

Investigating the Effect of Wheat Straw Mulch on Soil Water Retention in Rainfed Condition

ZAHRA REZAEIPOUR¹, ALI REZA VAEZI^{2*}, MOHAMMAD BABA AKBARI³

1. MSc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3. Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Zanjan, Iran

(Received: Nov. 1, 2016- Revised: Feb. 28, 2018- Accepted: Apr. 3, 2018)

ABSTRACT

Water deficit in arid and semi-arid regions is the major yield-limiting factor of crop plants in arid and semi-arid regions. So, prevention of water loss is the first major step to obtain proper crop yield in rainfed lands of these regions. This study was conducted to investigate the effect of mulch application on soil water retention under rainfed conditions in a semi-arid region. Toward this, five wheat straw mulch levels (0, 25%, 50%, 75%, and 100% of land surface cover) were used according to the randomized complete block design at three replications in a rainfed land with 10% steepness in Zanjan. About 6 ton straw mulch was used in 100% treatment. Fifteen plots with 2m×5m in dimensions were installed in the land and S was measured using the volumetric method in each mulched plot at 7-day interval during wheat growth period (from October 2015 to July 2016). Results indicated that SWR temporally varied during the growth period, so that the highest value of SWR in the mulched plots was observed in March, when the heavy rainfalls were occurred in the area. SWR was significantly related to straw mulch level ($R^2= 0.95$, $p< 0.001$). Increasing SWR in the mulched plots was attributed with increasing soil water holding capacity. Application of straw mulch positively affected on the soil water holding capacity. The highest SWR was observed in 100% mulch (10.62%), about 11% more than that one in the contour plot. There was no significant difference between 75% mulch and 100% mulch in SWR as well as soil water holding capacity, so the application of 75% straw mulch can be considered as the optimum level for increasing soil water holding capacity as well as SWR in the rainfed lands of semi-arid regions.

Keywords: Plant residues, Temporal variability, Soil water content, Semi-arid region, Water loss

مطالعه تأثیر مالچ کاه و کلش گندم بر نگهداشت رطوبتی خاک در شرایط دیم

زهرا رضایی پور^۱، علی‌رضا واعظی^{۲*} و محمد بابا اکبری^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲. دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳. استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱۲/۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱/۱۴)

چکیده

کمبود آب مهمترین عامل محدودکننده عملکرد محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از این رو جلوگیری از هدررفت آب و دستیابی به عملکرد مناسب امری مهم در کشتزارهای دیم محسوب می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاه و کلش گندم بر محتوای رطوبتی خاک تحت شرایط دیم در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت. پنج سطح مالچ کاه و کلش گندم (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زنجان بررسی شد. مقدار مصرف مالچ در تیمار ۱۰۰ درصد پوشش سطح معادل با ۶ تن در هکتار بود. برای این منظور، ۱۵ کرت به ابعاد ۲ متر×۵ متر در زمینی دیم با شیب ۱۰ درصد احداث و مالچ‌ها با خاک مخلوط شدند. رطوبت خاک به روش حجمی در فواصل هفت روز طی دوره رشد (از مهر ۱۳۹۴ تا تیر ۱۳۹۵) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که محتوای رطوبتی خاک طی دوره رشد دارای تغییرات زمانی می‌باشد و بیش‌ترین مقدار محتوای رطوبتی خاک در کرت‌های مالچ‌دهی شده در اسفند ماه، همزمان با وقوع بیش‌ترین بارندگی ماهانه رخ داد. رابطه‌ای معنی‌دار بین محتوای رطوبتی خاک و سطح مصرف مالچ وجود داشت ($P < 0/001$ و $R^2 = 0/95$). افزایش محتوای رطوبتی خاک در تیمارهای مالچ‌دهی شده همگام با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک بود به طوری که کاربرد مالچ اثری مثبت بر ظرفیت نگهداری آب خاک داشت. بیش‌ترین مقدار رطوبت حجمی خاک در تیمار ۱۰۰ درصد مالچ (۱۰/۶۲ درصد) بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۱ درصد افزایش نشان داد. تفاوت معنی‌دار بین تیمار ۱۰۰ درصد مالچ و تیمار ۷۵ درصد از نظر تأثیر بر محتوای رطوبتی و ظرفیت نگهداشت آب خاک وجود نداشت؛ بنابراین کاربرد سطح ۷۵ درصد مالچ کاه و کلش گندم روشی مناسب برای افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و در نتیجه حفظ رطوبت خاک در کشتزارهای دیم منطقه نیمه‌خشک است.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، تغییرات زمانی، محتوای آب خاک، منطقه نیمه‌خشک، هدررفت آب

