نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
http://jwsc.gau.ac.ir
۷۱-۸۹

اثر کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی بر تغییرات زمانی رطوبت خاک در کشتزار دیم گندم

***یونس مظلوم علی‌آبادی[۱]، علی‌رضا واعظی[۲] و جعفر نیکبخت[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [۲]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان،
[۳]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: رطوبت خاک عامل اصلی تعیین‌کننده رشد گیاه در زمین‌های دیم است. کمبود محتوای رطوبتی خاک موجب تنش خشکی در مراحل رشد گیاه می‌شود. محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد به‌دلیل بارش، تبخیر و سایر عوامل محیطی دچار تغییرات زمانی می‌شود. راه‌کارهای متفاوتی جهت حفظ محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد وجود دارد اطلاع از تغییرات زمانی محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد گندم می‌تواند در شناسایی زمان‌های بحرانی وقوع تنش خشکی مؤثر باشد. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تغییرات زمانی محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر سطح مصرف مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی در کشتزار دیم منطقه نیمه‌خشک انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در کشتزاری دیم با شیب حدود ۱۰ درصد در دانشگاه زنجان طی دوره رشد گندم زمستانه از اوایل آذر ۱۳۹۵ تا اوایل تیر ۱۳۹٦ انجام شد. آزمایش در چهار سطح مصرف کاه و کلش گندم (صفر، ۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ گرم در مترمربع معادل با سطوح صفر، ۳۳، ٦٦ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین) در دو جهت خاک‌ورزی (موازی شیب و روی خطوط تراز) در قالب آزمایش فاکتوریل به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. درمجموع ۲٤ کرت آزمایشی به ابعاد دو متر در پنج‌متر به‌منظور بررسی محتوای رطوبتی خاک احداث شد. محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد، در بازه زمانی ۱۰ روز به‌وسیله از دستگاه انعکاس‌سنجی حوزه زمانی (TDR) اندازه‌گیری شد. تغییرات ماهانه محتوای رطوبتی خاک برای تیمارهای مختلف طی دوره رشد تعیین شد. تغییرات زمانی محتوای رطوبتی خاک در سطوح مختلف مصرف مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی براساس آزمون‌های دانکن و t جفتی تعیین شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، محتوای رطوبتی خاک در تمام ماه‌های دوره رشد گندم تحت‌تأثیر مصرف کاه و کلش گندم قرار گرفت ($P<۰/۰۵$) و بیش‌ترین مقدار در فروردین‌ماه مشاهده شد. در فروردین‌ماه، مقدار محتوای رطوبتی خاک در سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش نسبت به تیمار شاهد در خاک‌ورزی موازی شیب و خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌ترتیب ۳۰ و ۱۰ درصد افزایش داشت. بررسی میانگین سالانه محتوای رطوبتی در خاک‌ورزی موازی

* مسئول مکاتبه: uones.mazloom@yahoo.com

شیب در سطوح مصرف کاه و کلش ۳۳، ٦٦ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب ۱۱، ۱۳ و ۲۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت (P<۰/۰۱). میانگین سالانه محتوای رطوبتی خاک در کشت روی خطوط تراز نیز در سطوح مصرف کاه و کلش ۳۳، ٦٦ و ۱۰۰ درصد نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ٦، ۸ و ۱۸ درصد افزایش نشان داد (P<۰/۰۱). بررسی تغییر زمانی محتوای رطوبتی خاک در دو جهت خاک‌ورزی نشان داد که به‌غیراز ماه‌های دی، بهمن و اردیبهشت در سایر ماه‌ها طی دوره رشد، افزایش محتوای رطوبتی خاک معنی‌دار بود. دلایل این تفاوت را می‌توان تغییرات نوع بارش (برف) و ضعف پوشش گیاهی بیان نمود. میانگین محتوای رطوبتی خاک در کشت روی خطوط تراز حدود ٦ درصد بیش‌تر از کشت موازی شیب بود (P<۰/۰۵). بیش‌ترین تفاوت در محتوای رطوبتی خاک بین دو جهت خاک‌ورزی در اسفندماه (١٤ درصد) و کم‌ترین آن در اردیبهشت‌ماه (۲ درصد) مشاهده شد. برهمکنش معنی‌داری بین سطح مصرف مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی از نظر تأثیر بر محتوای رطوبتی خاک در هیچ‌یک از ماه‌های دوره رشد مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد، هر دو روش مدیریتی اثراتی مستقل بر تغییر محتوای رطوبتی خاک در کشت دیم گندم داشتند. نقش دو اقدام مدیریتی در اوایل دوره رشد و در زمان وقوع باران‌های بهاره برای حفظ بارش‌های آسمانی واضح‌تر می‌باشد. مصرف حداقل ۳۳ درصد مالچ کاه و کلش گندم معادل با ۲ تن در هکتار و اجرای خاک‌ورزی روی خطوط تراز برای بهبود محتوای رطوبتی خاک در کشت دیم ضروری است.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، تغییرات بارش، خاک‌ورزی روی خطوط تراز، دوره رشد، گندم زمستانه

مقدمه

مدیریت ضعیف آب از مهم‌ترین علل کاهش عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، به‌طوری‌که ۷۰ تا ۸۰ درصد آب حاصل از بارندگی در مناطق خشک قبل از جذب توسط گیاهان از دسترس خارج می‌شود (۱۹). اهمیت این موضوع در کشتزارهای دیم دوچندان است. حفظ و نگهداری بارش‌های آسمانی در خاک نقش اساسی در کاهش تنش کم‌آبی در محصولات کشاورزی دارد. گندم مهم‌ترین و راهبردی‌ترین گیاه زراعی در کشتزارهای دیم است. با توجه به کمبود بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به حداکثر رساندن بهره‌وری آب گندم دیم نیاز اساسی برای کشاورزان است. یکی از مناسب‌ترین راهکارها جهت افزایش بهره‌وری آب، ذخیره‌سازی باران و کاهش رواناب است (٦).

به‌کارگیری روش‌های مدیریت خاک می‌تواند در مهار رواناب سطحی و افزایش نگهداری آب در خاک مناسب باشد. استفاده از مالچ کاه و کلش یکی از روش‌های مدیریتی در کشت گندم دیم می‌باشد، که اثرات آن توسط پژوهشگران متعددی بر روی خصوصیات مختلف مانند بارش مؤثر، عملکرد گیاه، تبخیر- تعرق و رطوبت خاک مورد بررسی قرار گرفته است (۱۷، ۳۵ و ۳۹). از جمله مالچ‌هایی که برای جلوگیری از فرسایش خاک و کاهش رواناب استفاده می‌شوند، می‌توان به بقایای محصولات کشاورزی، لاش‌برگ، خرده‌چوب، پوست درختان، شن و سنگ‌ریزه اشاره نمود (۲۹). در این میان مالچ کاه و کلش تأثیر بیش‌تری بر کاهش فرسایش خاک دارد. مالچ کاه و کلش موجب جذب اثر قطره باران (۳) و کاهش تخریب خاکدانه‌ها، فرسایش و رواناب می‌شود (۳۱).

در پژوهش‌های متعددی به نقش مالچ‌های گیاهی در مهار رواناب و افزایش ذخیره رطوبتی خاک اشاره شده است. در همین راستا شارما و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که کاربرد مالچ کاه و کلش گندم و پوشش پلی‌اتیلن در تمامی سطوح خاک‌ورزی در تناوب ذرت- گندم موجب بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک و افزایش بیش‌تر نفوذ آب و محتوای رطوبتی خاک نسبت به سطح بدون مالچ شد (۲۷). پروسدسیمی و همکاران (۲۰۱٦) بیان نمودند که استفاده از انواع مالچ‌های گیاهی و پلاستیکی تا ۹۰ درصد موجب کاهش فرسایش و هدررفت خاک و آب می‌شود (۲۵). احمدی‌مقدم و همکاران (۲۰۱٦) طی پژوهشی به بررسی اثر مالچ و خاک‌ورزی بر ظرفیت نگهداری آب در خاک پرداختند و بیان داشتند که بیش‌ترین مقدار رطوبت در تیمار بدون خاک‌ورزی و تحت‌تأثیر مالچ مشاهده شد (۲). همچنین راهنما و همکاران (۲۰۱۷) نیز به بررسی اثر مالچ کاه و کلش بر روی خاک‌های لسی پرداختند و بیان نمودند که با کاهش مصرف مالچ میزان فرسایش بیش‌تر و ذخیره‌سازی آب کم‌تر می‌شود (۲٦). بنی‌حبیب و وزیری (۲۰۱۸) بیان نمودند که مالچ‌پاشی موجب کاهش تلفات آب باران شده و با افزایش نفوذ عمقی محتوای رطوبتی خاک را افزایش می‌دهد (۷).

