نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 7، شماره 2، نیمسال دوم 1396، ص 467-451

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 7, No. 2, Fall - Winter 2017, p. 451-467

تأثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر برخی خواص فیزیکی خاک و عملکرد محصول در تناوب گندم- ماشک در منطقه سردسیر دیم

ایرج اسکندری[1*] - ولی فیضی اصل[2]

تاریخ دریافت: 1394/08/06
تاریخ پذیرش: 1395/05/27

چکیده

به‌منظور دست‌یابی به مناسب‌ترین روش خاک‌ورزی گندم دیم در تناوب با ماشک پاییزی، تحقیقی به مدت پنج سال زراعی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تیمار خاک‌ورزی متداول و حفاظتی شامل: گاوآهن برگردان‌دار + هرس بشقابی (خاک‌ورزی متداول) CT، چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش‌یافته) RT، خاک‌ورز مرکب (کم‌خاک‌ورزی) MT و کاشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) NT، در چهار تکرار به اجرا در آمد. جهت بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد محصول و خاک، اندازه‌گیری‌های مربوط به صفات زراعی و خواص فیزیکی خاک انجام شد و کارآیی استفاده از بارندگی برای هر تیمار محاسبه شد. نتایج نشان داد در مرحله گل‌دهی گندم، تغییرات رطوبتی در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به سایر تیمارها به‌ویژه نسبت به تیمار متداول در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. این تغییرات در عمق 20-10 سانتی‌متری بسیار محسوس بود. در لایه مذکور تغییرات رطوبت در تیمار کاشت مستقیم در مقایسه با تیمار متداول به مقدار 23/4 درصد نسبت به حالت اولیه افزایش نشان داد. در مرحله قبل از برداشت از نظر تغییرات رطوبت خاک نسبت به حالت اولیه، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی وضعیت مطلوب‌تری داشتند. در مرحله گل‌دهی گندم، مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای حداقل خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای گاوآهن قلمی و متداول بود. بیش‌ترین عملکرد زیست توده، دانه و کاه به‌ترتیب با مقادیر 5176، 1433 و 3743 کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت مستقیم به‌دست آمد که به استثنای تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته با سایر تیمارهای خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت. تیمار بدون خاک‌ورزی و سپس تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته به‌ترتیب با 4/6 و 4/4 کیلوگرم بر میلی‌متر بیش‌ترین کارآیی استفاده از باران را به‌خود اختصاص دادند. مطابق این نتایج، برترین تیمار از نظر متوسط مقدار عملکردهای زیست توده و دانه تولیدی و نیز تأثیر مثبت بر خواص فیزیکی خاک، روش کاشت مستقیم بود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، خواص فیزیکی خاک، عملکرد، کاشت مستقیم

مقدمه

گندم به‌عنوان یک محصول مهم با سازگاری مناسب برای کشت در مناطق شمال غرب کشور شناخته می‌شود. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که ساز وکارهای اضافه شدن و کاهش یافتن ماده آلی به شدت تحت تأثیر عوامل مدیریتی قرار دارند (Reeves *et al.*, 1992; Azevedo *et al.*, 1999). روش‌های نامناسب خاک‌ورزی و عدم رعایت تناوب زراعی مناسب، در بلندمدت باعث افزایش تراکم خاک، کاهش نفوذپذیری، تخریب ساختمان خاک و افزایش روان‌آب و در نهایت فرسایش خاک و کاهش توان تولید آن می‌شود (Biederbeck *et al.*, 1980). تنش رطوبتی بزرگ‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق دیم می‌باشد. بونفیل و همکاران گزارش نمودند که در مناطق خشک با بارندگی سالیانه کمتر از 200 میلی‌متر، کاربرد روش بی‌خاک‌ورزی و در تناوب آیش-گندم عملکرد محصول و بهره‌وری استفاده از آب می‌تواند افزایش یابد (Bonfil *et al.*, 1999). گالانتینی اثر تناوب‌های مختلف زراعی را در تولید گندم در آرژانتین ارزیابی نمود. نتایج نشان داد که تناوب گندم- ماشک موجب افزایش عملکرد، پروتئین و اجزای عملکرد گندم نسبت به سایر تناوب‌ها شد (Galantini *et al.*, 2000). پین و همکاران اظهار داشتند در میزان بارندگی حدود 400 میلی‌متر، نخود سبز می‌تواند جایگزین آیش شود (Payne *et al.*, 2000). بنابراین مدیریت مناسب عملیات خاک‌ورزی، تناوب زراعی و بقایای گیاهی، کلیدی برای کشاورزی پایدار است. در سال‌های اخیر، استفاده از

1 و 2- استادیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: i.eskandari@areo.ir
DOI: 10.22067/jam.v7i2.50933

سامانه‌های ناسازگار خاک‌ورزی با شرایط دیم‌زارهای ایران و تعدد عملیات کشت و کار و عدم رعایت خاک‌ورزی حفاظتی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشور و عدم توجه به اهمیت و اثرات مثبت مواد آلی در بهبود حاصل‌خیزی خاک‌های زراعی و تأثیر آن بر عملکرد کمّی و کیفی محصول، علاوه بر کاهش در حاصل‌خیزی خاک، سبب عدم هم‌سویی تولید محصولات کشاورزی با افزایش در مصرف کودهای شیمیایی نیز شده‌است. خاک‌ورزی حفاظتی که در قالب کشاورزی حفاظتی تعریف شده‌است، شامل محدوده وسیعی در عملیات تولید بوده و اصولاً به کاهش عملیات خاک‌ورزی بین دو محصول و همچنین پوشش سطح خاک به میزان 30 درصد یا بیش‌تر با بقایای محصول قبلی و یا به کاهش کلی عملیات خاک‌ورزی به میزان 40 درصد اطلاق می‌گردد (Mitchell *et al*., 2009).

تنش رطوبتی یکی از مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. هر روشی که بتواند در حفظ رطوبت خاک و افزایش کارایی آبیاری کمک کند منجر به افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی در این مناطق خواهد شد. کاهش شدت تبخیر به‌خصوص در فصل تابستان، با نگهداری بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک می‌تواند به حفظ رطوبت خاک کمک کند. خاک‌ورزی متداول به علت عدم امکان مدیریت بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک، شرایط محیطی را برای حفظ رطوبت خاک فراهم نمی‌سازد (Mitchell *et al*., 2012). شخم رایج، باعث آمدن خاک مرطوب زیرین به سطح و اتلاف رطوبت ذخیره شده خاک می‌گردد. هم‌چنین افزایش زبری سطح خاک پس از عملیات خاک‌ورزی متداول، عامل کاهش راندمان آبیاری می‌باشد. در همین رابطه، اجرای بی‌خاک‌ورزی در بقایای گندم موجب افزایش بهره‌وری استفاده از آب به میزان 17/2 تا 17/5 درصد بیشتر از روش خاک‌ورزی متداول در شرایط دیم می‌شود (Huang *et al*., 2012). لیو و همکاران اثرات کم‌خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول را بر میزان ذخیره رطوبت خاک، بهره‌وری استفاده از آب و عملکرد سویا و ذرت ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که رطوبت ذخیره شده در لایه 0 تا30 سانتی‌متری، در روش بی‌خاک‌ورزی بیش‌ترین و در روش متداول کم‌ترین مقدار را دارد. بر اساس نتایج تحقیق مذکور بهره‌وری استفاده از آب، به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی و تا حدودی روش خاک‌ورزی بوده و در روش کم‌خاک‌ورزی 15 درصد بیش از روش بی‌خاک‌ورزی می‌باشد (Liu *et al*., 2013). در همین راستا طی تحقیقی مقدار رطوبت موجود در لایه‌های مختلف خاک و تأثیر آن بر عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آب ذخیره شده در لایه‌های پایینی خاک در روش بی‌خاک‌ورزی بیش‌تر از روش خاک‌ورزی متداول بود (Norwood, 1994). بنا به گزارش پترسون و همکاران کاربرد توأم بی‌خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی، موجب افزایش مقدار آب ذخیره شده در خاک نسبت به روش متداول بعد از برداشت گندم بهاری یا زمستانی در سیستم زراعی آیش- گندم می‌شود (Peterson *et al*., 2013). نتایج تحقیقات انجام گرفته در نبراسکا نیز نشان داد، هریک بار اجرای عملیات خاک‌ورزی متداول موجب کاهش رطوبت خاک به میزان 2 تا 5 درصد می شود (Pryor, 2006). تحقیقات نشان داد که باقی ماندن بقایای گیاهی زراعی در سطح خاک و وجود ریشه‌های انبوه سطحی گیاهان زراعی در خاک به میزان دو سوم در مقایسه با زمین بدون پوشش و عاری از مواد یاد شده، فشردگی خاک را کاهش می‌دهد (Swan *et al*., 1994). خاک‌هایی که بر اساس قواعد کشاورزی حفاظتی مدیریت می‌شوند، به دلیل وجود مالچ در سطح به‌طور معنی‌داری موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه سطحی می‌شوند (Beisecker, 1994). به منظور ارزیابی اثرات روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول روی برخی خواص خاک و اثرات آن‌ها در محصولات گندم، سویا و ذرت، تحقیقی توسط مورو و راسو اجرا شد. بر اساس نتایج در سال اول، روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی موجب افزایش تراکم خاک شدند که این تراکم با توجه به نوع خاک متفاوت بوده و در سال‌های بعد کاهش یافت. رطوبت خاک در کم و بی‌خاک‌ورزی در زمان کاشت و مراحل اولیه رشد گیاه افزایش داشت که این افزایش و تفاوت در طی زمان تعدیل شد (Moraru and Rusu, 2012). خاک‌ورزی حفاظتی در کوتاه مدت و در شرایطی که فرسایش خاک مداوم اتفاق می‌افتد، ممکن است تأثیر آنی بر عملکرد نداشته باشد. پیسانت و استگنری طی تحقیقی بلند مدت روش‌های خاک‌ورزی مبتنی بر گاوآهن و روش‌های بی‌خاک‌ورزی را روی عملکرد گندم دوروم ارزیابی نمود. نتایج نشان داد که دو روش از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری نداشته ولی عملکرد بالا و بهره‌وری مصرف آب در بی‌خاک‌ورزی و در شرایط بارندگی کمتر از 300 میلی‌متر مشاهده شد (Pisante and Stagnari, 2007). نتایج تحقیقات انجام یافته در کنتاکی حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار در عملکرد گندم در روش خاک‌ورزی متداول و بی‌خاک‌ورزی بود (Herbek and Lee, 2009). جهت ارزیابی روش بی‌خاک‌ورزی در شرایط زارعی، آزمایش‌هایی در 4 منطقه در جنوب شرقی ترکیه به اجرا گذاشته شد. نتایج نشان داد، عملکرد دانه عدس برابر با 1/15 و 1/10 تن در هکتار به‌ترتیب در روش بی‌خاک‌ورزی و روش خاک‌ورزی متداول بود. روش بی‌خاک‌ورزی در کشت گندم نیز نتایج مشابهی داشته و کل این مطالعات نشان داد که بی‌خاک‌ورزی در تناوب عدس- گندم می‌تواند جایگزین روش‌های متداول گردد (Gursoy, 2012). محمد و همکاران اثرات بقایای گیاهی را در روش‌های خاک‌ورزی و تناوب‌های مختلف روی عملکرد گندم دیم ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که نگه‌داری بقایا در سطح خاک، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و زیست توده گندم داشت. به‌طوری‌که باقی گذاشتن بقایا در روش بی‌خاک‌ورزی موجب افزایش 520

کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گندم نسبت به روش بدون بقایا گردید (Mohammad *et al*., 2012). با توجه به موارد اشاره شده، در پژوهش حاضر روش‌های خاک‌ورزی مختلف در تناوب گندم با گیاه لگوم تثبیت‌کننده نیتروژن با نسبت کربن به نیتروژن پایین (ماشک) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی و اقلیمی محل اجرای تحقیق

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه با طول جغرافیایی 46/15 درجه شرقی و عرض جغرافیایی 37/15 درجه شمالی اجرا شد. این ایستگاه در ارتفاع 1720 متری از سطح دریا قرار دارد که از یک اقلیم نیمه‌خشک سرد هم‌مرز با فراسرد برخوردار است. حداکثر مطلق درجه حرارت ایستگاه 37 درجه سلسیوس، حداقل مطلق 25- درجه و متوسط سالیانه آن 9/4 درجه سلسیوس می‌باشد. میزان حداکثر مطلق بارندگی سالیانه 524/5 میلی‌متر (سال زراعی 1995-1994)، حداقل مطلق آن 210/6 میلی‌متر (سال زراعی 1999-1998)، متوسط بارندگی بلندمدت آن 336/5 میلی‌متر و تعداد روزهای یخبندان 128 روز می‌باشد. آمار هواشناسی ایستگاه مراغه در سال‌های اجرای تحقیق و بلند مدت در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- آمار هواشناسی محل اجرای تحقیق (ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه) در سال‌های 2014-2010 و میانگین بلند مدت (Mahmoudi, 2015)

Table 1- Meteorological details of the study site (Dryland Agricultural Research Station, Maragheh) from 2010 to 2014, and average the long- term (Mahmoudi, 2015)

فصل زراعی Croping season	بارندگی Rainfall (mm)	تبخیر Evaporation (mm)	دمای مطلق Absolute temp. (°C)		متوسط دما Mean temp. (°C)		میانگین دما Average temp. (°C)	تعداد روز زیر صفر Number of days blelow zero	رطوبت نسبی Relative humidity (%)
			Min	Max	Min	Max			
2010-2011	351.4	1108.6	-4.95	21.46	2.42	12.14	7.09	130	52.45
2011-2012	272.0	1071.0	-7.85	18.18	0.84	9.8	5.39	142	57.12
2012-2013	352.1	1229.4	-6.55	20.90	1.87	11.77	6.84	120	54.20
2013-2014	289.3	126.2	-4.4	21.14	3.19	15.49	7.84	103	74.36
Long- trem	336.5	1757	-4.2	23.5	4.2	14.6	9.4	128	47.5

به‌منظور ارزیابی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد گندم دیم در تناوب با ماشک پاییزی، این تحقیق از سال 2010 تا 2015 در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تیمار خاک‌ورزی در چهار تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی + کاشت با خطی‌کار (متداول)، RT: چیزل پکر + کاشت با خطی‌کار، MT: خاک‌ورز مرکب + کاشت با خطی‌کار و NT: کاشت مستقیم با خطی‌کار بی‌خاک‌ورز. مشخصات فنی ادوات خاک‌ورزی و کاشت مورد استفاده در این تحقیق در جدول 2 آورده شده است.

پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق شامل درصد تغییرات رطوبتی و جرم مخصوص ظاهری خاک در مراحل گل‌دهی و قبل از برداشت گندم، میزان نفوذپذیری خاک، عملکرد گندم و علوفه و نیز اجزای عملکرد گندم بودند.

مکان آزمایشی و سامانه تناوبی

این تحقیق در دو قطعه زمین هم‌جوار با سری خاک و مدیریت‌های پیشین مشابه اجرا شد. خاک محل اجرای تحقیق از سری خاک‌های آهکی رسی[1] بود. رنگ خاک سطحی، قهوه‌ای مایل به زرد و قهوه‌ای با بافت سنگین و طبقه زیرین آن به رنگ قهوه‌ای تیره بود. بافت خاک محل اجرای آزمایش، در لایه سطحی لوم رسی و در لایه زیرین رسی بود. اراضی مذکور تحت کلاس 3 توپوگرافی، شیب 5-2 درصد و دارای قابلیت نفوذپذیری آب به خاک آهسته (5-1 سانتی‌متر در ساعت) با متوسط اسیدیته (pH) گل اشباع و هدایت الکتریکی به‌ترتیب برابر 7/7 و 0/55 دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. همچنین حدود اتربرگ در خاک مورد آزمایش برای حد سیلان (PL) و فتیله 3 میلی‌متری (LL) به‌ترتیب برابر با 25/9 و 53 درصد بود.

در سال اول اجرا به دلیل عدم وجود مزرعه ماشک در کنار قطعه گندم، جهت یکسان‌سازی محل اجرا و ایجاد 2 قطعه آزمایش هم‌جوار، اقدام به کشت یکنواخت ماشک در دیگر قطعه زمین (زمین کلشی گندم) کرد به‌طوری که از سال دوم یکی از قطعات زیر کشت گندم و قطعه بعدی زیر کشت ماشک بود. از این رو داده‌برداری عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه در این تحقیق در طی 4 سال

1- Fine mixed, Mesic, Veritc Calcixerepts

زراعی انجام گرفت.

