های زیرین خاک در معرض هوای آزاد قرار گرفته و عملاً رطوبت خاک از دست می‌رود (Sharma and Behra, 2008). همچنین با برگردان شدن خاک، ذخیره ماده آلی خاک که دارای ارزش زیادی می‌باشد و یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفی خاک محسوب می‌شود، به شدت کاهش می‌یابد (Oliveria, et al., 2020). روش‌های مختلفی برای اجرای خاک‌ورزی حفاظتی معرفی شده است. با این حال در ایران، دو روش کم‌خاک‌ورزی (یعنی استفاده از ادوات چیزل مانند که مانع برگردان‌شدن خاک می‌شوند) و همچنین روش بدون‌خاک‌ورزی (استفاده از دستگاه کشت مستقیم) بیشتر متداول است.

یکی از ویژگی‌های فیزیکی مهم که متأثر از نوع و روش خاک‌ورزی است، سرعت نفوذ آب در خاک است. به دلیل چسبندگی بین ذرات خاک و مولکول‌های مایع، حرکت آب در خاک بر اساس اصل مویینگی است. تفاوتی که لوله‌های مویین شیشه‌ای با منافذ خاک دارند، این است که منافذ خاک قطر یکنواخت ندارند، از این رو یک لوله منفذی ممکن است در قسمتی باریک و در قسمت دیگر گشاد و یا حفره‌ای باشد. این موضوع باعث می‌شود که پر و خالی شدن منافذ خاک، به سادگی لوله‌های شیشه‌ای نباشد (علیزاده، ۱۳۸۹). با انجام عملیات خاک‌ورزی و فشردگی خاک، ترکیب و چینش لوله‌های مویین به هم خورده که در نتیجه میزان نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد (Khirul Alam et al., 2014). افزایش نفوذپذیری آب در خاک باعث هدایت بیشتر آب به قسمت‌های عمقی خاک شده و از تبخیر آن جلوگیری می‌شود که در نهایت ماندگاری رطوبت در خاک افزایش می‌یابد. میزان نفوذپذیری به عوامل دیگری نیز بستگی دارد. میزان ماده آلی خاک، رطوبت اولیه خاک، و همچنین بافت خاک، از عواملی هستند که بر روی میزان نفوذپذیری آب در خاک تأثیرگذار هستند (Khirul Alam et al., 2014). وجود بقایای گیاهی بر روی سطح خاک، مانع از تغییرات دمای محیط خاک طی ساعات شبانه‌روز می‌شود. علت این موضوع این است که بقایای گیاهی همانند یک عایق عمل می‌کنند و تغییرات دمای خاک کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات شارما و همکاران (Sharma et al., 2011) نشان می‌دهد حفظ رطوبت خاک در روش بدون‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم بیشتر می‌باشد. مشابه چنین نتایجی توسط هدایتی‌پور (۱۳۹۴) نیز گزارش شده است. آکار و همکاران (Acar et al., 2017) تأثیر سه روش کم‌خاکورزی (با استفاده از چهار نوع ادوات)، بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول را بر روی میزان حفظ رطوبت خاک در کشت گندم در منطقه مدیترانه مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش درصد رطوبت در فواصل زمانی مشخص اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در همه زمان‌های اندازه‌گیری رطوبت، میزان رطوبت حجمی خاک در روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) بیشتر بود. کوپک و همکاران تأثیر روش خاک‌ورزی بر حفظ رطوبت را در مورد محصول ذرت مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این محققین، روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) بیشترین مقدار حفظ رطوبت را در خاک باعث شد (Copec et al., 2015). ترومن و رولند تأثیر به‌کارگیری سامانه خاک‌ورزی حفاظتی بر مصرف آب و میزان نگهداشت آب را بررسی نمودند. بر اساس یافته‌های تحقیقاتی آنها، میزان صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به روش مرسوم در خصوص دو محصول بادام‌زمینی و ذرت به ترتیب ۱۹ و ۴۲ درصد گزارش شده است (Truman and Rowland, 2005). بر اساس نتایج تحقیقات آریاگا و بالکوم سیستم کم‌خاک‌ورزی، به هم‌خوردگی سطحی خاک را کاهش می‌دهد و به دلیل باقی‌گذاشتن بقایای گیاهی، نفوذپذیری آب در داخل خاک بهبود می‌یابد. مطابق نتایج تحقیقاتی این محققین، خاک‌هایی که با استفاده از این سیستم آماده شده‌اند ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهند. دلیل افزایش ظرفیت نگهداشت آب، افزایش میزان ماده آلی خاک ذکر شده است (Arriaga and Bolkman, 2005). هاوکینز و همکاران تأثیر دو روش خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر روی میزان حفظ رطوبت در یک خاک لومی- شنی در محصول بادام‌زمینی را مورد بررسی قرار دادند. این محققین با استفاده از سنسور، رطوبت خاک را در فواصل زمانی مختلف ثبت نمودند. نتایج این پژوهشگران نشان داد اختلاف سرعت کاهش رطوبت، در حالتی که رطوبت هر دو خاک بالا باشد (پتانسیل ماتریک کمتر از ۵۰ کیلو پاسکال)، معنی‌دار نبود. در صورتی که رطوبت خاک کم باشد (بیش از ۸۰ کیلو پاسکال)، سرعت کاهش رطوبت در روش خاک‌ورزی حفاظتی ۲/۵ برابر روش خاک‌ورزی مرسوم خواهد بود (Hawkins et al., 2016). سریواستاوا و همکاران اظهار کرده‌اند نفوذپذیری خاک بعد از برداشت گندم و برنج در روش کشت مستقیم بیشتر از روش آماده‌سازی خاک با استفاده از ادوات چیزل و روتاری بوده است. این محققین دلیل این موضوع را استحکام بیشتر خاک‌دانه‌ها و تخریب کمتر لوله‌های مویین در لایه سطحی خاک دانسته‌اند (Strivastava et al, 2000). بر اساس یافته‌های پژوهشی بیوه و همکاران، مصرف آب در روش کشت مستقیم و یا بدون خاک‌ورزی در تناوب نخود و گندم در یک خاک لومی رسی در یک دوره ۲ ساله به میزان ۱۶ درصد کاهش داشته است (Yeboh et al., 2016). نتایج تحقیقات انجام شده در کشور چین نشان داده است درصد افزایش رطوبت بلند مدت در یک خاک رسی (عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) در روش کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش مرسوم، ۷ درصد بیشتر بوده است. مقدار افزایش رطوبت در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در حدود ۱۹ درصد گزارش شده است (He et al. 2009). بنانیان اول و همکاران (۱۳۹۹)، به منظور ارزیابی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و مقدار بقایای گیاهی بر میزان رطوبت خاک آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مشهد انجام دادند. نتایج این محققین نشان داد میزان آب در خاک در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری، در روزهای پنجم،