خاک‌ورزی نیز به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریتی مهم مؤثر در تولید محصولات کشاورزی است که با تأثیر بر جوانه‌زنی بذر، کاهش علف‌های هرز و فرسایش خاک، باعث کاهش تبخیر و بهبود نفوذ آب، هوادهی و شرایط تولید محصول می‌گردد (۲۲). روش‌های خاک‌ورزی در شرایطی بیش‌ترین اثربخشی را دارند که در جهت مناسب شیب به کار گرفته شوند. انجام عملیات کشت عمود بر جهت شیب، به‌طور قابل‌توجهی هدررفت آب را کاهش می‌دهد. از آن‌جا که دامنه‌های شیب‌دار به‌ندرت دارای شیب یکنواخت می‌باشند و خطوط تراز معمولاً با یکدیگر غیرموازی هستند، ازاین‌رو به‌ناچار کشت در جهت موازی شیب انجام می‌گیرد، در صورتی‌که انجام خاک‌ورزی عمود بر جهت شیب، به‌طور قابل‌توجهی هدررفت آب را کاهش می‌دهد (۳۰). در همین راستا اندیای و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که کشت در جهت عمود بر شیب موجب کاهش ضریب رواناب و افزایش ذخیره‌سازی آب می‌شود (۲۳). شم‌آبادی (۲۰۱٤) عنوان نمود که کم‌خاک‌ورزی به‌دلیل حفظ بقایا در سطح خاک موجب حفظ رطوبت خاک و افزایش عملکرد در گیاه آفتابگردان شد (۲۸). واعظی و پیری (۲۰۱٦) بیان داشتند که کشت در جهت عمود بر شیب به‌طور معنی‌داری بر رواناب و ذخیره‌سازی آب تأثیر داشت (۳۳). باقری و واعظی (۲۰۱۷) بیان نمودند که محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر جهت خاک‌ورزی قرار گرفت و به‌طور میانگین درکشت عمود بر جهت شیب محتوای رطوبتی خاک ۱٦ درصد بیش‌تر از کشت موازی شیب بود (٦).

گندم بیش از ۲۰ درصد از زمین‌های زراعی جهان را در برمی‌گیرد (۱۹). در ایران نیز حدود ٦/۵ میلیون هکتار زمین تحت کشت گندم قرار دارد که ٦٤ درصد آن به‌صورت دیم است (۱۰). با توجه به شیب‌دار بودن اکثر اراضی دیم کشور و کمبود تجهیزات مناسب، بیش‌تر خاک‌ورزی به‌صورت موازی با شیب انجام می‌شود که موجب افزایش رواناب، کاهش ذخیره رطوبتی و عملکرد محصول می‌شود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که میانگین عملکرد گندم دیم در ایران ۱/۵۱ تن در هکتار است (۱). سطح زیرکشت گندم در استان زنجان ۳۰٦٤۳۰ هکتار است که از آن ۹۳ درصد به‌صورت دیم انجام می‌گیرد. ارقام گندم مورد استفاده برای کشت در این استان اکثراً آذر ۲، سرداری و سبلان است که در اواسط فصل پاییز هم‌زمان با شروع باران‌های فصلی کاشت شده و در تیرماه برداشت می‌شود. متوسط عملکرد گندم دیم در استان ۱۱۲۷ کیلوگرم در هکتار است که به‌طور میانگین ۲٦ درصد

کم‌تر از میانگین تولید گندم دیم در کشور (۱۵۱۳ کیلوگرم در هکتار) است (۱). استفاده از راهکارهای مدیریتی از جمله روش‌های افزایش عملکرد و ذخیره رطوبتی خاک و در نتیجه بهبود عملکرد محصول در شرایط دیم است. از جمله این راهکارها می‌توان به خاک‌ورزی روی خطوط تراز و استفاده از مالچ کاه و کلش را نام برد. میزان تأثیر مالچ بر ذخیره رطوبتی خاک به جهت خاک‌ورزی وابسته است. تعیین مناسب‌ترین سطح مالچ در هر جهت خاک‌ورزی و زمان حداکثر اثرگذاری آن دارای اهمیت است. در این پژوهش سعی بر آن است تا با پایش تغییرات محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد گندم، مقدار اثرگذاری مالچ کاه و کلش در هر یک از روش‌های مدیریتی (جهت خاک‌ورزی و سطح مصرف کاه و کلش) در گندم دیم مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

– **منطقه مورد مطالعه:** این پژوهش در کشتزار دیم با شیب ۱۰ درصد در دانشگاه زنجان با محدوده‌ای به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در عرض جغرافیایی ″۱۵ ′۴۱ °۳۸ شمالی و طول جغرافیایی ″۲۴ ′۲۳ °۴۸ شرقی در سال زراعی ۱۳۹۵–۱۳۹۶ انجام گرفت. بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک زنجان (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد بررسی) متوسط بارش سالانه منطقه مورد بررسی حدود ۲۷۰ میلی‌متر، و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. براساس آمار بارندگی طولانی‌مدت (۱۳۲۳ تا ۱۳۹۵)، فروردین با متوسط بارندگی ۵۶/۸ میلی‌متر پرباران‌ترین ماه سال و مرداد با متوسط ۳/۹ میلی‌متر بارندگی کم‌باران‌ترین ماه سال است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به‌ترتیب زریک و مزیک است. عمده واحدهای فیزیوگرافی در منطقه مورد مطالعه شامل واحدهای دشت دامنه‌ای آبرفتی و فلات‌ها هستند (۳۶).

– **کشت گندم و جمع‌آوری محصول:** برای بررسی تأثیر جهت شخم بر محتوای رطوبتی خاک، کشت گندم دیم در دو جهت خاک‌ورزی (موازی شیب و کشت روی خطوط تراز) انجام گرفت. برای این منظور کشتزار دیم به دو بخش با شیب یکنواخت با مساحت ۵۰۰ مترمربع در عرض زمین به‌منظور اعمال دو جهت خاک‌ورزی جدا شد. زمین به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار در فصل پاییز (مهرماه) شخم زده شد. سپس چهار سطح مالچ کاه و کلش گندم (صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین) به‌وسیله دستگاه خاک‌ورزی مرکب در سطح خاک مخلوط شد. به‌دلیل اختلاط مالچ با خاک تا عمق ۸ سانتی‌متری خاک مقدار ۶۰۰۰ کیلوگرم مالچ کاه و کلش برای یک هکتار به‌عنوان سطح مالچ ۱۰۰ درصد پوشش سطح خاک در نظر گرفته شد این مقدار مالچ به‌عنوان بهترین حالت در نظر گرفته شد که طی چند کشت در داخل مزرعه قابل تأمین می‌باشد (۱۶). پس از عملیات شخم، گندم رقم آذر ۲ به مقدار ۹۰ کیلوگرم در هکتار و توسط دستگاه ردیف‌کار خطی، در اواسط آبان ۱۳۹۵ کشت شد. با توجه سطوح مالچ در نظر گرفته‌شده برای تأمین فاکتور ازت، مقدار ۶ کیلوگرم کود ازت (اوره) در هنگام مخلوط کردن مالچ با خاک و نیز در ابتدای فصل بهار به‌صورت سرک مصرف شد. مقدار ۷۵۰ گرم فسفر به‌صورت سوپرفسفات تریپل هم‌زمان با کشت و توسط دستگاه ردیف‌کار خطی به خاک افزوده شد. کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف نیز از طریق محلول‌پاشی طی دوره رشد گیاه مصرف شد. سپس در محدوده زمین تحت مصرف مالچ، کرت‌هایی در سه تکرار به ابعاد پنج متر در دو متر ایجاد شد و برای جلوگیری از ورود و خروج آب پیرامون آن‌ها با پشته خاکی بسته شد (۳۲). جمع‌آوری محصول در اوایل تیرماه ۱۳۹۶ و با توجه به مقدار خشک‌شدگی گیاه برای تمام قسمت‌های کرت به‌صورت دستی انجام گرفت.