جدول 2- مشخصات فنی ادوات مورد استفاده در تحقیق

Table 2- Technical specifications of equipments used in the study

نوع دستگاه Implement type	عرض‌کار Working width (cm)	عمق کار/ کاشت (cm) Depth:Tillage/ Planting	تعداد ردیف/ ساقه Number of row/Shank	فاصله بین ردیف/ساقه (cm) Row space/ Shank	نوع موزع کود/ بذر Type of Fertilizer distributor system/ seed	نوع تیغه/ شیاربازکن Type of tine/ Furrow opener
چیزل پکر Chisle packer	225	25	9	25	-	C شکل
گاوآهن برگرداندار Mouldboard plow	120	25	3	-	-	-
هرس بشقابی Diskharrow	275	10	افست Offset	-	-	کروی Spherical (53 cm)
خاک‌ورز مرکب Stubble mulch cultivator	220	20	5	-	-	قلمی بالدار، دیسک، غلتک Split chisel wing share. double disc, roller
خطی‌کار الوند Alvand drill	221	5-7	13	17	غلتکی شیاردار Fluted roller	بیلچه‌ای Shovel
خطی‌کار کاشت مستقیم Baldan SPD 3000 direct drill	272	5-7	16	17	محور مارپیچی غلتکی شیاردار Floating spiral/Fluted roller	جفت دیسک Double disc

روش کاشت و اعمال تیمارهای آزمایشی

گندم رقم آذر 2 و به میزان 350 دانه در مترمربع، پس از ضدعفونی با قارچ‌کش دی وی دنت (DVDENT) به نسبت 2 در هزار و در عمق حدود 5 سانتی‌متری کشت شد. علوفه از نوع ماشک پاییزه مقاوم به سرما (ماشک گل سفید) به میزان 200 دانه در متر مربع بود. جهت کاشت تیمارهای 1 تا 3 از خطی‌کار الوند و برای کاشت مستقیم از خطی‌کار بالدان جدول 2 استفاده شد. ابعاد کرت‌ها به عرض دو رفت خطی‌کار و به طول 26 متر، در نظر گرفته شد. به منظور سهولت در حرکت تراکتور، فاصله هر تکرار 8 متر انتخاب شد. عملیات خاک‌ورزی پس از برداشت محصول تناوبی، در نیمه اول مهر ماه هرسال انجام گرفت. عمق شخم گاو آهن برگردان دار (تیمار متداول) و چیزل پکر 25 سانتی‌متر، خاک‌ورز مرکب 15سانتی‌متر و عمق شخم هرس بشقابی 10 سانتی‌متر بود. در تیمار بی‌خاک‌ورزی بقایای گیاهی ریخته شده توسط کمباین جمع‌آوری شده و ته ساقه‌های محصول تناوبی در کرت‌های مربوطه موجود بود. تیمارهای خاک‌ورزی و کاشت برای هر دو محصول تناوبی (گندم و ماشک) یکسان و در طول اجرای تحقیق و در هر دو قطعه، محل تیمارهای خاک‌ورزی ثابت بود.

نمونه‌برداری خاک

قبل از شروع اجرای تحقیق جهت تعیین مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک در محل اجرای پروژه پروفیلی حفر و از اعماق10-0، 20-10، 30- 20و 40-30 سانتی‌متری با استوانه نمونه‌برداری به‌صورت دست نخورده نمونه‌برداری شد. در این نمونه، میزان رطوبت وزنی (Gardner and Klute, 1986)، جرم مخصوص ظاهری (Black and Harte, 1986) اندازه‌گیری شد. در مرحله گل‌دهی و قبل از برداشت گندم، نمونه‌های دست نخورده از اعماق 10-0، 20-10، 30-20، سانتی‌متری جهت تعیین رطوبت وزنی، جرم مخصوص ظاهری تهیه شد (Aria and Mirkhani, 2005). پس از اندازه‌گیری رطوبت خاک در هر مرحله، درصد تغییرات رطوبتی نسبت به رطوبت اولیه در لایه‌های10-0، 20-10و 30-20، محاسبه شد و تیمارها از نظر درصد تغییرات رطوبتی خاک مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

تعیین مقدار نفوذ آب در خاک

برای اندازه‌گیری مقادیر نفوذ آب به خاک در تیمارهای آزمایشی از روش استوانه مضاعف، مطابق با استاندارد انجمن آمریکایی برای آزمایش و مواد (ASTM) و هم‌زمان با کاشت در هر دو قطعه گندم و علوفه در دو تکرار استفاده شد. برای این کار دو جفت استوانه با فاصله 1/5 متر از مرکز هر کرت قرار داده شد. ارتفاع استوانه‌های فلزی 50 سانتی‌متر و قطر استوانه کوچک و بزرگ به‌ترتیب 30 و 60 سانتی‌متر بود. عمق فرورفتن لبه استوانه‌ها 6 تا 10 سانتی‌متر در قطعات شخم نخورده و 10 تا 15 سانتی‌متر در قطعات شخم خورده بود. در قطعات شخم نخورده قبل از نصب، بقایای محصول قبلی و علف‌های طبیعی زمین کف‌بر شدند. ارتفاع آب بر روی سطح خاک در استوانه‌های مضاعف در شروع و به هنگام اضافه کردن آب در هر مرتبه حداکثر 10 سانتی‌متر و نوسانات آن از 2/5 سانتی متر تجاوز نکرد (Sakai *et al*., 1992).

برداشت محصول

یک روز قبل از برداشت گندم نمونه‌برداری از قسمت‌های هوایی آن از 20 ردیف به طول یک متر از هر کرت به عمل آمد و اندازه‌گیری‌ها شامل تعداد سنبله در هر نمونه و محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح، مقدار دانه گندم در هر نمونه و محاسبه میانگین تعداد دانه در یک سنبله، طول سنبله، وزن متوسط هزار دانه گندم و عملکرد زیست توده بود. برای تعیین عملکرد دانه گندم، برداشت توسط کمباین آزمایشات با مارک وینتراشتایگر از هرکرت (پس از حذف حاشیه و با حذف محل‌های نمونه‌برداری) به طول 12 متر و 3 برابر عرض کار کمباین مذکور انجام گرفت. هم‌چنین عملکردهای دانه و آفتاب خشک تیمارهای محصول تناوبی (ماشک) نیز در هر کرت آزمایشی نیز تعیین شد.

بهره‌وری بارندگی

بهره‌وری از آب مصرفی دارای مفهومی اقتصادی است و بیان‌گر میزان تولید به‌ازای واحد نهاده است. در این پژوهش دو نهاده آب (مقدار بارندگی فصل زراعی) و تولید گندم و علوفه دیم در دو قطعه مجزا مد نظر می‌باشد. از این رو شاخص‌های عملکرد به‌ازای واحد آب مصرفی (بارندگی)، در بهینه‌سازی مصرف آب کمک قابل توجهی خواهد کرد (Zhang and Oweis, 1999). برای این کار، پس از برداشت و تمیزش بذر، عملکرد دانه هر پلات در آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک شده و از طریق تقسیم وزن عملکرد خشک بر کل بارندگی سالیانه (یعنی از اول مهر تا تیر ماه) مقدار بهره‌وری بارندگی محاسبه شد. بهره‌وری بارش برای کرت‌های آزمایشی در قطعه مربوط به کشت ماشک پاییزه پس از برآورد عملکرد علوفه خشک محاسبه شد. عمل خشک کردن در هر کرت و در سطح مزرعه (محل آزمایش) با استفاده از جریان هوای آزاد و نور خورشید انجام گرفت.

محاسبات آماری

داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش مطابق با الگوی طرح با استفاده از نرم‌افزار GenStat14 تجزیه واریانس شده قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب درصفات مورد بررسی آزمون یکنواختی اشتباه‌های آزمایشی از طریق Fmax هارتلی انجام گرفت که در آن نسبت بزرگ‌ترین واریانس خطا به کوچک‌ترین آن از طریق جدول مربوطه مورد آزمون قرار گرفت. در مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

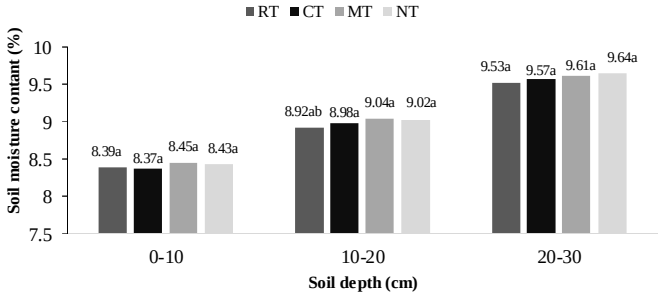
نتایج و بحث

اثر روش‌های خاک‌ورزی بر میزان رطوبت خاک

قبل از عملیات خاک‌ورزی میزان رطوبت وزنی در کرت‌های اختصاص داده شده به تیمارها، در لایه های 10-0، 20-10 و 30-20 سانتی‌متری مشابه بود. به عبارت دیگر میزان رطوبت کرت‌ها در هر لایه نمونه‌برداری شده قبل از اجرای عملیات، تقریباً یکسان بود (شکل 1).

نتایج تجزیه واریانس مرکب تغییرات رطوبتی خاک نسبت به حالت اولیه در مراحل گل‌دهی و قبل از برداشت گندم در جدول 3 آورده شده است. با توجه به این نتایج، اثر سال بر تغییرات رطوبتی در لایه‌های مختلف در مراحل گل‌دهی و قبل از برداشت در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). این امر را می‌توان با میزان بارندگی‌های متفاوت در طی سال‌های اجرای این تحقیق مرتبط دانست. به‌طوری‌که سال‌های اول و سوم با بارندگی به‌ترتیب 351/4 و 352/1 میلی‌متر بیش‌ترین و سال‌های دوم و چهارم به‌ترتیب با 272 و 289/3 میلی‌متر کم‌ترین میزان بارندگی را داشتند (جدول 1).