ششم و هفتم بعد از آبیاری در روش کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش مرسوم بیشتر می‌باشد. از دیگر تحقیقات انجام شده در خصوص اثر کشاورزی حفاظتی بر حفظ رطوبت خاک می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط افضلی‌نیا و کرمی ۱۳۹۷، دهقانیان و افضلی‌نیا ۱۳۹۷، شوارتز و همکاران (Schwartz et al., 2010)، سوزا و همکاران (Souza et al., 2016)، اوبیا و همکاران (Obia et al., 2020) و دیلاون و همکاران (DeLaune et al., 2020) اشاره نمود.

خسارت ناشی از کم‌آبی به‌ویژه در استان مرکزی در طی سال‌های اخیر، بسیار شدید بوده که موجب مهاجرت کشاورزان لوبیاکار به مناطق پرآب شده است. با توجه به مصرف بالای آب در این محصول، اجرای روش‌هایی که بتوان از منابع آب موجود منطقه و نیز آب قابل‌دسترس کشاورزان استفاده کارا و مؤثرتری انجام شود بسیار مورد نیاز است. یکی از این روش‌ها، اجرای کشاورزی حفاظتی است لذا، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر حفظ و نگهداری رطوبت خاک و عملکرد گیاه لوبیا بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (با تأکید بر تناوب زراعی و حفظ بقایا) بر روی عملکرد و حفظ رطوبت خاک، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) طی سال‌های زراعی ۹۷-۹۶، ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مرکب و در ۳ تکرار انجام شد. شهر اراک در استان مرکزی با ارتفاع ۱۷۰۸ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی سال زراعی، ۳۲۰/۲ میلی‌متر است. بیشترین بارندگی به میزان ۴۸۵/۸ میلی‌متر در سال زراعی ۷۱-۷۰ و کمترین بارندگی با مقدار ۱۵۴/۴ میلی‌متر در سال زراعی ۷۸-۷۷ ثبت شده است. متوسط دمای سالانه شهر اراک ۱۳/۸ درجه سلسیوس است که مرداد با میانگین ۲۷درجه سلسیوس، گرم‌ترین ماه و بهمن با ۰/۳ درجه سلسیوس، سردترین ماه سال است. میانگین رطوبت سالیانه اراک ۴۶٪ بوده که ماه دی با میانگین رطوبت ۶۹٪ مرطوب‌ترین و ماه شهریور با رطوبت ۲۶٪ خشک‌ترین ماه سال است. باد غالب شهر اراک غربی (۲۴۰ درجه) و بیشترین سرعت باد وزیده شده به میزان ۱۳۵ کیلومتر در ساعت در ماه اسفند ۱۳۸۲ ثبت و گزارش شده است. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱-روش خاک‌ورزی مرسوم (استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک)، ۲-روش کم‌خاک‌ورزی (استفاده از گاوآهن چیزل-پکر) ۳-روش بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم). عملیات شخم ثانویه در تیمار مرسوم، به تعداد یک مرتبه و با استفاده از دیسک انجام شد. تیمار کم‌خاک‌ورزی نیز با استفاده از گاوآهن چیزل-پکر (بدون عملیات دیسک‌زنی) انجام شد. رطوبت وزنی خاک در مرحله آماده‌سازی زمین برابر با ۹ درصد بود. در مورد تیمار بی‌خاک‌ورزی، با استفاده از خطی‌کار مخصوص کشت مستقیم (ساخت شرکت جیران‌صنعت آریا) عملیات کشت بلافاصله بعد از برداشت جو، انجام شد. الگوی کشت به صورت مسطح بود. عملیات آبیاری با استفاده از سامانه قطره‌ای (تیپ) اجرا شد. طول و عرض کرت به ترتیب ۱۷ و ۱۰ متر در نظر گرفته شده بود. لوبیا سفید رقم درسا که رقمی زودرس می‌باشد با تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کشت گردید. فاصله بین نوارهای آبیاری ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ظرفیت زراعی خاک با استفاده از روش مزرعه‌ای در عمق ۱۰ سانتی‌متری برابر با ۲۰ درصد وزنی به دست آمد (رحیمی و رضایی، ۱۳۸۷). در جدول ۱ خصوصیات فیزیکی خاک محل مورد آزمایش ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک محل اجرای تحقیق

هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن الی (%)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)
۱۱۰۰	۰/۴۵	۴۰	۳۰	۳۰	۱/۳۳

مدیریت بقایای گیاهی: با استفاده از یک کادر به ابعاد ۱×۰/۵ متر مربع، مقدار وزنی بقایای گیاهی اندازه‌گیری شد. همچنین با استفاده از روش آسودار و همکاران (۱۳۹۶) درصد پوشش گیاهی اندازه‌گیری شد. با توجه به این که تراکم کشت جو در هر سه سال اجرای آزمایش، یکسان در نظر گرفته شد متوسط بقایای گیاهی در هر سال تقریباً ثابت بود با این حال مقادیر متوسط سه سال آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. برای اندازه‌گیری درصد بقایای گیاهی، یک طناب به طول ۳۰ متر انتخاب شد. طناب مذکور با استفاده از دو میخ بزرگ به صورت قطری در مزرعه تثبیت شد. به فاصله هر ۱۵ سانتی‌متر یک علامت (گره) بر روی طناب زده شد. تعداد گره‌هایی که در زیر آن کاه و کلش بود شمارش گردید. با تقسیم تعداد گره‌های شمارش‌شده به کل گره‌ها، درصد پوشش بقایای گیاهی به دست آمد.

جدول ۲- متوسط مقدار وزنی و درصد پوشش سطحی بقایادر تیمارهای آزمایش

روش خاک‌ورزی	میزان بقایای گیاهی (kg/ha)	درصد پوشش سطحی بقای گیاهی (%)
روش مرسوم	۵۰۰	۲۰
کم‌خاک‌ورزی	۱۳۰۰	۵۰
بی‌خاک‌ورزی	۱۸۸۰	۹۰

سرعت متوسط نفوذ آب در خاک: برای اندازه‌گیری این ویژگی فیزیکی خاک روش استوانه مضاعف مورد استفاده قرار گرفت. در این روش از دو استوانه به قطر ۶۰ و ۳۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود. با کوبیدن سیلندرها به داخل خاک، در هر دو استوانه تا ارتفاع حدود ۴۰ سانتی‌متر،آب ریخته شد. سپس با نصب یک خط‌کش مقدار افت ارتفاع آب سیلندر داخلی، در فواصل زمانی مختلف اندازه‌گیری شد. فواصل زمانی در مراحل اولیه، ۵ و۱۰ دقیقه، و در مراحل پایانی ۳۰ دقیقه بود. از معادله کوستیکوف مطابق رابطه ۱ برای محاسبه مقدار متوسط سرعت نفوذ آب در خاک استفاده می‌شود (موسوی و شاه‌محمدی،۱۳۷۶). لازم به توضیح است که اندازه‌گیری مربوط به مقدار متوسط نفوذپذیری تیمارهای آزمایش، ۲ هفته پس از کاشت (رطوبت خاک در حدود ۱۴ درصد) انجام شد.

$$I = aT^n \quad (۱)$$

I = مقدار نفوذ تجمعی (سانتی‌متر)

T= زمان نفوذ تجمعی (دقیقه)

a= مقدار نفوذ در دقیقه اول (سانتی‌متر)

n= شیب نفوذ

از مقادیر زمان و نفوذ تجمعی لگاریتم گرفته شد و سپس با انجام عملیات آنتی‌لگاریتم از معادله فوق، نفوذ تجمعی به دست آمد. با مشتق‌گیری از معادله اخیر، معادله نفوذ متوسط و در نهایت متوسط عددی نفوذ آب به داخل خاک بر حسب میلی‌متر بر ساعت اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رطوبت خاک: برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری انجام شد. پس از توزین خاک مرطوب، نمونه‌ها به داخل آون انتقال داده شد. دمای آون بر روی ۱۰۷ درجه تنظیم و به مدت ۲۴ ساعت داخل آن نگهداری شد. بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌های خشک شده وزن شده و رطوبت خاک از رابطه ۲ به دست آمد. در سه مرحله ابتدای فصل، مرحله گلدهی و انتهای فصل اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی انجام شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک در فواصل زمانی ۲۴ ساعته تا قبل از آبیاری بعدی صورت می‌گرفت. همچنین برای اندازه‌گیری آب مصرفی از کنتور حجمی استفاده گردید.

$$M_d=\frac{W_w-W_d}{W_d}\times 10(\quad (۲)$$

W_w= وزن خاک مرطوب بر حسب گرم

W_d = وزن خاک خشک بر حسب گرم

M_d =رطوبت وزنی خاک (٪)

عملکرد و اجزای عملکرد: قبل از عملیات برداشت، صفاتی چون ارتفاع بوته بر حسب سانتی‌متر، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن ۱۰۰ دانه بر حسب گرم و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. بدین منظور به صورت تصادفی از هر کرت آزمایشی تعداد ۵ بوته برداشت گردید. در اوایل مهر با حذف حواشی، از هر کرت آزمایش، یک مساحت ۶ متر مربعی، توسط کارگر برداشت و پس از چند روز ماندگاری بر روی سطح مزرعه و کاهش رطوبت، جداسازی دانه‌ها با استفاده از خرمنکوب انجام شد.