شکل ۱- کشت گندم دیم در دو جهت خاک‌ورزی.

Figure 1. Cultivation of rainfed wheat under two tillage directions.

تعیین ویژگی‌های خاک: برای تعیین ویژگی‌های خاک، نمونه خاک مرکب از عمق صفرتا ۳۰ سانتی‌متر قبل از عملیات کشت برداشت شد. جرم مخصوص ظاهری با استفاده از استوانه فلزی به قطر ۵ و ارتفاع ٤/٨ سانتی‌متر (۱۳)، پایداری خاکدانه به روش الک تر (۸) در خاکدانه‌های با قطر ٦ تا ۸ میلی‌متر به‌مدت یک دقیقه با سرعت ۲۰ دور در دقیقه (۳۳) و سایر ویژگی‌های خاک در نمونه خاک گذرانده شده از الک ۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. در این راستا بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۳)، ماده آلی به روش والکی و بلک (۳٤)، ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (۱۸) و مقدار کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلردریک یک نرمال (۲٤) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوای رطوبت خاک: محتوای آب خاک به‌وسیله دستگاه TDR (Time-Domain Reflectometry) مدل IDRG SMS-T2 در کرت‌های مورد بررسی به‌مدت یک سال زراعی (۱۳۹٦-۱۳۹۵) به‌صورت حجمی اندازه‌گیری شد. حسگرها در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری کار گذاشته شد. دوره رشد گندم پاییزی در منطقه زنجان از اواخر آبان تا اواخر خرداد در نظر گرفته می‌شود. از این‌رو محتوای رطوبتی خاک در بازه‌های زمانی ۱۰ روز (۳۷) اندازه گرفته شد.

اندازه‌گیری بارندگی طی دوره رشد: به‌منظور در دست داشتن اطلاعات مربوط به تغییرات بارش طی دوره رشد گندم مقدار بارندگی به‌صورت روزانه و به‌وسیله دستگاه باران‌سنج معمولی موجود در ایستگاه هواشناسی دانشگاه زنجان، اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: داده‌های حاصل از آزمایش‌ها قبل از تجزیه و تحلیل، از نظر توزیع نرمال بر مبنای شاخص چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفتند. تفاوت بین مقدارمحتوای رطوبتی میان سطوح مختلف مالچ کاه و کلش در دو جهت خاک‌ورزی (موازی شیب و کشت بر روی خطوط تراز) در ماه‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن مورد تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه محتوای رطوبتی در دو جهت خاکورزی از آزمون t جفتی استفاده شد. در نهایت به‌منظور بررسی اثر متقابل جهت خاک‌ورزی و سطح مصرف کاه و کلش، تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱٦ استفاده شد.

نتایج و بحث

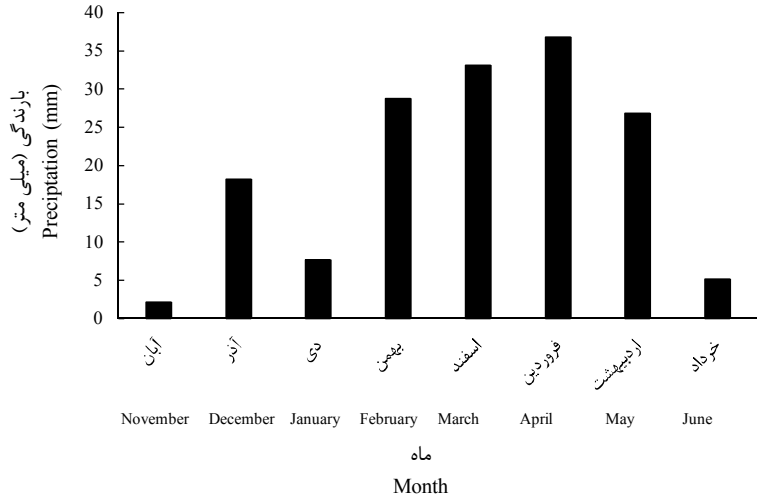
ویژگی‌های خاک منطقه: با توجه به درصد ذرات شن (۶۰/۲)، سیلت (۲۸/۲) و رس (۱۱/۶)، بافت خاک مزرعه لوم رسی شنی است (جدول ۱). خاک مزرعه با درجه شوری حدود ۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر جزء خاک‌های غیرشور و غیرقلیا (۹) است و به‌دلیل وجود بیش از ۱۲ درصد کربنات کلسیم معادل به‌عنوان خاک آهکی (۱۵) در نظر گرفته می‌شود. خاک کشتزار از نظر پایداری ساختمانی بسیار ضعیف (MWD=۱/۱۲mm) و از نظر محتوای ماده آلی (۰/۵۲ درصد) بسیار فقیر است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table1. Physical and chemical soil properties.

بافت خاک Soil texture	شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	ظرفیت مزرعه FC (m^3m^{-3})	نقطه پژمردگی دائم PWP (m^3m^{-3})	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm^3)	پایداری خاکدانه‌ها MWD (mm)	هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent(٪)	ماده آلی Organic matter (٪)	واکنش pH
لوم رسی شنی Sandy Clay Loam	60.2	28.2	11.6	0.23	0.11	1.31	1.12	2.57	12.65	0.52	7.7

تغییرات زمانی بارندگی طی دوره رشد: تغییرات ماهانه بارندگی طی دوره رشد گندم در شکل ۱ نشان داده شده است. کل بارش طی دوره پژوهش، ۱۵۶/۳۴ میلی‌متر بود که بیش‌ترین مقدار آن در فروردین‌ماه (۳۶/۷۸ میلی‌متر) و کم‌ترین آن در خردادماه (۵/۱۲ میلی‌متر) بود (شکل ۱). مقایسه مجموع بارندگی رخ‌داده در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ (سال پژوهش) (۲۰۵/۴۵ میلی‌متر) با میانگین بارندگی درازمدت سال زراعی (از سال ۱۳۲۲ تا ۱۳۹۵) با ۲۹۰/۶ میلی‌متر نشانگر کاهش ۳۰ درصدی بارش در این سال است. میانگین بارندگی درازمدت منطقه در فروردین و خرداد نیز به‌ترتیب ۵۸/۲ و۱۱/۳ میلی‌متر بود. بارندگی در ماه‌های دی و بهمن به‌صورت برف (۱۱ میلی‌متر) بود که ۷ درصد از کل بارش طی دوره رشد گندم بود.



شکل ۲- مقدار بارندگی ماهانه طی دوره رشد گندم دیم در سال زراعی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶.

Figuer 2. Monthly precipitation during the growing period of rainfed wheat from 2016 to 2017.