براساس نتایج تجزیه مرکب، اثر سال بر میزان رطوبت در سطح احتمال 1٪ معنی‌دار بود. این امر اثرات روش‌های خاک‌ورزی بر تغییرات رطوبتی خاک نسبت به حالت اولیه (قبل از اعمال تیمارها) در شکل 2 آمده‌است. در مرحله گل‌دهی گندم، در هر سه لایه نمونه‌برداری، تیمار بی‌خاک‌ورزی موجب تغییرات معنی‌دار در میزان رطوبت خاک در سطح احتمال 1 درصد نسبت به سایر تیمارها به‌ویژه نسبت به تیمار متداول شد (جدول 3). این تغییرات در عمق 20-10 سانتی‌متری بسیار محسوس بود (شکل 2). به‌طوری‌که در لایه مذکور تغییرات رطوبت در تیمار کاشت مستقیم در مقایسه با تیمار متداول به مقدار 23/4 درصد نسبت به حالت اولیه افزایش نشان داد.



شکل 1- درصد رطوبت خاک در کرت‌های اختصاص داده شده به تیمارهای مختلف (قبل از عملیات خاک‌ورزی)

CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش یافته)، MT: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NT: کاشت مستقیم

در هر محدوده عمق خاک، حروف مشابه کوچک پس از میانگین‌ها بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 1. Soil moisture content at assigned plots for different treatments (Before tillage opration)

CT: Mold board plough plus diskharrow, RT: Chisel packer, MT: Stubble mulch cultivator, NT: No tillage

In each soil depth range, means followed by similar small letters are not significantly different at 5% according to Duncans Multiples Range Test.

جدول 3- تجزیه واریانس مرکب تغییرات رطوبتی خاک نسبت به حالت اولیه در مراحل گل‌دهی و قبل از برداشت گندم

Table 3- Combined variance analysis of soil moisture variability compared to initial state at flowering and before harvesting stages of wheat

منابع تغییر Sources of variation	df	میانگین مربعات رطوبت خاک Mean square of soil moisture					
		مرحله گلدهی Flowering stage			قبل از برداشت Before harvesting		
		0-10 cm	10-20cm	20-30cm	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
سال Year	3	10771**	7509**	8105.6**	2237.9**	846.2**	1284.9**
خطای سال Error	12	123.2	217.5	267.4	19.5	24.3	75.7
تیمار Treatment	3	303.9**	2299**	423.6**	514**	310.5**	178.5**
سال× تیمار Year×Treatment	9	137.9**	114.4**	50.86^{ns}	79.3**	36.8**	1.17^{ns}
خطای کل Error	36	31.5	38.9	27	8.5	8.4	8.1
ضریب تغییرات CV (%)		7.2	6.8	4.2	13.1	19.0	20.5

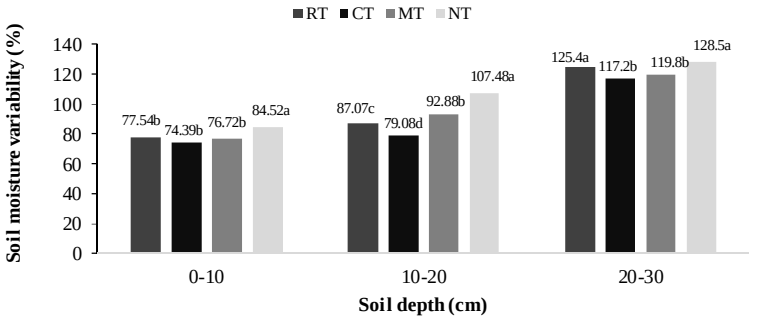
**: معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد، ns: غیر معنی‌دار

**: Significant at 1% of probability level ns: Non-significant

همچنین در مرحله قبل از برداشت تغییرات رطوبت خاک نسبت به حالت اولیه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول تفاوت معنی‌داری نشان داده و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی وضعیت مطلوب‌تری داشته است (شکل 3). با توجه به شرایط اجرای این تحقیق (شرایط دیم) هرگونه عملیات خاک‌ورزی که موجب افزایش رطوبت ناشی از بارندگی در لایه‌های خاک شود، اهمیت بیشتری دارد. سایر محققین نیز گزارش نموده‌اند که بی‌خاک‌ورزی موجب ذخیره بیشتر رطوبت خاک به‌ویژه در سال‌های خشک می‌شود (Aikins and Afuakwa, 2012; Coleman, 2003). مولومبا و لال گزارش نمودند که بدون هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی، افزایش مالچ برروی خاک موجب افزایش آب در دسترس به میزان 18 تا 35 درصد می‌شود (Mulumba and lal, 2008).

اثر روش‌های خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس مرکب جرم مخصوص ظاهری خاک در مراحل گل‌دهی و قبل از برداشت گندم در جدول 4 آورده شده است. با توجه به نتایج، اثر سال و تیمار بر جرم مخصوص ظاهری خاک در هر دو مرحله نمونه‌برداری و در تمامی عمق‌های نمونه‌برداری در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل سال در تیمار نیز در مرحله گل‌دهی گندم در عمق نمونه‌برداری اول و دوم در سطح احتمال 1 درصد و عمق سوم (20-30 سانتی‌متر) در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 4).



شکل 2- تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی بر تغییرات رطوبتی خاک در عمق‌های مختلف خاک در مرحله گلدهی (میانگین 4 سال)

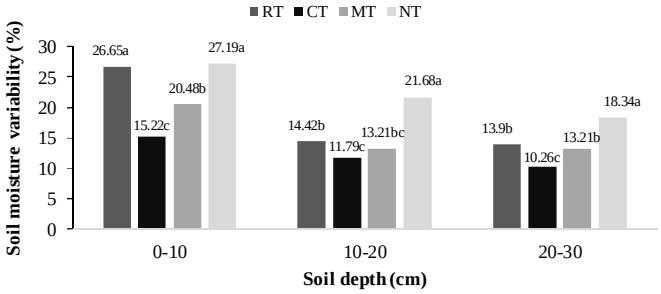
CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش یافته)، MT: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NT: کاشت مستقیم

در هر محدوده عمق خاک، حروف مشابه کوچک پس از میانگین‌ها بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 2. Effect of tillage systems on soil moisture variability in different soil depth at flowering stage of wheat (Average of 4 years)

CT: Mold board plough plus diskharrow, RT: Chisel packer, MT: Stubble mulch cultivator, NT: No tillage

In each soil depth range, means followed by similar small letters are not significantly different at 1% according to Duncans Multiples Range Test.



شکل 3- تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی بر تغییرات رطوبتی خاک در عمق‌های مختلف خاک در مرحله قبل از برداشت گندم (میانگین 4 سال)

CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش‌یافته)، MT: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NT: کاشت مستقیم

در هر محدوده عمق خاک، حروف مشابه کوچک پس از میانگین‌ها بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 3. Effect of tillage systems on soil moisture variability in different soil depth before harvesting of wheat (Average of 4 years)

CT: Mold board plough plus diskharrow, RT: Chisel packer, MT: Stubble mulch cultivator, NT: No tillage

In each soil depth range, means followed by similar small letters are not significantly different at 1% according to Duncans Multiples Range Test.

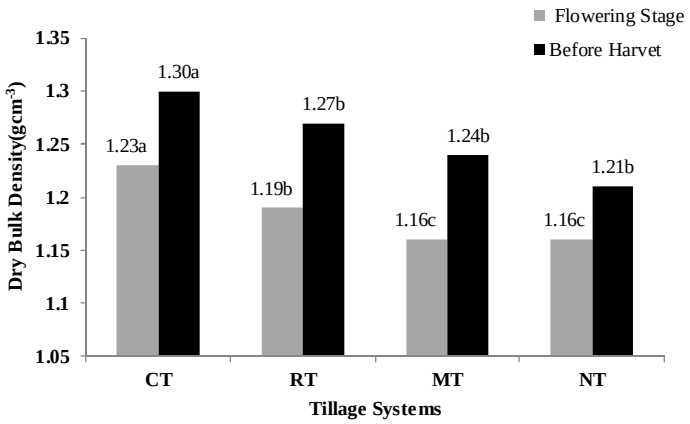
جدول 4- تجزیه واریانس مرکب جرم مخصوص ظاهری خاک در مراحل گل‌دهی و قبل از برداشت گندم

Table 4- Combined variance analysis of soil bulk density at flowering stage and before harvesting of wheat

منابع تغییر Source of variation	df	میانگین مربعات جرم مخصوص ظاهری خاک Mean square of soil bulk density					
		مرحله گلدهی Flowering stage			قبل از برداشت Before harvesting		
		0-10 cm	10-20cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
سال Year	3	0.025**	0.0052**	0.00024**	0.0424**	0.0711**	0.084**
خطای سال Error	12	0.001	0.0003	0.00004	0.0021	0.0009	0.001
تیمار Treatment	3	0.052**	0.0229**	0.02274**	0.0563**	0.0413**	0.006**
سال×تیمار Year×Treatment	9	0.007**	0.0023**	0.00017*	0.0004^{ns}	0.0005ns	0.000^{ns}
خطای کل Error	36	0.001	0.0002	0.00006	0.0012	0.0006	0.001
ضریب تغییرات CV (%)		3.0	1.2	0.6	3.2	2.0	2.3

**، *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد و 5 درصد، ns: غیر معنی‌دار

**,*: Significant at 1% and 5% of probability levels respectively, ns: Non-significant



شکل 4- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری در عمق 30-0 سانتی‌متری خاک در مراحل گل‌دهی گندم و قبل از برداشت