نتایج و بحث

اثر روش خاک‌ورزی و همچنین اثر متقابل سال و روش خاک‌ورزی در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقدار رطوبت وزنی خاک در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در روز چهارم پس از آبیاری، به ترتیب ۱ و ۱/۸ درصد بیشتر از روش مرسوم است (جدول ۳). مقادیر رطوبت وزنی خاک به تفکیک سال در جدول ۴ آورده شده است.

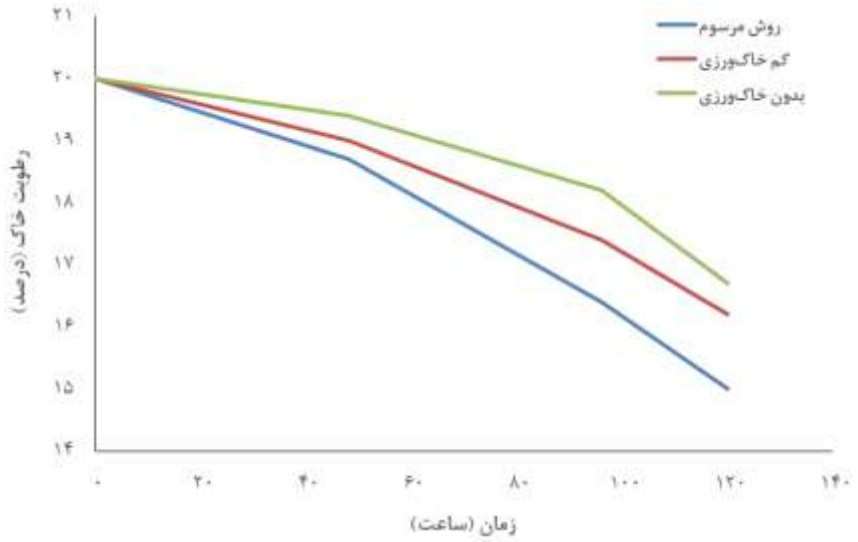
با توجه به اینکه هدف بررسی حفظ رطوبت خاک در روش‌های کشت حفاظتی بود مقادیر آبیاری و دور آبیاری (۵ روز) در همه تیمارها مطابق با روش مرسوم در نظر گرفته شد. تغییرات رطوبت خاک در فاصله بین دو آبیاری بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده مطابق شکل ۱ می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود مدت زمان رسیدن رطوبت خاک به حد رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی خاک، در دو تیمار خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با روش مرسوم، حداقل ۲۴ ساعت بیشتر است. بر اساس نتایج بدست آمده رطوبت خاک در روش‌های حفاظتی قبل از آبیاری بعدی بیشتر از روش مرسوم است. از دلایل حفظ رطوبت بیشتر در روش‌های حفاظتی، وجود پوشش بقایای گیاهی بر روی سطح خاک و همچنین کاهش به‌هم‌خوردگی خاک می‌باشد (Arriaga and Bolkman, 2005). لذا، در روش بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی، با توجه به مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده به دلیل حفظ رطوبت بیشتر خاک، در صورتی که از دور آبیاری ثابت استفاده شود می‌توان زمان آبیاری را حداقل تا ۱ روز به تأخیر انداخت و در صورت آبیاری بر اساس رطوبت خاک حجم آب آبیاری

کمتری را اعمال نمود. بر اساس دور آبیاری ۵ روز، تعداد کـل دفعـات آبیاری ۱۷ مرتبه بود. اما، با توجه به حفظ رطوبت خاک در تیمارهـای بدون‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی، بـا افـزایش فاصـله زمـانی بـین دو آبیاری به میزان ۲۴ ساعت، می‌توان تعداد نوبت‌های آبیاری را بـه ۱۴ مرتبه کاهش داد. حجم کل آب مصرفی اندازه‌گیری شده در سه فصل زراعی مورد آزمایش بـه ترتیـب ۷۹۸۰، ۷۶۹۰ و ۷۷۹۰ مترمکعـب در هکتار بود. حجم آب مصرفی در هر نوبـت آبیـاری کـه بـا اسـتفاده از کنتور اندازه‌گیری گردید معادل ۴۶۰ مترمکعب در هکتار بود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثرات روش‌های خاک‌ورزی بر میزان رطوبت وزنی خاک (بر حسب درصد)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات رطوبت وزنی خاک (%)
سال	۲	۱/۳۸
خطای آزمایش	۶	۰/۴۴۶
روش خاک‌ورزی	۲	۷/۶۲**
روش خاک‌ورزی×سال	۴	۰/۹**
خطای آزمایش	۱۲	۰/۱۴۱
ضریب تغییرات		۲/۴۵

ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف و وجود اختلاف معنی‌دار تیمار بر روی صفت مربوطه در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱- متوسط تغییرات رطوبت خاک در فاصله بین دو آبیاری

جدول ٤ – مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی مقدار رطوبت وزنی خاک (بر حسب درصد)

سال	روش خاک‌ورزی‌کشت	مقدار رطوبت وزنی خاک
اول	مرسوم	۱۴/۱۶e
	کم‌خاک‌ورزی	۱۵/۱۳cd
	بی‌خاک‌ورزی	۱۵/۹b
دوم	مرسوم	۱۴/۴۳de
	کم‌خاک‌ورزی	۱۵/۵۶bc
	بی‌خاک‌ورزی	۱۷/۳۶a
سوم	مرسوم	۱۴/۸de
	کم‌خاک‌ورزی	۱۵cd
	بی‌خاک‌ورزی	۱۵/۶bc

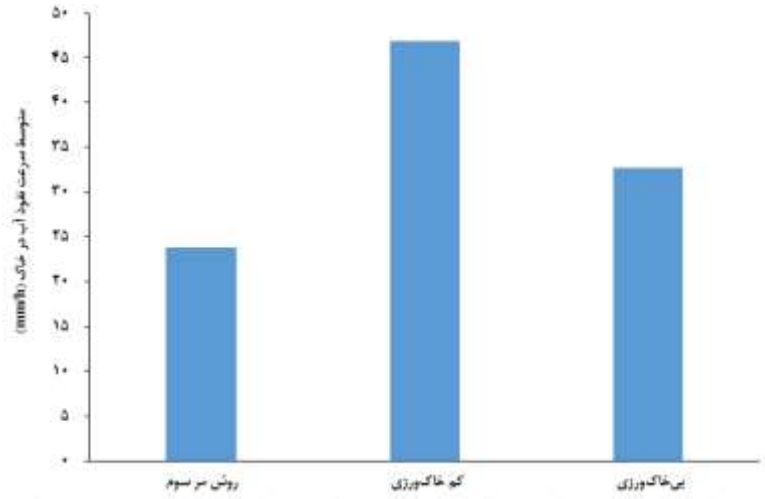
حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

لذا متوسط کل آب مصرفی در سه سال اجرای آزمایش برای هر هکتار برابر با ۷۸۲۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد. با کاهش ۳ نوبت آبیاری، آب مصرفی به میزان ۱۳۸۰ مترمکعب در هکتار کاهش می‌یابد، که معادل ۱۷/۶ درصد کاهش مصرف آب نسبت به روش مرسوم است. لذا، روش‌های بدون‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی می‌تواند در کاهش مصرف آب تأثیر زیادی داشته باشد که این نتایج با نتایج هی و همکاران (He et al. 2009) و هدایتی‌پور (۱۳۹۴) نیز همخوانی دارد.

جدول شماره ۵ مقادیر متوسط سرعت نفوذ آب در خاک به تفکیک سال را نشان می‌دهد. همچنین میانگین سرعت نفوذ آب در خاک طی سه سال آزمایش در روش‌های خاک‌ورزی در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج جدول مذکور سرعت متوسط نفوذ آب در روش کم‌خاک‌ورزی بیش از دو برابر روش مرسوم است. همچنین در روش بی‌خاک‌ورزی، مقدار آن در حدود دو برابر روش مرسوم است که با نتایج هدایتی‌پور (۱۳۹۴) و فرانزلوبرز (Franzluebbers, 2004) همخوانی دارد. با این حال روند سرعت نفوذ آب در خاک طی سه سال آزمایش (جدول ۵) نشان می‌دهد مقدار این ویژگی در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در سال سوم در مقایسه با سال اول، افزایش داشته‌اند. به نحوی که در روش کم‌خاک‌ورزی مقدار نفوذپذیری از ۱۹/۲ به ۶۴/۵ میلیمتر در ساعت افزایش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد در کشاورزی حفاظتی، با اصلاح ساختمان خاک و به حداقل رسانیدن جابجایی خاک، مقدار نفوذپذیری آب در خاک افزایش می‌یابد، نتایج بدست آمده توسط ونگ و همکاران (Wang et al., 2000)، دیرفلدر و وال (Thierfelder and Wall, 2009)، دیلاون و سیج (DeLaune and Sij, 2012)، فن و همکاران (Fan et al., 2013) و خیرالعالم و همکاران (Khirul Alam et al., 2014) نیز مؤید این نکته است.

جدول ۵- مقادیر متوسط سرعت نفوذ آب در خاک (میلی‌متر در ساعت) به تفکیک سال و همچنین میانگین سه سال آزمایش

سال	روش خاک‌ورزی		
	روش مرسوم	کم‌خاک‌ورزی	بی‌خاک‌ورزی
سال اول	۱۹/۱	۱۹/۲	۲۳/۶
سال دوم	۳۰/۶	۵۷/۱	۲۴
سال سوم	۲۱/۸	۶۴/۵	۵۱/۳



شکل ۲- مقایسه سرعت نفوذ آب در خاک بر حسب میلی‌متر بر ساعت (میانگین سه سال در هر روش)

افزایش سرعت نفوذ آب در روش‌های کم‌خاکورزی و بی‌خاک‌ورزی، به واسطه به‌هم‌خوردگی کمتر خاک و به دنبال آن تخریب کم‌تر لوله‌های مویین در خاک می‌باشد (Truman and Rowland, 2005) و این مسئله یکی از علت‌های افزایش پتانسیل ذخیره رطوبت در خاک است (همت و مصدقی، ۱۳۸۰).