تغییرات زمانی محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر سطح مصرف کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی: نتایج تجزیه واریانس اثر سطح مصرف مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی بر محتوای رطوبتی خاک در ماه‌های مختلف طی دوره رشد گندم دیم (اوایل آذر ۱۳۹۵ تا آخر خرداد ۱۳۹۶) نشان داد (جدول ۲)، که در تمام ماه‌های دوره رشد محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر معنی‌دار سطح مصرف مالچ کاه و کلش قرار گرفت. تغییرات مقدار محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر جهت خاک‌ورزی در تمام ماه‌های دوره رشد به یک اندازه نبود و تنها در ماه‌های آذر، اسفند، فروردین و خرداد دارای اثر معنی‌دار بود. بررسی اثر متقابل سطح مصرف مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی در ماه‌های مختلف طی دوره رشد نیز نشان داد که در هیچ‌یک از ماه‌ها و به‌صورت میانگین سالانه اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار محتوای رطوبتی خاک وجود نداشت (شکل ۳). می‌توان عنوان داشت که مالچ کاه و کلش و خاک‌ورزی روی خطوط تراز هیچ‌گونه اثری بر نقش یکدیگر در افزایش رطوبت نداشته و هر کدام مستقل از دیگری در افزایش محتوای رطوبتی خاک نقش ایفا می‌کند. بررسی کلی محتوای رطوبتی خاک برای دوره رشد گندم نیز نشانگر تأثیر معنی‌دار سطح مصرف مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی بود، با این‌وجود برهمکنش معنی‌داری بین آن دو مشاهده نشد. نتایج نشان داد که به‌طورکلی، استفاده از مالچ کاه و کلش برای اکثر ماه‌ها در جهت حفظ رطوبت خاک مناسب بود، اما نقش جهت خاک‌ورزی به‌تنهایی در حفظ بارش‌های آسمانی در ماه‌هایی که بارش از نوع برف (دی و بهمن) و گیاه در مراحل رشد نهایی (خرداد) بود، قابل‌توجه نبود. به‌عبارت دیگر بیش‌ترین اثربخشی جهت خاک‌ورزی در حفظ رطوبت خاک زمانی است که بارندگی به‌صورت باران و هنوز پوشش گیاهی مناسبی جهت مهار رواناب وجود ندارد. اسمعیلی و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند که پوشش گیاهی به‌دلیل کاهش اثر برخورد قطرات بارش و جلوگیری از جریان سطحی تأثیر معنی‌داری در کاهش رواناب و رسوب دارد (۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات سطوح مالچ کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی بر محتوای رطوبتی خاک.

Table 2. Analysis of variance for the effect of straw mulch level and tillage direction on soil water content.

ماه Month	تغییر Variable	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square
آذر December	سطوح مالچ Mulch levels	3	8.16^{**}
	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	27.02^{**}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.29^{ns}
دی January	سطوح مالچ Mulch levels	3	17.64^{**}
	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	13.33^{ns}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.89^{ns}

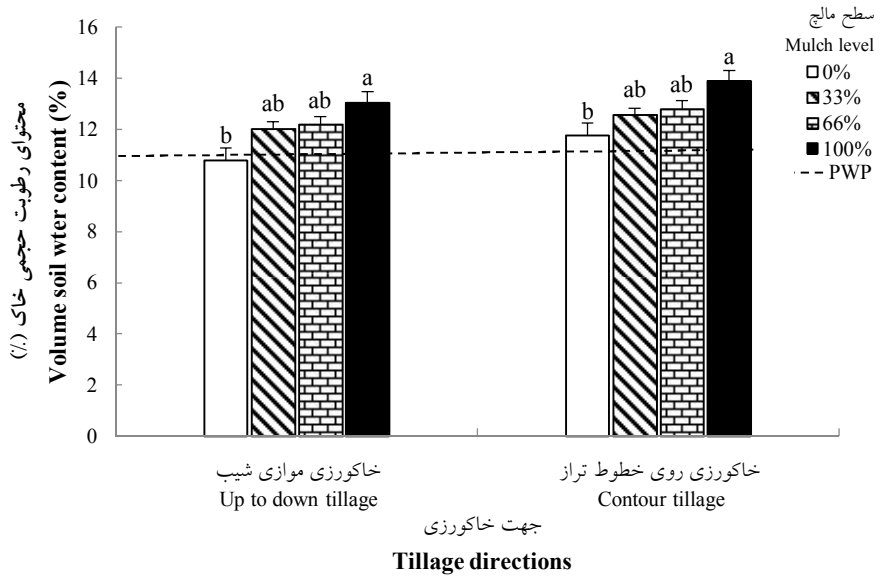
ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

ماه Month	تغییر Variable	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square
	سطوح مالچ Mulch levels	3	21.85^{***}
بهمن February	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	2.26^{ns}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.31^{ns}
	سطوح مالچ Mulch levels	3	9.82^{**}
اسفند March	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	53.66^{***}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.96^{ns}
	سطوح مالچ Mulch levels	3	42.19^{***}
فروردین April	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	26.07^{***}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.51^{ns}
	سطوح مالچ Mulch levels	3	17.32^{***}
اردیبهشت May	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	2.93^{ns}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.91^{ns}
	سطوح مالچ Mulch levels	3	4.09^{***}
خرداد June	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	7.17^{***}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.12^{ns}
	سطوح مالچ Mulch levels	3	13.01^{***}
میانگین سالانه Annual mean	جهت خاک‌ورزی Cultivation direction	1	13.32^{***}
	سطوح مالچ × جهت خاک‌ورزی Mulch levels × Cultivation direction	3	0.16^{ns}

* معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد و ns عدم معنی‌داری.

* Difference is significant at P<0.05, ** Difference is significant at P<0.01, *** Difference is significant at P<0.001, ns non-significant.



شکل ۳- میانگین سالانه محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر برهمکنش جهت خاکورزی و سطح مصرف مالچ کاه و کلش.

میانگین‌های با حروف غیرمشابه با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Figure 3. Mean annual soil moisture content affected by interactions for tillage Directions and straw mulch level consumption.

Means with dissimilar letters are significantly different with Duncan's multiple range test at P<0.05, respectively.

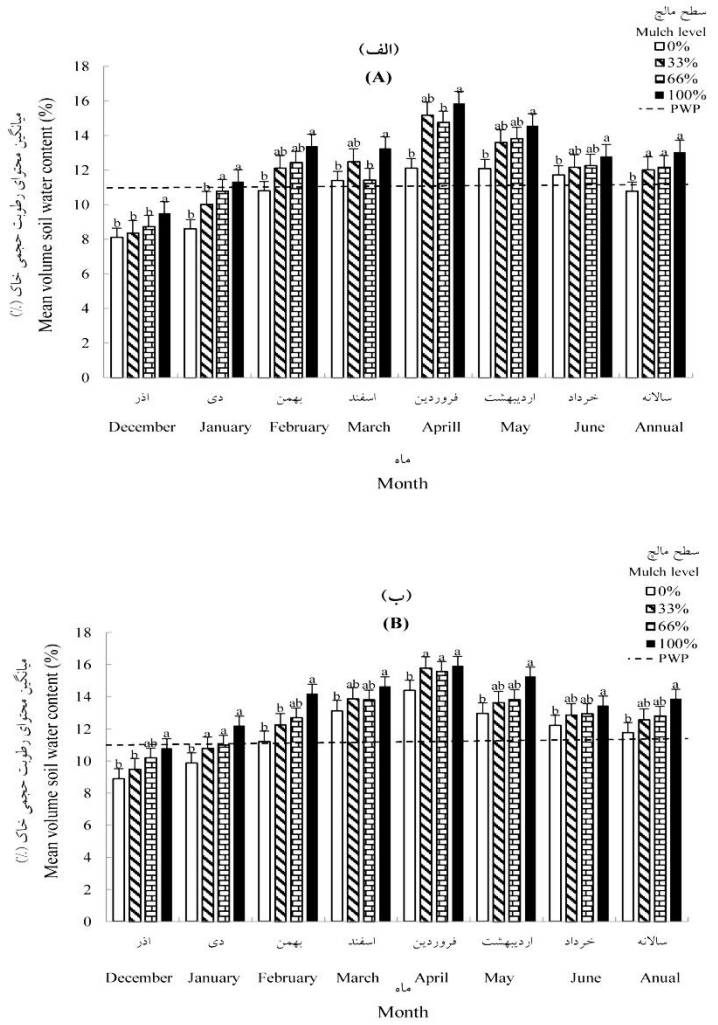
تغییرات زمانی رطوبت خاک تحت‌تأثیر سطح مصرف کاه و کلش: برای بررسی تغییرات زمانی رطوبت خاک، مقدار آن در دو جهت خاک‌ورزی تحت‌تأثیر سطوح مصرف کاه و کلش به‌صورت ماهانه مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ٤). در هر دو جهت خاک‌ورزی تفاوت معنی‌دار و افزایشی در مقدار محتوای رطوبتی خاک با کرت شاهد وجود داشت. این موضوع بیانگر نقش مثبت مالچ در حفظ بارش‌های آسمانی در هر دو جهت خاک‌ورزی است. مالچ کاه و کلش از یک‌سو موجب کاهش سرعت جریان آب و افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود و از سوی دیگر ظرفیت نگهداری آب خاک را بیش‌تر می‌کند. فطری و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که کاربرد مالچ کاه و کلش موجب افزایش محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد کشت نخود می‌شود (۱۱). در پژوهش حاضر بیش‌ترین مقدار محتوای رطوبتی برای هر دو جهت خاک‌ورزی در تیمار مالچ ۱۰۰ درصد کاه و کلش و در ماه فروردین مشاهده شد (۱۵/۹۱ درصد حجمی برای کشت روی خطوط تراز و ۱۵/۸۵ درصد حجمی برای کشت موازی شیب). دلیل این اتفاق را می‌توان به مقدار بالای بارش‌های بهاری صورت گرفته در ماه فروردین نسبت داد. در این ماه افزایش محتوای رطوبتی خاک در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کاه و کلش نسبت به تیمار شاهد در خاک‌ورزی موازی شیب و خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌ترتیب ۳۰ و ۱۰ درصد بود. این تیمار تفاوتی معنی‌دار با تیمار ۳۳ درصد مالچ کاه و کلش از نظر افزایش محتوای رطوبتی خاک در هر دو جهت خاک‌ورزی نداشت. کم‌ترین مقدار محتوای رطوبتی برای هر دو جهت خاک‌ورزی در کرت‌های شاهد و ماه آذر ثبت گردید (۸/۸۹ درصد حجمی برای کشت روی خطوط تراز و ۸/۱۰ درصد حجمی برای کشت موازی شیب). با توجه به مقدار بارش‌های صورت گرفته در ماه آذر (۱۸/۲۱ میلی‌متر) که بیش‌تر از ماه‌های دی و خرداد بود، به‌دلیل عدم بارش کافی در ماه‌های اولیه فصل پاییز و قبل از کشت گندم، مقدار