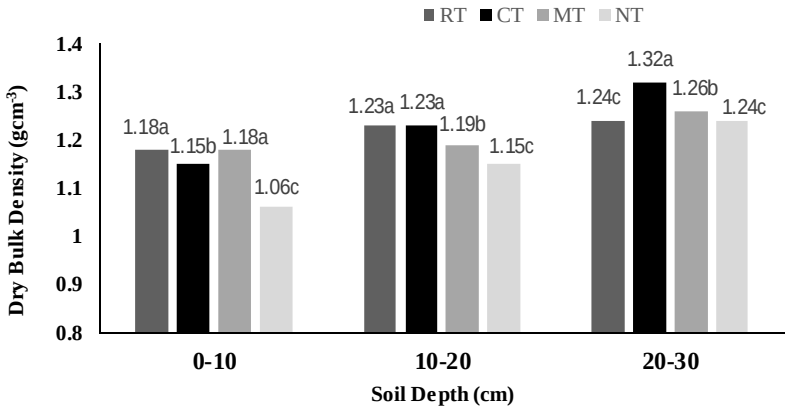
CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش‌یافته)، SC: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NO: کاشت مستقیم

در هر ستون حروف مشابه کوچک پس از میانگین‌ها بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 4. Effect of tillage systems on bulk density during flowering stage and before harvesting of wheat in 0-30 soil depth

CT: Mold board plough plus disk harrow, RT: Chisel packer, SC: Stubble mulch cultivator, No: No tillage

In each column, means followed by similar small letters are not significantly different at 1% according to Duncans Multiples Range Test.



شکل 5- تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های مختلف در مرحله گلدهی گندم (میانگین سال‌های 4 سال)

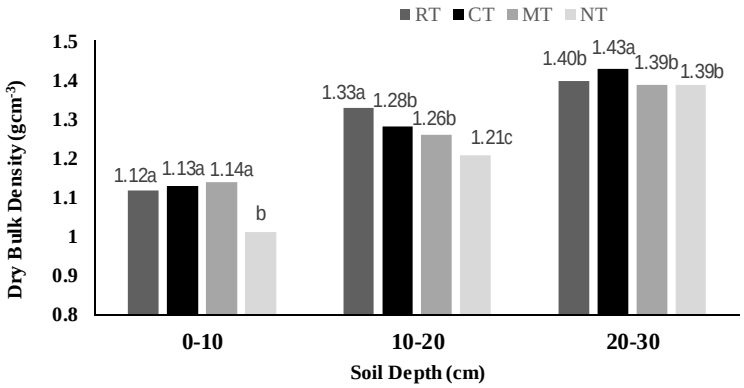
CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش‌یافته)، MT: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NT: کاشت مستقیم

در هر محدوده عمق خاک، حروف مشابه کوچک پس از میانگین‌ها بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد براساس آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد.

Fig. 5. Effect of tillage systems on soil bulk density in different soil depth at flowering stage of wheat (Average 4 years)

CT: Mold board plough plus disk harrow, RT: Chisel packer, MT: Stubble mulch cultivator, NT: No tillage

In each soil depth range, means followed by similar small letters are not significantly different at 1% according to Duncans Multiples Range Test.



شکل 6- تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های مختلف در مرحله قبل از برداشت گندم (میانگین 4 سال)

CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش یافته)، MT: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NT: کاشت مستقیم

در هر محدوده عمق خاک، حروف مشابه کوچک پس از میانگین ها بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 6. Effect of tillage systems on dry bulk density in different soil depth before harvesting of wheat (Average of 4 years)

CT: Mold board plough plus disk harrow, RT: Chisel packer, MT: Stubble mulch cultivator, NT: No tillage

In each soil depth range, means followed by similar small letters are not significantly different at 1% according to Duncans Multiples Range Test.

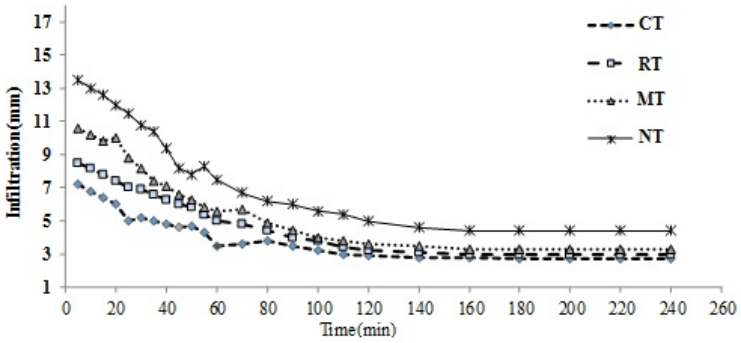
بررسی اثرات تیمار در عمق‌های مختلف برروی جرم مخصوص ظاهری خاک، حاکی از کاهش جرم مخصوص ظاهری در لایه سطحی در تیمارهای حفاظتی و به‌خصوص در صورت کاربرد روش بی‌خاک‌ورزی بود (شکل‌های 5 و 6). در لایه‌های20-10 و30-20 سانتی‌متری خاک تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی (خاک‌ورز مرکب و کشت مستقیم) موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری نسبت به تیمار متداول شدند. علت این امر را می‌توان به‌وجود بقایای گیاهی در سطح خاک و کاهش تردد ماشین‌ها در روش‌های حفاظتی نسبت داد.

گیرس گزارش نمود که در روش کاشت مستقیم، (بی‌خاک‌ورزی) تراکم خاک در لایه زیرین کاهش می‌یابد (Geerse, 2010). محمدی و همکاران طی تحقیقی در منطقه دیم سنندج نشان دادندکه در عمق 10-0 سانتی‌متری جرم مخصوص ظاهری خاک در گاوآهن برگرداندار و بی‌خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری ندارد. آنان همچنین به این نتیجه رسیدند که در عمق 30-10 سانتی‌متری میزان جرم مخصوص ظاهری در روش بی‌خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در گاوآهن قلمی نداشت (Mohammadi *et al*., 2009). در همین رابطه صادق نژاد و اسلامی در گنبد و در شرایط بدون آبیاری نشان دادند که در عمق 15-0 سانتی‌متری گاوآهن قلمی و کاشت مستقیم تأثیر یکسانی بر جرم مخصوص ظاهری خاک داشتند و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار نبود (Sadeghnezhad and Eslami, 2006). بنا به گزارش سایر محققین تأثیر خاک‌ورزی و مدیریت بقایا برروی جرم مخصوص ظاهری خاک عمدتاً منحصر به لایه بالایی خاک بوده و در لایه‌های پایین‌تر از عمق شخم، جرم مخصوص ظاهری در بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول معمولاً شبیه هم عمل می‌کند. دی هین و همکاران طی تحقیقی در 8 منطقه متفاوت نشان دادند که در 7 منطقه در لایه‌های 10-0 و 30-25 سانتی‌متری خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی کمتر از روش خاک‌ورزی متداول بود (D'Haene, *et al*., 2008).

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر نفوذپذیری آب در خاک

میانگین نفوذپذیری آب در تیمارهای مختلف در طی سال‌های اجرای تحقیق در شکل 7 آورده شده است. بر اساس شکل 7 با افزایش شدت خاک‌ورزی یک روند کاهشی در مقادیر نفوذپذیری وجود دارد. در مجموع میزان نفوذپذیری آب در خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی (NT) 1/58 برابر بیشتر از مقدار آن در تیمار متداول (CT) بود. استرادلی و همکاران نشان دادند که بی‌خاک‌ورزی موجب افزایش ارتباط بین خلل فرج خاک و حرکت آب به لایه‌های زیرین می‌شود (Strudley *et al*., 2008). سایر محققین نیز کاهش نفوذپذیری آب را در روش خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار درطول رشد گیاه گزارش نموده‌اند (Alvarez and Steinbach, 2009; Kahlon *et al*., 2103; Govaerts *et al*., 2007). عوامل متعددی ازجمله ساختمان و بافت خاک، میزان ماده‌آلی و رطوبت خاک، تخلخل، مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک و بقایای گیاهی در میزان نفوذپذیری آب در خاک نقش دارد که اغلب موارد مذکور به نوعی تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار می‌گیرند (Cullum, 2009;

Truman *et al*., 2011). در تحقیق حاضر افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک در زیر لایه شخم گاوآهن برگرداندار (25 سانتی‌متری) می‌تواند دلیلی بر کاهش نفوذپذیری در تیمار مذکور و افزایش میزان بقایای گیاهی در سطح خاک در روش‌های بی‌خاک‌ورزی می‌تواند دلیلی بر افزایش نفوذپذیری باشد.