جدول ٦– تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی صفات عملکرد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد (kg/ha)	وزن ۱۰۰ دانه (gr)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	ارتفاع بوته (cm)	شاخص برداشت (%)
سال	۲	۱۵۷۸۹۵۳^{ns}	۳۸/۵ **	۰/۰۵۸^{ns}	۴۷/۶**	۲۲۷ *	۹۳/۷*
خطای آزمایش	۶	۵۷۸۴۹۹	۰/۹۳	۰/۰۹^{ns}	۲/۸	۲۶/۹	۱۰/۴
روش‌خاک‌ورزی	۲	۱۷۲۵۲۱۱**	۱۱/۵^{ns}	۱/۳**	۱۱/۱^{ns}	۱۵/۳^{ns}	۲۳/۹*
روش خاک‌ورزی×سال	۴	۱۲۱۷۳۰۷**	۲۵/۲*	۰/۱۷^{ns}	۷/۴^{ns}	۳۴/۱^{ns}	۱۲/۸^{ns}
خطای آزمایش	۱۲	۱۶۱۱۵۳	۵/۴	۹/۳	۳/۹	۵۴/۷	۶/۲
ضریب تغییرات(٪)		۱۵/۶	۸	۱۴	۱۳/۶	۹/۸	۷/۶

ns، ** و *: به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف و وجود اختلاف معنی‌دار تیمار بر روی صفت مربوطه در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا: با توجه به جدول ۶، اثر روش‌خاک‌ورزی بر روی صفات عملکرد دانه و همچنین تعداد دانه در غلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود.

بیشترین عملکرد دانه طی سه سال آزمایش مربوط به تیمار روش کم‌خاک‌ورزی بود (جدول ۷). با این حال اختلاف عملکرد دانه در این تیمار با روش مرسوم در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نیست که با نتایج رومنکاس و همکاران (Romaneckas et al., 2018) همخوانی دارد. کمترین عملکرد مربوط به روش بی‌خاک‌ورزی است که با مقادیر مشاهده شده دو تیمار دیگر در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار است. یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه در روش بی‌خاک‌ورزی مصرف بیش از حد علف‌کش (به واسطه هجوم زیاد علف‌های هرز در روش بی‌خاک‌ورزی) در سال‌های دوم و سوم اجرای آزمایش بود. استفاده از علف‌کش، باعث کند شدن رشد رویشی گیاه لوبیا می‌شود. در واقع تراکم بالای علف هرز از دو طریق مانع از افزایش عملکرد دانه می‌شود. از طرفی رقابت علف‌های هرز در جذب آب و مواد غذایی، باعث کند شدن رشد رویشی گیاه می‌شود و از سوی دیگر کاربرد علف‌کش، رشد گیاه را تا چند روز به تعویق می‌اندازد. در مجموع، عملکرد روش کم‌خاک‌ورزی در هر سه سال آزمایش از دو روش دیگر بیشتر بوده است.

جدول ۷ – مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی عملکرد و اجزای عملکرد

روش خاک‌ورزی	شاخص برداشت (%)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه (gr)	عملکرد (kg/ha)
مرسوم	۲۷۹۴ a	۲۹/۲ a	۳/۸ a	۱۴/۸ a	۷۶/۲ b	۲۹/۲ a
کم‌خاک‌ورزی	۲۸۶۹ a	۳۰/۵ a	۳/۸ a	۱۵/۶ a	۷۴/۲ a	۳۰/۴ a
بی‌خاک‌ورزی	۲۰۷۶ b	۲۸/۲ a	۳/۱ b	۱۳/۴ a	۷۶/۷ a	۲۸/۳ a

دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و یا ۵ درصد می‌باشد (با توجه به سطح معنی‌دار بودن عامل).حروف مشابه نشان

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد کشاورزی حفاظتی می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب در تولید محصول لوبیا باشد. بر اساس نتایج بدست آمده به کارگیری کشاورزی حفاظتی می‌تواند باعث بهبود و افزایش نفوذپذیری خاک شده و در نتیجه پتانسیل نگهداشت رطوبت در خاک را به واسطه کاهش رواناب در سطح خاک فزایش دهد. بر اساس نتایج بیشترین رطوبت خاک در روش بی‌خاک‌ورزی و بیشترین عملکرد محصول در روش کم‌خاک‌ورزی بدست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از روش کم‌خاک‌ورزی نسبت به روش مرسوم در روش آبیاری قطره‌ای بدون اینکه باعث کاهش عملکرد محصول گردد منجر به نگهداشت بیشتر رطوبت خاک شده و در نتیجه به بهبود بهره‌وری آب در تولید لوبیا کمک می‌نماید. با توجه به وضعیت خاک‌های منطقه و کمبود ماده آلی خاک استفاده از روش کم‌خاک‌ورزی گزینه‌ای مناسب برای حفظ منابع آب و خاک و افزایش بهره‌وری آب در تولید لوبیا است.