رطوبت خاک این ماه کم‌تر از سایر ماه‌ها در طی دوره رشد بود. در آذرماه و در خاک‌ورزی موازی شیب بیش‌ترین افزایش در مقدار محتوای رطوبتی خاک نسبت به تیمار شاهد، در سطح ۱۰۰ درصد مصرف کاه و کلش گندم مشاهده شد (۱۷ درصد) که تفاوتی معنی‌داری با سطوح پایین مصرف کاه و کلش داشت. در خاک‌ورزی روی خطوط تراز نیز بیش‌ترین افزایش در محتوای رطوبتی خاک نسبت به تیمار شاهد، در تیمار ۱۰۰ درصد (۲۱ درصد افزایش) بود که افزایش معنی‌داری با تیمار ٦٦ درصد مصرف کاه و کلش نشان نداد. این نتایج بیانگر نقش مثبت سطوح بیش‌تر مصرف مالچ در حفظ بارش‌های آسمانی در اوایل دوره رشد (مرحله کاشت) به‌ویژه در خاک‌ورزی موازی شیب است. در خاک‌ورزی موازی شیب در مراحل اولیه کشت به‌دلیل نبود پوشش گیاهی، مصرف سطوح بالاتر کاه و کلش (٦٦ و ۱۰۰ درصد) مناسب بود، اما در سایر ماه‌ها طی دوره رشد به‌دلیل به وجود آمدن پوشش گیاهی، سطح ۳۳ درصد مصرف کاه و کلش نیز افزایش معنی‌دار در محتوای رطوبتی خاک نسبت به کرت شاهد داشت.

بررسی مقدار رطوبت نقطه پژمردگی دائم با مقادیر رطوبت در تیمارهای مختلف بین ماه‌های متفاوت طی دوره رشد نشان داد که به‌دلیل کمبود بارندگی در ماه آبان (۲/۱ میلی‌متر) تمامی تیمارها در ماه آذر با کمبود رطوبت مواجه هستند، به همین دلیل جوانه‌زنی طی دوره رشد با تأخیر صورت گرفت (شکل ٤). بررسی تغییرات محتوای رطوبتی خاک در دی‌ماه نشان می‌دهد که تمامی تیمارها به‌جز سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش در خاک‌ورزی موازی شیب و سطح ٦٦ و ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش در خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌شدت دچار کمبود رطوبت (کم‌تر از نقطه پژمردگی دائم) بودند. این شرایط نیز در تیمار شاهد با خاک‌ورزی موازی شیب در بهمن‌ماه مشاهده شد که نشان‌دهنده عدم ذخیره رطوبت در خاک‌ورزی مرسوم است. در سایر ماه‌ها طی دوره رشد، مقدار رطوبت بیش‌تر از مقدار رطوبت پژمردگی دائم است. در هر دو جهت خاک‌ورزی، افزایش چشمگیر رطوبت خاک نسبت به رطوبت پژمردگی دائم در سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش مشاهده شد. مقایسه مقدار رطوبت پژمردگی دائم و میانگین رطوبت خاک طی دوره رشد نشان داد که کمبود رطوبت فقط در تیمار شاهد با خاک‌ورزی موازی شیب رخ داده است. به لحاظ رطوبت ظرفیت زراعی سطوح مصرف مالچ به‌صورت معنی‌دار اثر کاهش داشت ($P<۰/۰۱$) (شکل ۵). کاهش ظرفیت زراعی موجب کاهش مقدار آب قابل‌استفاده برای گیاه خواهد شد، با توجه اثر مالچ در کاهش خروج آب از خاک توسط تبخیر و تعرق و ذخیره‌سازی بیش‌تر آب در خاک طی رخدادهای بارندگی باوجود کاهش بازه رطوبت قابل‌استفاده، مدیریتی مثبت برای تأمین رطوبت لازم جهت رشد و گسترش ریشه طی دوره رشد است (۱۷).

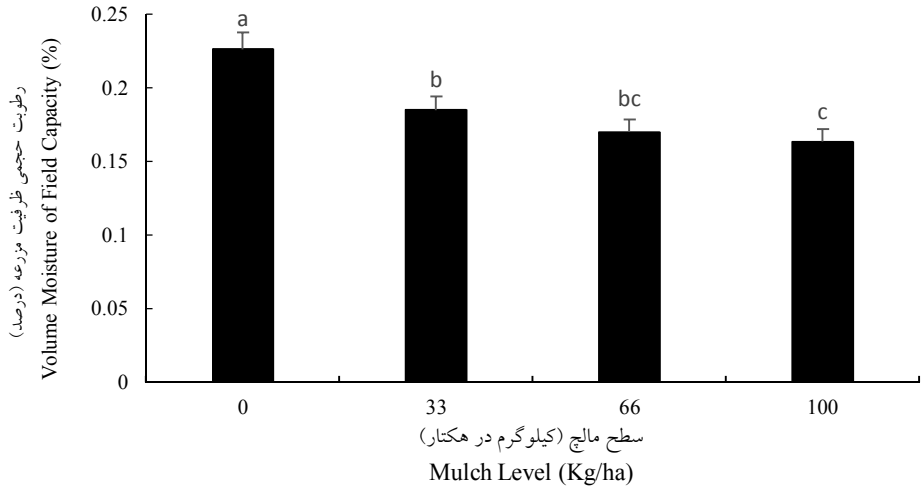
بررسی میانگین محتوای رطوبتی برای کل دوره رشد گندم نشان داد که محتوای رطوبتی خاک در کشت موازی شیب در سطوح ۳۳، ٦٦ و ۱۰۰ درصد مصرف کاه و کلش نسبت به شاهد به‌ترتیب به‌اندازه ۱۱، ۱۳ و ۲۱ درصد افزایش داشت ($P<۰/۰۱$). در کشت روی خطوط تراز نیز در سطوح ۳۳، ٦٦ و ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش نسبت به کرت شاهد به‌ترتیب به‌اندازه ٦، ۸ و ۱۸درصد افزایش مشاهده شد ($P<۰/۰۱$) که با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها می‌توان سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش را در هر دو جهت خاک‌ورزی به‌عنوان مؤثرترین سطح مصرف کاه و کلش در کشتزار برای افزایش ذخیره رطوبتی خاک بیان نمود. دلایل افزایش رطوبت خاک تحت‌تأثیر مالچ را در ماه‌های مختلف می‌توان به اثرات مثبت مالچ در افزایش نفوذپذیری خاک، مهار برخورد قطرات باران بر سطح خاک (۲۰) و کاهش شدت