شکل 7- تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر نفوذپذیری آب در خاک در تیمارهای خاک‌ورزی

CT: گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی (متداول)، RT: چیزل پکر (خاک‌ورزی کاهش‌یافته)، MT: خاک‌ورز مرکب (حداقل خاک‌ورزی)، NT: کاشت مستقیم

Fig. 7. Effect of tillage systems on soil infiltration rate

CT: Mold board plough plus diskharrow, RT: Chisel packer equipped roller, MT: Stubble mulch cultivator, NT: No tillage

اثرات روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک گندم دیم نشان داد که اثر سال بر طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکردهای زیست توده، کاه و دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 5). اثر تیمار (خاک‌ورزی و کاشت) بر صفات تعداد سنبله در واحد سطح و عملکردهای کاه، دانه و زیست توده گندم در سطح احتمال 5 درصد و کارآیی استفاده از بارندگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل سال در تیمار بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبوده و یا به عبارت دیگر تیمارها در طی سال‌های اجرای این تحقیق (سال‌های پر باران و کم باران) رفتار یکسانی داشتند (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد گندم و کارآیی استفاده از بارندگی

Table 5- Combined variance analysis of yield and yield compentent of wheat and rainfall use efficiency

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square							
		طول سنبله Spike length	دانه در سنبله Seed per spike	تعداد سنبله در متر مربع Spike m^{-2}	وزن هزار دانه TKW	عملکرد کاه Stubble yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیست توده Biomass yield	کارآیی استفاده از بارندگی Rainfall Use Efficiency
سال Year	3	10.12**	140.73**	23757**	101.6ns	12118092**	1286578**	21125219**	1.66**
خطای سال Error	12	0.59	8.34	3925	48.0	277472	15667	408441	0.14
تیمار Treatment	3	0.28^{ns}	0.21^{ns}	769*	2.1^{ns}	164906*	20765*	302131*	0.26**
سال در تیمار Year×Treatment	9	0.16^{ns}	0.35^{ns}	280^{ns}	0.9^{ns}	77436^{ns}	12342^{ns}	150858^{ns}	0.13*
خطای کل Error	36	0.12	1.40	242	0.9	49954	5855	83626	0.06
CV (%)	-	6.6	7.7	5.2	3	6.2	5.5	5.8	5.4

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد و 5 درصد، ns: غیر معنی‌دار

**,*: Significant at 1% and 5% of probability levels respectively, ns: Non-significant

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکردهای زیست توده، دانه و کاه علوفه (ماشک) نشان داد که همانند گندم، اثر سال بر عملکردهای یاد

شده در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. اثر تیمار (خاک‌ورزی و کاشت) نیز بر عملکردهای ماشک در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 6).

جدول 6- تجزیه واریانس مرکب عملکرد زیست توده، دانه و کاه ماشک

Table 6- Combined variance analysis of biomass, grain and stuble yields of vetch

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات عملکرد Mean square of yield		
		زیست توده Biomass	دانه Grain	کاه Stubble
سال Year	3	13045600**	1689258**	5637667ns
خطای سال Error	12	80397	3980	73150
تیمار Treatment	3	46133*	2414*	27964*
سال در تیمار Year * Treatment	9	21356ns	920ns	15496ns
خطای کل Error	36	20063s	1433	11401
CV (%)	-	5.5	4.4	6.3

** و * : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد و 5 درصد، ns: غیر معنی‌دار

**,*: Significant at 1% and 5% of probability levels respectively, ns: Non-significant

بر اساس نتایج این تحقیق، بیش‌ترین عملکرد زیست توده و دانه علوفه (ماشک پاییزه) با میانگین 2610 و 882 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کاشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) و کم‌ترین این مقادیر به‌ترتیب با میانگین‌های 2488 و 854 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار متداول (گاوآهن برگرداندن به علاوه دیسک) بود. سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت آماری نداشتند (جدول 7). در فاز گندم، نتایج مقایسه میانگین برای تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد، بیش‌ترین عملکرد زیست توده، دانه و کاه به‌ترتیب با مقادیر 5176، 1433 و 3743 کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت مستقیم به‌دست آمده که به‌استثنای تیمار چیزل پکر (RT) به‌ترتیب با عملکردهای زیست توده، دانه و کاه به‌ترتیب برابر با 5083، 1403 و 3680 کیلوگرم در هکتار با سایر تیمارها (گاو آهن برگرداندار + دیسک و خاک‌ورز مرکب) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول 7). دو تیمار گاو آهن برگرداندار + دیسک و خاک‌ورز مرکب در هر سه عملکرد یاد شده از لحاظ آماری در کلاس مشابه (b) قرار گرفتند. افزایش عملکرد در تیمارهای کاشت حفاظتی را می‌توان با افزایش رطوبت ذخیره شده در خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مذکور مرتبط دانست. همت و اسکندری نیز طی تحقیقی در تناوب گندم- نخود و در شرایط دیم به این نتیجه رسیدند که عملکرد گندم در کاشت مستقیم و گاوآهن چیزل در یک کلاس آماری قرار گرفته ولی عملکرد گندم در روش کاشت مستقیم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با تیمار متداول (گاوآهن برگرداندار) داشت. آنان این امر را با بهره‌وری استفاده از بارندگی در تیمارهای کاشت مستقیم و گاوآهن قلمی مرتبط دانستند (Hemmat and Eskandari, 2004).

از بین اجزای عملکرد و صفات گیاهی تنها تعداد سنبله در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 8). بیش‌ترین تعداد سنبله در واحد سطح از لحاظ کلاس‌بندی وضعیت مشابهی با عملکردهای زیستی، دانه و کاه داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین این صفت با 310 سنبله در واحد سطح از تیمار کاشت مستقیم به‌دست آمد، که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری ($P<0.01$) داشت، اما با تیمار چیزل پکر (305 سنبله در واحد سطح) در یک کلاس (ab) قرار گرفت (جدول 8). با توجه به این‌که عملکرد زیستی حاصل از اندام‌های رویشی یا به تعبیر دیگر سطح سبز گیاه در مراحل مختلف رشد می‌باشد، از این رو مطابقت تعداد سنبله در واحد سطح با عملکرد زیستی طبیعی است. زیرا عملکرد زیستی ناشی از ارتفاع بوته و تعداد بوته (تعداد سنبله در بوته) می‌باشد. تیمارهای خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر صفت کارآیی استفاده از آب باران در سطح احتمال یک درصد داشت. تیمار کاشت مستقیم موجب افزایش کارآیی استفاده از بارندگی نسبت به سایر تیمارها شد پالاو همکاران نیز به این نتیجه رسیدند که بی‌خاک‌ورزی وخاک‌ورزی کاهش‌یافته موجب افزایش عملکرد دانه گندم و نخود در شرایط دیم می‌شود (Pala *et al.*, 2007).

جدول 7- مقایسه میانگین عملکرد علوفه و گندم دیم در تیمارهای خاک‌ورزی

Table 7- Mean comparison of effect of tillage sysytems on dryland forage and wheat yields

روش‌های خاک‌ورزی Tillage systems	عملکرد علوفه Farage yields (kg ha^{-1})			عملکرد گندم Wheat yields (kg ha^{-1})		
	کاه Stubble	دانه Grain	زیست توده Biomass	کاه Stubble	دانه Grain	زیست توده Biomass
چیزل پکر Chisel packer	1715.7^{a}	877.0^{a}	2592.7 ^{a}	3679.7^{a}	1403.4^{a}	5083.0^{a}
گاوآهن برگرداندار + دیسک Mould board plough + Diskharrow	1634.4^{b}	854.2^{b}	2488.6^{b}	3520.5^{b}	1353.7^{b}	4874.2^{b}
کشت مستقیم Direct drilling	1728.1^{a}	882.2^{a}	2610.1^{a}	3743.3^{a}	1432.6^{a}	5175.9^{a}
خاک‌ورز مرکب Stubble mulch cultivator	1702.1^{ab}	866.8^{ab}	2569.0^{ab}	3569.8^{b}	1365.6^{b}	4935.4^{b}
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD5%	76.6	27.1	101.6	160.3	54.9	207.4

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P<0.05)

Values followed by the same letter in each column are not significantly different according to Duncan's new multiple range test at the 5% level of probability

جدول 8- مقایسه میانگین صفات مورفولوژی گندم دیم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

Table 8- Mean comparision of morphological traits of dryland wheat in various tillage systems

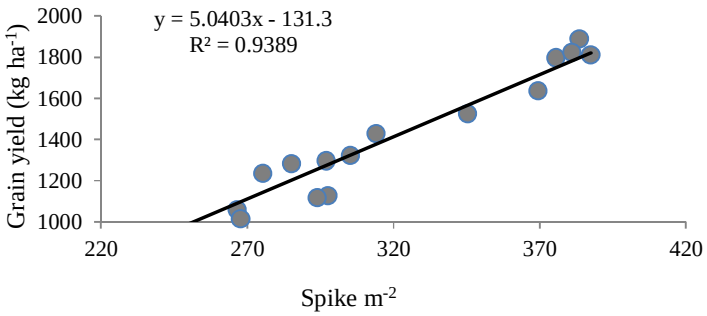
روش‌های خاک‌ورزی Tillage systems	طول سنبله Spike Length (cm)	دانه در سنبله Seed per spike	تعداد سنبله در متر مربع Spike m^{-2}	وزن هزار دانه TKW (g)	کارآیی استفاده از بارندگی Rainfall use efficiancy (kg ha^{-1} mm^{-1})
چیزل پکر Chisel packer	5.3^{a}	16^{a}	305^{ab}	30.6^{a}	4.4^{ab}
گاوآهن برگرداندار + هرس بشقابی Mould board plough+ Diskharrow	5.1^{a}	15^{a}	297^{b}	30.5^{a}	4.3^{b}
کاشت مستقیم Direct drilling	5.3^{a}	15^{a}	310^{a}	30.0^{a}	4.6^{a}
خاک‌ورز مرکب Stubble mulch caltivator	5.4^{a}	15^{a}	295^{b}	30.6^{a}	4.3^{b}
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD1%	0.3	1.0	11.4	0.7	0.9