منابع

آسودار، م.ا.، زلقی، ف. و شهرستانی، ع. ۱۳۹۶. اصول مدیریت بقایای گیاهی، خاک‌ورزی و تناوب در کشاورزی حفاظتی. نشریه فنی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

افضلی‌نیا، ص. و کرمی، ع. ۱۳۹۷. اثر خاک‌ورزی حفاظتی بر خصوصیات خاک و عملکرد ذرت در تناوب با گندم. مهندسی بیوسیستم ایران. ۴۹ (۱): ۱۳۷-۱۲۹.

بنانیان اول، م.، حاج محمد نیا قالیباف، ک.، یعقوبی، ف.، رشیدی، ز. و ولایی، ن. ۱۳۹۹. تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر حفاظت آب خاک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. نشریه علمی پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۸ (۱): ۸۳-۷۱.

دهقانیان، ا. و افضلی‌نیا، ص. ۱۳۹۷. بهره‌وری آب و عملکرد ذرت در تناوب با گندم در روش‌های مختلف آبیاری و خاک‌ورزی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲ (۱): ۲۸-۱۵.

رحیمی، ا. و رضایی، و. ۱۳۸۷. اصول و عملیات آبیاری. نشر علم کشاورزی ایران.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. رابطه آب و خاک و گیاه. ویرایش سوم، چاپ یازدهم، انتشارات دانشگاه امام رضا.

موسوی، ف. و شاه‌محمدی، ز. ۱۳۷۶. حل مسائل آبیاری عمومی، انتشارات ارکان.

هدایتی‌پور، ا.، قدبیگلو، ج.، مرادآبادی، غ.، کیخایی، ف.، بابایی، ت.، یونسی الموتی، م.، بابائی، م.، کیشانی، ع. و لک، م. ۱۳۹۴. بررسی اثرروش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر روی برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، مصرف انرژی ، جمعیت علف‌های هرز و کارآیی مصرف آب در گندم آبی. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

هدایتی‌پور، ا.، قدبیگلو، ج.، مرادآبادی، غ.، خودشناس، م.، بافنده، ا.، طاهری، ع.، کیخایی، ف.، بابایی، ت.، یونسی الموتی.، م.، بابائی، م.، کیشانی، ع. و لک، م. ۱۳۹۴. بررسی اثرروش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر روی مصرف انرژی، برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در زراعت گندم دیم. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

همت، ع. و مصدقی، م. ۱۳۸۱. خاک‌ورزی برای تولید محصول در مناطق کم‌باران. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ص ۱۷۲.

Acar, M., Ismail, C. and Hikmet, G. 2017. Effect of long- Term Tillage systems n soil water content and wheat yield undewr Mediterrean conditions. Journal of New theory. 17: 98-108.

Arriaga, F. and Balkcom, K. 2005. Benefits of conservation tillage on rainfall and water management. Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, the University of Georgia, Georgia.

Castellanos-Navarrete, A., Rodriguez-Aragones, C., de Goede, R.G.M., Kooistra, M.J., Sayre, K.D., Brussaard, L. and; Pulleman, M.M. 2012 Earthworm activity and soil structural changes under conservation agriculture in central Mexico. Soil Tillage Research. 123: 61–70.

Castellini, M. and Ventrella, D. 2012. Impact of conventional and minimum tillage on soil hydraulic conductivity in typical cropping system in Southern Italy. Soil Tillage Research. 124: 47–56.

Copec, K., Filipovic, D., Husnjak, S., Kovasev, I. and Kosutic, S. 2015. Effect of tillage systems and soil. Mater content and yield in Maize and winter wheat production. Plant, Soil and Environment. 61 (5): 213-219.

Corsi, S. and Muminjanov, H. 2019. Conservation Agriculture, Training guide for extension agents and farmers in Eastern Europe and Central Asia. Food and Agriculture Organization United Nations, Rome.

DeLaune, P. B. and Sij, J. W. 2012. Impact of tillage on runoff in long term no-till wheat systems. Soil and Tillage Research. 124: 32-35.

Delaune, P. B., Mubvumba, P., Ale, S. and Kimura, E. 2020. Impact of no-till, cover crop, and irrigation on Cotton yield. Agricultural Water Management. 232: 106038.

Fan, R., Zhang, X., Yang, X., Liang, A., Jia, S. and Chen, X. 2013. Effects of tillage management on infiltration and preferential flow in a black soil, Northeast China. Chinese geographical science. 23 (3): 312-320.

Franzluebbers, A.J. 2004. Tillage and residue management effects on soil organic matter. In: Soil organic matter in sustainable agriculture (Magdoff F., Weil R.R., eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 227-268.

Hawkins, G.L., Kelton, J., Smith, N. and Bakom, K. 2016. A Note on Comparing Rate of Soil Moisture Loss for Conventional and Conservation Tillage Production methods for Peanut (Arachis hypogaea). Peanut Science. 43:168–172.