تبخیر از سطح خاک بیان کرد (۳۸). به‌طور میانگین در اثر مصرف مالچ در کشت موازی شیب، افزایش ۱۵ درصدی نسبت به کرت شاهد و افزایش ۱۱ درصدی نسبت به کرت شاهد کشت روی خطوط تراز مشاهده شد. این نتیجه نشانگر اهمیت زیاد مصرف کاه و کلش در خاک‌ورزی موازی شیب نسبت به خاک‌ورزی روی خطوط تراز است. در پژوهش‌های پیشین نیز به لزوم مصرف مالچ در افزایش رطوبت خاک اشاره شده است. آلیومه و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش ۹/۵ درصد رطوبت خاک و کاهش ۳۷ درصدی رواناب را برای زمین‌های تحت کشت سبزیجات در اثر استفاده مالچ بقایای گیاهی عنوان کردند (٤). ماهیتها و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که در کشتزارهای دیم مصرف مالچ بقایای گیاهی موجب افزایش محتوای رطوبتی خاک می‌شود (۲۱).



شکل ٤- تغییرات ماهانه محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر سطح مصرف مالچ کاه و کلش در خاک‌ورزی موازی شیب (الف) و خاک‌ورزی روی خطوط تراز (ب). میانگین‌های با حروف غیرمشابه با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌دار دارند. نتایج مقایسات میانگین برای هر ماه مستقل از ماه دیگر است.

Figure 4. Monthly variation of oil water content in different straw mulch level in up to down tillage (A) and contour tillage (B). Means with dissimilar letters are significantly different with Duncan's multiple range test at P<0.05, respectively.
Result of mean comparison for each months is independent on other months.



شکل ۵- تغییرات مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه در اثر مصرف مالچ.

میانگین‌های با حروف غیرمشابه با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌دار دارند.

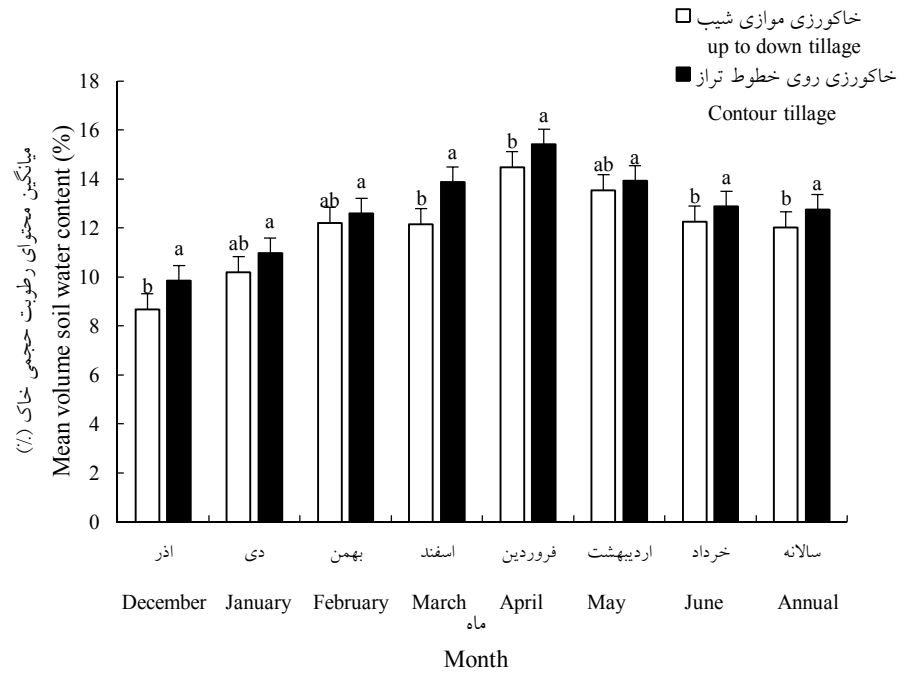
Figure 5. Variation of field capacity moisture under mulch level.
Means with dissimilar letters are significantly different with Duncan's multiple range test at P<0.05.

تغییرات زمانی رطوبت خاک تحت‌تأثیر جهت خاک‌ورزی: بررسی اثر جهت خاک‌ورزی بر محتوای رطوبتی خاک نشان داد که محتوای رطوبتی خاک در خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌طور میانگین حدود ٦ درصد بیش‌تر از کشت موازی شیب بود. تفاوت محتوای رطوبتی خاک در کرت‌های شاهد در خاک‌ورزی روی خطوط تراز حدود ۹ درصد بیش‌تر از خاک‌ورزی موازی شیب بود. مقایسه بین این دو جهت خاک‌ورزی با استفاده از آزمون t جفتی (جدول ۳) نشان داد که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). در روش خاک‌ورزی روی خطوط تراز، پشته‌های کشت به‌عنوان مانعی در برابر جریان سطحی عمل کرده، فرصت بیش‌تری برای نفوذ آب باران به خاک فراهم می‌آید و در نهایت محتوای آب خاک افزایش می‌یابد (١٤). بیش‌ترین تفاوت از نظر محتوای رطوبتی بین دو جهت خاک‌ورزی در اسفندماه (١٤ درصد) و کم‌ترین تفاوت در اردیبهشت‌ماه (٢ درصد) مشاهده شد (شکل ٦). افزایش مقدار بارندگی و تغییر آن از برف به باران از یک‌سو و ضعف پوشش گیاهی از سوی دیگر دلایل بروز تفاوت بارز در این زمان از دوره رشد گندم بود. باقری و واعظی (۲۰۱۷) با بررسی اثر جهت خاک‌ورزی و فاصله ردیف کشت بر محتوای رطوبتی خاک در کشت گندم دیم، افزایشی ۱۵/۷ درصدی در محتوای رطوبتی خاک در خاک‌ورزی روی خطوط تراز نسبت به کشت موازی شیب در کشت گندم دیم را مشاهده کردند (٦).

جدول ۳- مقایسه مقادیر محتوای رطوبتی خاک در دو جهت خاک‌ورزی با استفاده از آزمون t جفتی.

Table 2. Comparison of soil water content between two tillage direction using paired T-test.

متغیر Variable	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation	میانگین خطا Mean error	T	درجه آزادی Df	سطح معنی‌داری Significant
جهت خاک‌ورزی Tillage direction	12.75	2.34	0.21	2.44	238	0.05

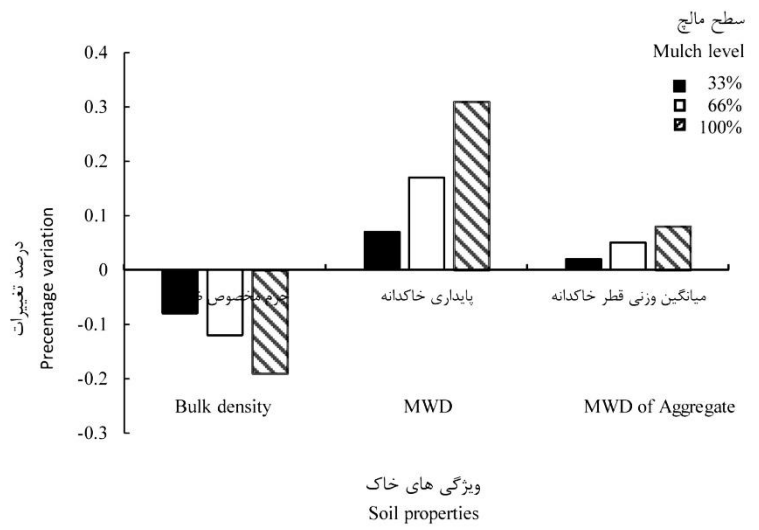


شکل ٦- تغییرات ماهانه محتوای رطوبتی خاک تحت‌تأثیر جهت خاک‌ورزی.

میانگین‌های با حروف غیرمشابه با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Figure 6. Monthly variation of soil water content under tillage direction.
Means with dissimilar letters are significantly different with Duncan's multiple range test at P<0.05, respectively.