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد با یکدیگر ندارند (P<0.01)

Values followed by the same letter in each column are not significantly different according to Duncan's new multiple range test at the 1% level of probability

تحلیل‌های رگرسیونی حاکی از آن بود که عملکرد دانه‌ی گندم با تعداد سنبله در واحد سطح به‌طور خطی با ضریب تبیین 0/939 افزایش یافت (شکل 8). به‌طوری‌که با تغییر مدیریت خاک‌ورزی از حالت سنتی (گاو آهن برگرداندار + هرس بشقابی) به کاشت مستقیم تعداد سنبله در واحد سطح به‌طور متوسط 13سنبله و به دنبال آن 78/9 کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه افزایش یافته‌است (شکل 8). این نتایج نشان می‌دهد تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه کاشت مستقیم در شرایط دیم از طریق تغییر تعداد سنبله در واحد سطح عملکرد دانه را تغییر و بهبود می‌بخشند. سایر محققان نیز در شرایط دیم نتیجه‌ی مشابهی را ارائه نمودند (Hemmat and Eskandari, 2004; Eskandari *et al*., 2014). شاید دلیل آن افزایش تعداد پنجه بارور در اثر گسترش مناسب ریشه گندم و استفاده بهینه از آب و عناصر غذایی موجود در خاک برای گیاه بوده‌است (Kabakci *et al*., 1993). از صفات دیگری که تیمارهای خاک‌ورزی توانستند به‌طور معنی‌داری (P<0.01) آن را تغییر دهند، کارآیی استفاده از آب باران بود. تیمار بدون خاک‌ورزی (کلاس a) و سپس تیمار چیزل پکر

(کلاس ab) به‌ترتیب با 4/6 و 4/4 کیلوگرم بر میلی‌متر بر هکتار بیش‌ترین کارآیی استفاده از باران را به‌خود اختصاص دادند. این در حالی است که تیمارهای گاو آهن برگردان‌دار + هرس بشقابی و خاک‌ورز مرکب به‌طور مشترک با 4/3 کیلوگرم بر میلی‌متر بر هکتار کم‌ترین میزان (کلاس b) این صفت را داشتند جدول 5 با توجه به این نتایج، چنانچه کارآیی استفاده از آب در اثر عملیات خاک‌ورزی بهبود یابد، انتظار افزایش عملکرد دانه گندم دیم نیز وجود دارد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط سایرین مبنی بر افزایشی بودن رابطه بین کارآیی استفاده از آب باران با عملکرد دانه گندم در شرایط دیم مطابقت دارد (Pala *et al*., 2007; Feiziasl *et al*., 2011).



شکل 8- رابطه رگرسیونی بین تعداد سنبله در واحد سطح با عملکرد دانه گندم دیم

Fig. 8. Relationship between spike per squre meter and wheat yield

نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق 4 ساله در منطقه سردسیر کشور، خاک‌ورزی کاهش‌یافته و بی‌خاک‌ورزی (کاشت مستقیم) در تناوب علوفه گندم روش مؤثری در افزایش رطوبت خاک (به‌طور میانگین12/3 درصد) و کارآیی مصرف بارندگی (به‌طور میانگین 4/6 کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و به دنبال آن افزایش صفت تعداد سنبله در واحد سطح (به‌طور میانگین 4 درصد) و در نهایت عملکرد دانه (به‌طور میانگین 6 درصد) به‌شمار می‌آید. در مقایسه با سایر روش‌ها، روش بی‌خاک‌ورزی موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک شامل کاهش مقاومت به نفوذ و جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش رطوبت و نفوذپذیری آب در خاک شد. در تیمار کاشت مستقیم عملکرد دانه علوفه (ماشک پاییزه) به میزان 3 درصد و عملکرد دانه گندم به میزان 5/5 درصد نسبت به تیمار متداول (گاوآهن برگرداندار به‌علاوه هرس بشقابی) افزایش نشان داد.

References

1. Aikins, S. H. M., and J. J. Afuakwa. 2012. Effect of four different tillage practices on soil physical properties under cowpea. Agricultural Biology Journal of America 3: 17-24.
2. Alvarez, R., and H. Steinbach. 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.
3. Aryi, P., and R. Mirkhani. 2005. Methods for measuring physical properties of soil (Technical Journal) Senate publications.No:479.
4. ASTM. 2003. D3385-03 Standard test method for infiltration rate of soils in field using double-ring infiltrometer. Annual Book of ASTM Standards 04, 08. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
5. Azevedo, D. M. P. d., J. Landivar, R. M. Vieira, and D. Moseley. 1999. The effect of cover crop and crop rotation on soil water storage and on sorghum yield. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34: 391-398.
6. Biederbeck, V., C. Campbell, K. Bowren, M. Schnitzer, and R. McIver. 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. Soil Science Society of America Journal 44: 103-111.
7. Beisecker, R. 1994. Einflu β langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefu Ege, die Wasserinfiltration und die Stoffverlagerung eines Lo`E ˆu- und eines Sandbodens. Bodeno Ekologie und Bodengenese 12: 195.

8. Black, G. R., and K. H. Harte, 1986. Bulk density, Core Method. In Methods of soil Analysis part 1. By A.Klute(ed). Agronomy Monograph no. 9.P.363-366.
9. Bonfil, D. J., I. Mufradi, S. Klitman, and S. Asido. 1999. Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till arid environment. Agronomy Journal 91: 368-373.
10. Coleman, C. 2003. What are the Effects of No-till Farming on Soil Moisture and Soil Temperature Compared to Conventional Tillage in Rice County Kansas? Cantaurus 11: 2-4.
11. Cullum, R. 2009. Macropore flow estimations under no-till and till systems. Catena 78: 87-91.
12. D'Haene, K., J. Vermang, W. M. Cornelis, B. L. Leroy, W. Schiettecatte, S. De Neve, D. Gabriels, and G. Hofman. 2008. Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. Soil and Tillage Research 99: 279-290.
13. Eskandari, I., H. Navid, and F. Moradi. 2014. Effect of conservation tillage systems on some physical properties of soil and dryland wheat and evaluation of tillage systems by thermal imaging method. Journal of Agricultural Mechanization 2 (1):11-22. (In Farsi).
14. Feiziasl, V., J. Jafarzadeh, B. Abdulrahmani, B. Mousavi, and E. Karimi. 2011. Study on effects of environmental factors on dryland wheat. Journal of Agronomy researches of Iran 1 (8):1-11. (In Farsi).
15. Galantini, J., M. Landriscini, J. Iglesias, A. Miglierina, and R. Rosell. 2000. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina, nutrient balance, yield and grain quality. Soil and Tillage Research 53 (2):137-144.
16. Gardner, W. H., and A. Klute. 1986. Water content. In Methods of soil analysis: Part 1, Physical and mineralogical methods, A. Klute, ed., pp. 493-544. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, Wisc.
17. Geerse, T. 2010. Seedbed Preparation in an organic minimum tillage system. MS. Thesis. Farm technology. Wageningen University, Netherlands. 30 April.
18. Govaerts, B., M. Fuentes, M. Mezzalama, J. M. Nicol, J. Deckers, J. D. Etchevers, B. Figueroa-Sandoval, and K. D. Sayre. 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. Soil and Tillage Research 94: 209-219.
19. Gürsoy, S. 2012. Evaluation of the No-Till Demonstration Studies in South East Anatolia Region of Turkey. AGRIS On-line Papers in Economics and Informatics 4: 21.
20. Hemmat, A. and I. Eskandari. 2004. Tillage system effects upon productivity of a dryland winter wheat–chickpea rotation in the northwest region of Iran. Soil and tillage research 78: 69-81.
21. Herbek, J., and C. Lee 2009. A comprehensive guide to wheat management in Kentucky. Lexington; Frankfort: US Department of agriculture, M. Scott Smith, Director, Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture; Kentucky State University, Available online at: http://www.uky.edu/Ag/Grain-Crops/ID125Section2.htm
22. Huang, G. B., C. Qiang, F. X. Feng, and A. Z. Yu. 2012. Effects of different tillage systems on soil properties, root growth, grain yield, and water use efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in arid Northwest China. Journal of Integrative Agriculture 11: 1286-1296
23. Kabakci, H., P. M. Chevalier, and R. I. Papendick. 1993. Impact of tillage and residue management on dryland spring wheat development. Soil Till. Res. 26: 127-137.
24. Kahlon, M. S., and R. Lal, and M. Ann-Varughese. 2013. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. Soil and Tillage Research 126: 151-158.
25. Liu, S., X. Y. Zhang, J. Yang, and C. F. Drury. 2013. Effect of conservation and conventional tillage on soil water storage, water use efficiency and productivity of corn and soybean in Northeast China. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science 63: 383-394.
26. Mahmoudi, 2015. Analytical results of weather data of rainfall research stations of Iran. Dryland research institute publication. No 47719.
27. Mitchell, J. P., G. S. Pettygrove, S. Upadhyaya, A. A. Shrestha, R. Fry, R. Roy, P. Hogan, R. Vargas, and K. Hembree. 2009. Classification of conservation tillage practices in California irrigated row crop systems. Oakland, CA: UCANR Pub. 8364. 8p.
28. Mitchell, J., P. Singh, W. Wallender, D. Munk, J. Wroble, W. Horwath, P. Hogan, R. Roy, and B. Hanson. 2012. No-tillage and high-residue practices reduce soil water evaporation. California Agriculture 66: 55-61.