مقدمه

کمبود آب خاک ویژگی بارز مناطق خشک و نیمه‌خشک است که تولید محصولات کشاورزی را به مخاطره می‌اندازد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که این موضوع در کنار پدیده‌های اقلیمی مانند خشکسالی و گرم شدن زمین، پیامدهای ناگواری در تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی به دنبال دارد (Van der velde *et al.*, 2012). این پدیده‌ها معمولاً اثرات منفی و گاهی خسارات جبران‌ناپذیر فیزیولوژیکی بر محصولات کشاورزی دارند. بسیاری از تنش‌های محیطی را می‌توان با به‌کارگیری شیوه‌های مناسب مدیریت کشاورزی تا حد امکان برطرف ساخت (Farkas *et al.*, 2009). محتوای آب خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد

و توسعه گیاه است (Silvente *et al.*, 2012)؛ به طوری که تغییراتی کوچک در ذخیره‌سازی آب خاک می‌تواند تا حد زیادی تولید محصول را تحت تأثیر قرار دهد (Liu *et al.*, 2010). اهمیت حفظ بارش‌های آسمانی در خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک که در آن شدت تبخیر-تعرق پتانسیل بیش‌تر از مقدار بارندگی سالانه است، حائز اهمیت است. از این رو افزایش محتوای آب خاک با به‌کارگیری روش‌های آسان و سازگار با محیط برای دستیابی به عملکرد مناسب (Carrer *et al.*, 2012) در کشتزارهای دیم حائز اهمیت است.

مالچ‌های آلی و طبیعی مختلفی برای حفاظت خاک در برابر فرسایش مورد استفاده قرار می‌گیرند (Smets *et al.*, 2008). در بین روش‌های حفاظتی آلی، مالچ بقایای گیاهی، تأثیری زیاد بر بسیاری از فرآیندهای هیدرولوژیکی، اکوسیستم‌های زیستی خاک و اصلاح تغییرات چرخه خاک، گیاه، جو و آب

* نویسنده مسئول: vaezi.alireza@gmail.com

نشان داد جرم مخصوص ظاهری، مقاومت در برابر نفوذ و رطوبت حجمی در روش خاک‌ورزی عمیق نسبت به تیمارهای کشت به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

به طور کلی نتایج بررسی‌های پژوهشگران نشان‌دهنده نقش مؤثر مالچ‌های گیاهی در کاهش تبخیر از سطح خاک، کاهش نوسانات دمایی خاک، حفظ آب خاک و در نتیجه افزایش عملکرد محصول می‌باشد. با این وجود اطلاعات در مورد نقش مالچ‌های گیاهی، در حفظ آب در کشتزارهای دیم نواحی نیمه-خشک به ویژه در ایران محدود است. حدود ۴۰ درصد تولید گندم در کشور در شرایط دیم حاصل می‌گردد (Iranian Ministry of Jihad-Agriculture, 2011). اغلب کشتزارهای دیم در کشور در منطقه نیمه‌خشک با متوسط بارندگی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در سال قرار دارند. متوسط عملکرد گندم در این کشتزارها پایین و حدود ۱۰۶۹ کیلوگرم در هکتار است (Zarrinabadi and Vaezi, 2016). آب مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصول در چنین کشتزارهایی می‌باشد. اهمیت این موضوع در دوره‌های خشکسالی دو چندان است. اغلب کشتزارها در اراضی شیب‌دار قرار گرفته‌اند و شخم و کشت در آن‌ها به دلیل برخی محدودیت‌های زمینی و آسانی کارکرد دستگاه‌های خاک‌ورزی در جهت شیب انجام می‌گیرد. این کار پیامدهایی را از نظر هدررفت آب و خاک، کاهش ذخیره رطوبتی خاک و کاهش عملکرد محصول در پی دارد. مصرف مالچ‌های گیاهی می‌تواند به عنوان روشی برای حفظ رطوبت خاک و دستیابی به عملکرد مناسب در چنین کشتزارهایی باشد. اطلاعات کافی در مورد تأثیر مقدار مصرف مالچ گیاهی بر افزایش ذخیره رطوبتی خاک در کشتزارهای دیم منطقه نیمه-خشک وجود ندارد. از این رو با توجه به اهمیت حفظ آب و خاک در کشتزارهای دیم در نواحی نیمه‌خشک، بررسی اثرات مقدار مالچ گیاهی بر حفظ آب خاک حائز اهمیت است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف مصرف مالچ کاه و کلش گندم بر حفظ آب خاک در کشتزاری دیم در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

انتخاب کشتزار دیم

این پژوهش در کشتزار دیم گندم در محدوده دانشگاه زنجان در طی فصل زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام گرفت. منطقه مورد بررسی بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱/۲۴۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۳/۴۰۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۳/۴۰۸ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۳/۴۱۹ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱).