تأثیر مصرف مالچ کاه و کلش بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک: بررسی اثر مالچ بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک بعد از کشت نشان داد که مصرف مالچ موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه و پایداری خاکدانه در مصرف سطوح مختلف مالچ نسبت به تیمار شاهد در هر دو جهت کشت شده است (شکل ۷). بیش‌ترین کاهش در مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ کاه و کلش با ۱۹ درصد کاهش مشاهده شد. بیش‌ترین افزایش برای میانگین وزنی قطر خاکدانه و پایداری خاکدانه نیز در سطح مصرف مالچ ۱۰۰ درصد به‌ترتیب با افزایش ۸ و ۳۱ درصدی مشاهده شد. افزایش پایداری خاکدانه موجب افزایش نفوذپذیری خاک و محتوای رطوبت خاک طی دوره رشد خواهد شد (۱۲)، که خود دلیلی بر افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک است.



شکل ۷- تغییرات ویژگی‌های خاک تحت‌تأثیر سطح مصرف مالچ کاه و کلش نسبت به تیمار شاهد.

Figure 7. Variation of soil properties in different straw mulch level compared to control treatment.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج، محتوای رطوبتی خاک بر خلاف جهت خاک‌ورزی در تمام ماه‌های دوره رشد گندم دیم (از آذر تا خرداد) تحت‌تأثیر معنی‌دار سطح مصرف مالچ کاه و کلش گندم قرار گرفت. بیش‌ترین مقدار محتوای رطوبتی خاک در هر دو جهت خاک‌ورزی در فروردین‌ماه مشاهده شد. افزایش بارش‌های آسمانی دلیل اصلی افزایش محتوای رطوبتی خاک در این زمان بود. با افزایش سطح مصرف مالچ در تمام ماه‌های دوره رشد، مقدار رطوبت خاک افزایش یافت. در فروردین‌ماه، محتوای رطوبتی خاک در تیمار ۱۰۰ درصد نسبت به تیمار شاهد در خاک‌ورزی موازی شیب و خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌ترتیب ۳۰ و ۱۰ درصد افزایش یافت، بااین‌وجود این تیمار تفاوت معنی‌داری با تیمار ۳۳ درصد مصرف مالچ کاه و کلش از نظر افزایش محتوای رطوبتی خاک در هر دو جهت خاک‌ورزی نشان نداد. اهمیت مصرف کاه و کلش گندم در کشت موازی شیب بیش‌تر از خاک‌ورزی روی خطوط تراز بود به‌طوری‌که با مصرف مالچ کاه و کلش گندم در خاک‌ورزی موازی شیب و خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌ترتیب ۱۱ و ۱۵ درصد افزایش در محتوای رطوبتی خاک نسبت به تیمارهای شاهد آن‌ها مشاهده شد. بررسی تغییرات محتوای رطوبتی خاک در جهت خاک‌ورزی نشان داد که خاک‌ورزی روی خطوط تراز به‌جز در ماه‌های دی، بهمن و اردیبهشت در سایر ماه‌های دوره رشد موجب افزایش محتوای رطوبتی خاک شد. افزایش مقدار بارندگی و تغییر آن از باران به برف از یک‌سو و ضعف پوشش گیاهی از سوی دیگر از دلایل اصلی بروز تفاوت معنی‌دار بین دو جهت خاک‌ورزی در این دوره از رشد گندم بود. به‌طورکلی در کشت روی خطوط تراز، محتوای رطوبتی خاک حدود ٦ درصد بیش‌تر از کشت موازی شیب بود. برهمکنش معنی‌داری بین سطح مصرف کاه و کلش و جهت خاک‌ورزی از نظر تأثیر بر محتوای رطوبتی خاک مشاهده نشد. این موضوع نشانگر نقش مستقل این دو عامل در تغییرات محتوای رطوبتی خاک در کشت دیم است. در حقیقت خاک‌ورزی روی خطوط تراز و مصرف مالچ به‌عنوان دو اقدام تکمیلی به‌طور هم‌زمان می‌تواند در افزایش قابل‌توجه

محتوای رطوبتی خاک در کشتزار دیم مؤثر واقع شود، این موضوع با بررسی مقدار رطوبت پژمردگی دائم و مقدار رطوبت در تیمارهای مختلف آشکار است. اهمیت این دو اقدام مدیریتی در ابتدای دوره رشد و در زمان وقوع باران‌های اوایل بهار در حفظ بارش‌های آسمانی آشکارتر است. با توجه به نتایج پژوهش، مصرف حداقل ۳۳ درصد کاه‌وکلش گندم معادل با ۲ تن در هکتار برای بهبود محتوای رطوبتی خاک در کشت دیم ضروری است.

منابع

1. Ahmadi, K., Gholizade, H.A., Ebadzade, H.R., Hoseinpor, R., Eidshah, H., Kazemian, A., and Rafie, M. 2017. Agricultural Statistics of the Crop Years 2015-2016. Ministry of agriculture press, 124p. (In Persian)
2. Ahmadi Moghadam, Z., Ghorbani, B., and Nouri, E.M. 2016. The effects of different mulches on temporal changes on some soil physical properties. J. Irrig. Sci. Engin. 39: 2. 149-158. (In Persian)
3. Adekalu, K.O., Olorunfemi, I.A., and Osunbitan, J.A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. Bioresource Technology. 98: 912-917.
4. Alliaume, F., Rossing, W.A.H., Tittonell, P., and Dogliotti, S. 2017. Modelling soil tillage and mulching effects on soil water dynamics in raised-bed vegetable rotations. Europ. J. Agron. 82: 268-281.
5. Asmali, A., Kavian, A., Jafarian, Z., and Kavianpoor, A. 2015. Effect of vegetation covers on decreasing runoff and soil loss using rainfall simulation in Nesho rangeland, Mazandaran province. Geography and Environmental Planning. 26: 2. 179-190. (In Persian)
6. Bagheri, M., and Vaezi, A. 2017. Wheat grain yield and soil water content as affected by row spacing and plough directions in a dry-farming land. J. Water Soil Cons. 24: 5. 211-226. (In Persian)
7. Banihabib, M., and Vaziri, B. 2018. Evaluation of Mulching Performance in Increasing the Deep Percolation of Rainwater into the Soil. Iran. J. Ecohydrol. 5: 2. 603-613. (In Persian)
8. Black, C.A. 1965. Method of soil analysis. Part I and II. American Society of Agronomy Madison, Wiscosin, USA, 770p.
9. Brady, N.C., and Weil, R.R. 2002. The nature and properties of soils. 13th Pearson education (Singapore) Pte. Ltd. Indian Branch. 482: 621-624.
10. FAO 2013. FAOSTAT. Available on: http://faostat.fao.org. 2014.04.121.
11. Fetri, M., Ghobadi, M., Ghobadi, M., and Mohammadi, G. 2016. Effect of sowing depth and mulching types on soil water storage at different growth stages of chickpea under rainfed farming. Iran. J. Pulses Res. 7: 1. 135-144. (In Persian)
12. Fristchi, F.B., Roberts, B.A., Rains, D.W., Travis, R.L., and Hutmacher, R.B. 2005. Nitrogen recovery from 15N-labeled incorporated cotton residues and recovery of residual fertilizer N by Acala and Pima cotton. Soil Sci. Soc. Amer. J. 69: 718-728.
13. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis1. Methods of soil analysis: Part 1-Physical and mineralogical methods, Pp: 383-411.
14. Heege, H.J. 2013. Precision in guidance of farm machinery. In: J.H. Heege, (Ed.), Precision in Crop Farming: Site Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results. Dordrecht, Springer, Netherlands, Pp: 35-50.
15. Ismail, M.A., Joer, H.A., Sim, W.H., and Randolph, M.F. 2002. Effect of cement type on shear behavior of cemented calcareous soil. J. Geotech. Geoenviron. Engin. 128: 6. 520-529.
16. Jalota, S.K., Khera, R., and Chahal, S.S. 2001. Straw management and tillage effects on soil water storage under field conditions. Soil Use and Management. 17: 4. 282-287.