29. Mohammad, W., S. Shah, S. Shehzadi, and S. Shah. 2012. Effect of tillage, rotation and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of north-west Pakistan. Journal of soil science and plant nutrition 12: 715-727.
30. Mohammadi, K. H., K. Nabi Allahi, M. Aghaalikhani, and F. Khormali. 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rain fed wheat. Journal of Plant Production 16 (4): 77-91.
31. Moraru, P. I., and T. Rusu. 2012. Effect of tillage systems on soil moisture, soil temperature, soil respiration and production of wheat, maize and soybean crops. Journal of Food Agriculture & Environment 10: 445-448.
32. Mulumba, L. N., and R. Lal. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. Soil and Tillage Research 98: 106-111.
33. Norwood, C. 1994. Profile water distribution and grain yield as affected by cropping system and tillage. Agronomy Journal 86: 558-563.
34. Pala, M., A. Haddad, and C. Piggin. 2007. Challenges and opportunities for conservation cropping: ICARDA experience in dry areas. Pages 165-182. The Proceedings of the International Workshop on Conservation Agriculture for Sustainable Land Management to Improve the Livelihood of People in Dry Areas.
35. Payne, W. A., P. E. Rasmussen, C. Chen, R. Goller, and R. E. Ramig. 2000. Precipitation, temperature and tillage effects upon productivity of a winter wheat–dry pea rotation. Agronomy Journal 92: 933-937.
36. Peterson, G., A. Schlegel, D. Tanaka, and O. Jones. 2013. Precipitation use efficiency as affected by cropping and tillage systems. Journal of Production Agriculture 9: 180-186.
37. Pisante, M., and F. Stagnari. 2007. Conservation agriculture Italian way - Principles, technologies and methods for sustainable production. Edagricole, Bologna, Italy Blue Agriculture, p 317.
38. Pryor, R. 2006. Switching to no-till can save irrigation water. Univ Nebraska-Lincoln Ext Pub EC196-3. Available at: http://ianrpubs.unl.edu/epublic/live/ec196/build/ec196-3.pdf [12 June 2012].
39. Reeves, D., H. Rogers, J. Droppers, S. Prior, and J. Powell. 1992. Wheel-traffic effects on corn as influenced by tillage system. Soil and Tillage Research 23: 177-192.
40. Sadeghnezhad, H. R., and K. Eslami. 2006. The comparison of wheat yield under different tillage methods. Journal of Agricultural Sciences. Islamic Azad University. 12(1) 103-112.
41. Sakai, K., and S. Upadhyaya and M. Sime. 1992. Variability of a double ring infiltration test. Transactions of the ASAE 35: 1221-1226.
42. Strudley, M. W., T. R. Green, and J. C., Ascough II. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. Soil and Tillage Research 99 (1): 4-48.
43. Swan, R. J., N. S. Eash, and J. L. Jordahl. 1994. Long-term tillage effects on soil quality. In: Hand Book of Soil Science. M. E. Sumner (ed). CRC Press
44. Truman, C., T. Potter, R. Nuti, D. Franklin, and D. Bosch. 2011. Antecedent water content effects on runoff and sediment yields from two Coastal Plain Ultisols. Agricultural Water Management 98: 1189-1196.
45. Zhang, H., and T. Oweis. 1999. Water–yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water Management 38: 195-211.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 7, No. 2, Fall - Winter 2017, p. 451-467

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 7، شماره 2، نیمسال دوم 1396، ص 467-451

Influence of Conservation Tillage on some Soil Physical Properties and Crop Yield in Vetch-Wheat Rotation in Dryland Cold Region

I. Eskandari[1*]- V. Feiziasl[2]

Received: 28-10-2015
Accepted: 17-08-2016

Introduction

Winter wheat is an important, well-adapted grain crop under dryland condition of the northwest of Iran. Soil water is the most limiting resource for crop growth in dryland areas. Therefore, farmers need to use crop residues and minimum tillage to control the soil erosion and effectively store and to use the limited precipitation received for crop production.

Crop rotation and tillage system could affect crop yield due to their effects on water conservation and soil chemical and physical properties. Galantini *et al*., (2000) studied the effect of crop rotation on wheat productivity in the Pampean semi-arid region of Argentina and found that a wheat–vetch (*Vicia sativa* L.) rotation resulted in higher yield and protein content, and greater yield components than the other rotations.Payne *et al*. (2000) stated that where precipitation amount is marginal (400 mm), dry field pea offers a potential alternative to summer fallowing. The purpose of this study was to identify the optimal tillage system for increasing crop productivity in a vetch–wheat rotation in dryland farming of the northwest of Iran.

Materials and Methods

The field experiment was carried out from 2010 to 2014 at the Dryland Agricultural Research Station (latitude37° 12´N; longitude 46◦20´E; 1730 m a.s.l.), 25 km east of Maragheh, East Azerbaijan Province, Iran. The long-term (10 years) average precipitation, temperature and relative humidity of the station are 336.5 mm, 9.4 ◦C and 47.5%, respectively. The soil (Fine Mixed, Mesic, Vertic Calcixerepts, USDA system; Calcisols, FAO system) at the study site had a clay loam texture in the 0–15 cm surface layer and a clay texture in the 15–80 cm depth.

This study was conducted in vetch (*Vicia pannonica*)- wheat (*Triticum aestivum* L.) rotation. The experiment was arranged in a randomized complete block design with four replications. The tillage treatments consisted of (1) conventional tillage: moldboard plowing followed by one pass of a disk harrow (CT); (2) reduced tillage:chisel packer (CH); (3) minimum tillage: Stubble mulch cultivator (MT); and (4) no-till (NT) with retained previous crop residue.

At beginning prior to the tillage operation, only wheat stubble was present on the soil surface. A uniform tillage treatment was applied to all plots using a chisel packer in October. A shallow tillage was also performed using a tandem disk harrow just prior to winter vetch planting. In the second, third, fourth and fifth years, the tillage treatments for the vetch and wheat planting were similar. A winter wheat cultivar (Azar 2) was sown 6 cm depth at a rate of 350 seeds per square meter with an Alvand conventional and Baldan NT 250 no-till drill. Vetch cultivar Golsefied was drilled 8 cm depth at a seeding rate of 85 kg ha^{-1} using Alvand drill.

The following parameters were measured: heads of wheat per square meter, 1000-kernel weight, kernels per head, head length, plant height, and wheat grain yield. Grain yield was obtained with a plot combine harvester. The dry matter content was determined and yield corrected to a standard moisture content of 130 g kg^{-1}.

Rain use efficiency (RUE) was calculated by dividing dry weight of grain yield by growing season precipitation.

Soil water content and dry bulk density were measured gravimetrically (drying method, w/w) in cropping seasons.

Results and Discussion

Conservation tillage treatments resulted in water saving in soil layers. In both stages of soil sampling, the

1 and 2- Assistant Professor of Research, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
(*- Corresponding Author Email: i.eskandari@areo.ir)

most soil moisture variability to initial state was observed in plots which planted as no-tillage. The moisture variability of no-tillage system was 23.4% higher than that of conventional tillage system at 10-20 cm soil layer in flowering stage of wheat.

Effect of treatments on soil bulk density in different soil depths illustrated that conservation tillage can reduce soil bulk density during four years.

According to the results of this study the overall infiltration in no-tillage was 1.58 times more than that of conventional tillage system.

Yields under no-tillage and reduced tillage were higher (4% and 6% respectively) than conventional tillage. Grain yields under direct drilling were similar to those obtained using the reduced-tillage (Chisel packer) system.

Conclusions

Based on the results of a 4-year field study on a dryland production system in the northwestern cold continental climate of Iran, minimum- or no-till winter wheat crop production in a vetch–wheat rotation were the most efficient soil management practice from the standpoint of grain yield production and rain use efficiency. Overall, in this study, the no-tillage treatment is proposed as the best treatment in terms of grain and biomass yields and mechanical properties of soil.

Keywords: Direct drilling, Soil physical poreperties, Tillage, Yield