He, J., Wang, Q., Li, H., Tullberg, J.n., Mchuge, A.D. and Gao, H. 2009. Soil physical properties and infiltration after long-term no-tillage and

Sharma, A.R. and Behra, U.K. 2008. Modern consGepts of agriculture: Conservation tillage. Indian Agricultural Reserch Institute. New Dehli, No, 110012.

Sharma, P. Abrol, V. and Sharma, P.K. 2011. Impact of tillage and mulch management on economics, Energy Requirements and Crop Performance in Maize. Eurpean Journal of Agronomy. 34: 46-91.

Schwartz, R. C., Baumhardt, R. L. and Evett, S. R. 2010. Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. Soil and Tillage Research. 110(2): 221-229.

Strivastava, A.P., Panwar, J.S. and Garge, R.N. 2000. Influence of Tillage on Soil Properties and Wheat Productivity in Tice (Oryza Sativa) - wheat (Triticumaestivum) Cropping System. Indian Journal of Agricultural Sciences. 70: 207-210.

Thierfelder, C. and Wall, P. C. 2009. Effects of conservation agriculture techniques on infiltration and soil water content in Zambia and Zimbabwe. Soil and Tillage Research. 105 (2): 217-227.

Truman, C. C. and Rowland, D. L. 2005. Conservation tillage to manage water and supplemental irrigation in Georgia. Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, Universityof Georgia.

Wang, X. Y., Gao, H. W., Du, B. and Li, H. W. 2000. Conservation tillage effect on runoff and infiltration under simulated rainfall. Journal of Soil Water Conservation. 3: 23-25.

Yeboh, S., Zhang, R., Cai, L., Li, L., Xie, J., Luo, Z. and Wu, J. 2016. Tillage effects on soil organic carbon, Microbial biomass, Carbon and crop yield in spring wheat field pea rotation. Plant, Soil and Environment. 62 (6): 279-285.

ploughing on the Chinese Loess Plateau. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 37: 157-166.

Jabro, J.D., Stevens, W.B., Iversen, W.M., Evans, R.G. 2011. Water content, and hydraulic properties of a sandy loam soil following conventional or strip tillage. Applied Engineering in Agriculture. 27 (5): 765–768.

Khirul Alam, M.D., Monirulislam, M.D., Salahin, N. and Hassanuzzaman, M. 2014. Effect of tillage practices on soil properties and crop productivity in Wheat-Mungbean-Rice cropping system under subtropical climatic conditions. The Scientific World Journal. Volume 2014.

Obia, A., Cornelissen, G., Martinsen, V., Smebye, A. B. and Mulder, J. 2020. Conservation tillage and biochar improve soil water content and moderate soil temperature in a tropical Acrisol. Soil and Tillage Research. 197: 104521.

Oliveria, F.C.C., Fereeira, W.G.D., Souza, J.L., Veiria, C. and Pedroti, A. 2020. Physical properties and soil organic carbon content in northeast Brazil: long-term tillage systems effects. Scientia Agricola. 77 (4): 1-6.

Romaneckas, K., Kimbiraskiense, R., Adamavicie, A. and Jasinkas, A. 2018. Impact of Soil Tillage Intensity of Faba Cultivation. 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Jelgava, Latvia.

Souza, J. V., Saad, J. C., Sánchez-Román, R. M. and Rodríguez-Sinobas, L. 2016. No-till and direct seeding agriculture in irrigated bean: Effect of incorporating crop residues on soil water availability and retention, and yield. Agricultural Water Management. 170: 158-166.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 369-378

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۳۷۸-۳۶۹

Investigating the Effect of Conservation Agriculture Methods on Soil Moisture Retention and Bean Yield

M. Goodarzi[1*], A. Hydayatipour[2], M. Tahmasebi[3]

Recived: Nov.29, 2020 Accepted: Feb.22, 2021

Abstract

Optimal physical conditions are important for proper germination and improve growth and more crop yeild. In order to investigate the effect of conservation tillage methods on soil moisture retention capacity and yield of white dry bean (Dorsa variety), in rotation with barley, an experiment was carried out at the Markazi Agricultural and Natural Resources Research and education Center during 2017-2018, 2018-2019 and 2019-2020. The experiment was carried out in randomized block design with 3 replications. Treatments were included: 1- the conventional tillage method (the use of moldboard plow – Disc), 2-Reduced tillage with chisel-packer, 3-No-tillage. The percentage of crop residues in the conventional tillage, reduced tillage and no tillage methods were 20, 50 and 90%, respectively. The results showed that the highest and the lowest yield was obtained in the reduced and no-tillage with 2869 and 2076 Kg/ha, respectively. The highest soil moisture conservation was observed in the no-tillage and reduced tillage. So that the amount of soil moisture moisture in the reduced tillage and no tillage on the fourth day after irrigation, were 1 and 1.8 percent higher than the conventional method, respectively. The results showed that the use of the reduced tillage method compared to the conventional method in drip irrigation method without reducing crop yield leads to more soil moisture retention and thus helps to improve water efficiency in bean production. In general, based on the results, due to the low soil organic matter in the region, using reduced tillage method is a suitable option to conserve soil and water resources and increase water productivity in the bean production.

Keywords: Bean, Field capacity, No tillage, Soil moisture, Tillage

1 and 3- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran
2- Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran
(*-Corresponding Author Email: goodarzimustafa@gmail.com)