17. Kader, M.A., Senge, M., Mojid, M.A., Onishi, T., and Ito, K. 2017. Effects of plastic-hole mulching on effective rainfall and readily available soil moisture under soybean (*Glycine max*) cultivation. Paddy and Water Environment. 15: 3. 659-668.
18. Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. In: Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. 2nd Ed., ASA Monog. No. 9. Madison, Wisconsin, Pp: 635-662.
19. Liniger, H.P., Mekdaschi, R.S., Hauert, C., and Gurtner, M. 2011. Sustainable land management in Practice-Guidelines and best practice for sub-Saharan Africa. Terrafrica, World overview of conservation approaches and technology and food and agriculture organization of the United Nations. 243p.
20. Liu, Y.J., Hu, J.M., Wang, T.W., Cai, C.F., Li, Z.X., and Zhang, Y. 2016. Effects of vegetation cover and road-concentrated flow on hillslope erosion in rainfall and scouring simulation tests in the Three Gorges Reservoir Area, China. Catena. 136: 108-117.
21. Mahitha, B., Ramulu, V., Kumar, K.A., and Devi, M.U. 2014. Effect of land configurations and mulches on soil moisture conservation, growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under rainfed conditions. J. Res. PJTSAU. 42: 3.87-91.
22. Mohammed, S.A.A. 2013. Contribution of weed control and tillage systems on soil moisture content, growth and forage quality of (Clitoria and Siratro) mixture under-rainfed conditions at Zalingei - western Darfur state - Sudan. ARPN J. Sci. Technol. 3: 80-95.
23. Ndiaye, B., Esteves, M., Vandervaere, J. P., Lapetite, J.M., and Vauclin, M. 2005. Effect of rainfall and tillage direction on the evolution of surface crusts, soil hydraulic properties and runoff generation for a sandy loam soil. J. Hydrol. 307: 1. 294-311.
24. Page, M.C., Sprrks, D.L., and Noll, M.R. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic coastal. Plain Soils. American Society of Agronomy. 51: 1460-1465.
25. Prosdocimi, M., Tarolli, P., and Cerdà, A. 2016. Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. Earth-Science Reviews. 161: 191-203.
26. Rahma, A.E., Wang, W., Tang, Z., Lei, T., Warrington, D.N., and Zhao, J. 2017. Straw mulch can induce greater soil losses from loess slopes than no mulch under extreme rainfall conditions. Agricultural and Forest Meteoroloy. 232: 141-151.
27. Sharma, P., Abrol, V., and Sharmab, R.K. 2011. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize–wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India. Agronomy. 34: 46-51.
28. Shamabadi, Z. 2014. Effect of conservation tillage on soil moisture conservation and sunflower yield under rain-fed conditions. J. Agric. Sci. Sust. Prod. 23: 4. 1-8. (In Persian)
29. Smets, T., Poesen, J., Bhattacharyya, R., Fullen, M.A., Subedi, M., Booth, C.A., Kertesz, A., Szalai, Z., Toth, A., Jankauskas, B., and Jankauskiene, G. 2011. Evaluation of biological geotextiles for reducing runoff and soil loss under various environmental conditions using laboratory and field plot data. Land Degradation and Development. 22: 5. 480-494.
30. Spekken, M., de Bruin, S., Molin, J.P., and Sparovek, G. 2016. Planning machine paths and row crop patterns on steep surfaces to minimize soil erosion. Computers and Electronics in Agriculture. 124: 194-210.
31. Sur, H.S., and Ghuman, B.S. 1994. Soil management and rainwater conservation and use in alluvial soils under medium rainfall. Indian Society Soil Science. 16: 56-65.
32. Vaezi, A.R., Sadeghi, S.H.R., Bahrami, H.A., and Mahdian, M.H. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soils in northwestern Iran. Geomorphology. 97: 3-4. 414-423. (In Persian).

33. Vaezi, A.R., and Piri, L. 2016. Water retention and wheat grain yield as affected by plough direction in a semi-arid rainfed land in west of Zanjan. J. Water Soil Cons. 23: 6. 285-299. (In Persian)
34. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 1. 29-38.
35. Wang, X., Jia, Z., Liang, L., Yang, B., Ding, R., Nie, J., and Wang, J. 2016. Impacts of manure application on soil environment, rainfall use efficiency and crop biomass under dryland farming. Scientific reports, 20994p.
36. Zarinabadi, A., and Vaezi, A.R. 2016. Runoff and soil loss in pastures with poor coverage and the effect of land use and soil. J. Soil Water Res. 47: 1. 87-98. (In Persian)
37. Zhang, C., and Sun, P. 2007. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain. Annals of Applied Biology. 150: 3. 261-268.
38. Zhang, G.S., Hu, X.B., Zhang, X.X., and Li, J. 2015. Effects of plastic mulch and crop rotation on soil physical properties in rain-fed vegetable production in the mid-Yunnan plateau, China. Soil and Tillage Research. 145: 111-117.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(1), 2019
http://jwsc.gau.ac.ir

Effect of straw mulch and tillage direction on temporal variation of soil moisture in wheat rain-fed system

***U. Mazloom Aliabadi[1], A.R. Vaezi[2] and J. Nikbakht[3]**
[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [2]Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [3]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, University of Zanjan
Received: 06.18.2018; Accepted: 12.02.2018

Abstract

Background and Objectives: Soil moisture is a major factor determining the plant growth in rainfed lands. Lack of soil water content causes drought stress at plant growth stages. Soil water content temporally varies due to variations of precipitation, evaporation and other environmental factors. There are different methods to hold soil water content during the growth period. Knowledge of temporal variations in soil water content during wheat growth period can be effective in identifying the critical times of drought stress. Therefore, this study was carried out to investigate temporal variations of soil water content under the influence of straw mulch and tillage direction in rainfed system in semi-arid region.

Materials and Methods: The study was conducted in a rainfed land with 10% slope steepness in University of Zanjan during winter wheat growth period from December 2015 to June 2016. Experiments were carried out in four levels of wheat straw mulch (0, 200, 400, 600 g/m^2 equal to 0, 33, 66 and 100% covering surface) in two tillage directions (up to down slope and on counter line) in a factorial arrangement as completely randomized design at three replications. A total of 24 experimental plots with 2m × 5m in dimensions were designed to investigate the soil water content. Soil water content during the growth period, was determined by a Time- Domain Reflectometry (TDR) at 10-day interval. Monthly variations in soil water content were determined for different treatments during the growth period. The temporal variation of soil water content at different straw mulch levels and tillage direction were determined using the Duncan's tests and t-pair test.

Results: Based on the result, soil water content was affected by straw mulch level in all months of wheat growth period ($P<0.05$) and the highest value was observed in April. In April, the amount soil water content in 100% straw mulch level was significantly increased by 30 and 100% compared to control treatment in along slope tillage and contour tillage, respectively. Mean annual soil water content for along slope tillage at the mulch level of 33, 66 and 100% was 11, 13 and 21% higher than the control treatment ($P<0.01$), respectively. Mean annual soil water content for the contour tillage was also at the mulch level of 33, 66 and 100% was increased 6, 8 and 18% higher than the control treatment, respectively ($P<0.01$). Study of temporal variations of soil water content in two tillage directions showed that soil water content was significantly increased during growth period except on January, February and May. The reasons for this difference can be expressed by changes in the type of precipitation (snow) and the weakness of the vegetation. The mean soil water content in contour tillage was about 6% more than along slope tillage ($P<0.05$). The highest difference in soil water content was

* Corresponding Author; Email: uones.mazloom@yahoo.com

observed in March (14%) and the lowest one was in May (2%). No interaction was found between straw mulch level and tillage direction in terms of soil water content in any months during the growth period.

Conclusion: This study showed, both management methods had independent effects on soil water content in rain-fed wheat land. The roles of the two management methods in reservation of rain water are obvious in the early stages of growth and in spring when rainfalls frequently occur in the area. Application of at least 33% wheat straw mulch equivalent to 2 tons per hectare and tillage on contour lines are essential for improving soil water content in rain-fed system.

***Keywords*:** Growth period, Precipitation variation, Tillage on contour lines, Vegetation cover, Winter wheat