دارند (Lou et al., 2011). کاه و کلش گیاهان از مالچ‌های ارزان و مفید در کشاورزی است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که مالچ کاه و کلش می‌تواند باعث افزایش ذخیره‌سازی آب در خاک (Mulumba and Lal, 2008)، حفظ خاک در برابر ضربه قطرات باران (sadeghi et al., 2015; Jordan et al., 2010)، کاهش فرسایش و رسوب (Gholami et al., 2013)، افزایش زبری سطح خاک و کاهش مقدار و سرعت جریان‌های سطحی (Jordan et al., 2010)، افزایش مقدار ماده آلی و تقویت ساختمان خاک (Jordan et al., 2010) و بهبود ظرفیت نفوذ آب به خاک (Wang et al., 2016) شود. همچنین مصرف این مواد برای جلوگیری از افزایش دمای خاک و کاهش شدت تبخیر (Uson and Cook, 1995) و بهبود جوانه‌زنی و گسترش مناسب ریشه در خاک (Dahiya et al., 2007) مناسب است. مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک یکی از روش‌های مدیریتی است که اثرات قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد. به طور کلی، برگرداندن بقایا به خاک باعث کاهش چگالی ظاهری، افزایش تخلخل و نفوذپذیری خاک و همچنین بهبود کارایی مصرف آب در مزرعه می‌شود (Shaver, 2010).

پژوهش‌های متعددی در مورد اثرات مالچ بر خصوصیات خاک و رشد گیاه انجام گرفته است. در پژوهشی Adekalu et al. (2007) با بررسی اثر استفاده از چهار سطح کاه و کلش برنج (صفر، ۳۰، ۶۰٪، ۹۰٪) معادل با مقادیر ۰/۹، ۲/۴ و ۶/۱ تن بر نفوذ آب به خاک و روان‌آب سطحی در نیجریه نشان دادند که مقدار روان‌آب سطحی با افزایش مقدار مصرف مالچ کاهش پیدا کرد اما با زیاد شدن شیب افزایش یافت. Jordán et al. (2010) نشان دادند که کاربرد مالچ کاه و کلش گندم در سطح ۵، ۱۰، ۱۵ تن در هکتار موجب به ترتیب افزایش ۱/۱، ۱/۲۵، ۱/۲۵ برابر مقدار آب قابل دسترس خاک می‌شود. Chen et al. (2015) در آزمایشی به بررسی اثرات نوارهای پلاستیکی همراه با مالچ کاه و کلش بر مقدار رطوبت خاک، درجه حرارت، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب گندم زمستانی به مدت ۳ سال در چین انجام دادند، نتایج نشان داد که کاربرد نوارهای پلاستیکی به همراه مالچ کاه و کلش، موجب افزایش عملکرد دانه (متوسط ۳۵٪) و راندمان مصرف آب (متوسط ۲۵٪) در مقایسه با شیوه-های مرسوم (بدون مالچ) گردید. Qamar et al. (2015) اثر شخم و مالچ بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم در سیستم برنج-گندم را مورد بررسی قرار دادند. تیمارها شامل خاک‌ورزی مرسوم، خاک‌ورزی عمیق، بدون خاک‌ورزی و ماشین بذرکار دستی و پنج مقدار مالچ، بدون مالچ، کاه و کلش برنج، کاه و کلش گندم، نوارهای مالچ پلاستیکی و مالچ طبیعی بود. نتایج

۳، ۴/۵ و ۶ کیلوگرم بر مترمربع به ترتیب برای پنج سطح مالچ شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به هنگام کاشت (اوایل مهر ۱۳۹۴) در سطح خاک پخش و سپس به وسیله گاوآهن تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در جهت موازی شیب شخم زده شد و مالچ‌ها به خاک برگردانده شد. سپس با استفاده از دستگاه خطی کار ۹ ردیفی که وسیله رایج کشت در کشور می‌باشد، گندم رقم سرداری در جهت موازی شیب کشت شد. اطراف کرت‌ها جهت جلوگیری از ورود رواناب با پشته‌های خاکی محصور شد (Vaezi et al., 2008). پایین‌دست هر کرت برای هدایت آسان رواناب و رسوب به مخزن جمع‌آوری، از ورقه‌های گالوانیزه با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد (Ngetich et al., 2014).

اندازه‌گیری محتوای رطوبتی خاک و ظرفیت نگهداری آب

طی دوره آزمایشی (از مهرماه ۱۳۹۴ تا تیرماه ۱۳۹۵)، تغییرات رطوبت خاک در بازه زمانی هفت‌روزه با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج TDR (مدل IDRG SMS-T2) که متشکل از دیتالاگر و پروب رطوبت و دما سنجی به طول ۲۳ سانتی‌متر می‌باشد، اندازه‌گیری شد. پیش از به‌کارگیری دستگاه در مزرعه، واسنجی دستگاه در آزمایشگاه انجام گرفت و بر این اساس رطوبت حجمی خاک (cm^3/cm^3)، اندازه‌گیری شد. آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در بالادست و پایین‌دست هر کرت اندازه‌گیری شد (Hu et al., 2015). ظرفیت نگهداری آب خاک (ظرفیت مزرعه) در هر یک از کرت‌ها پیش از مالچ‌دهی و در پایان دوره آزمایشی تعیین شد. برای این منظور رطوبت خاک به روش حجمی در کرت یک مترمربع پس از خروج آب ثقلی حاصل از آبیاری سنگین اندازه‌گیری شد (Gardner, 1970).

تعیین ویژگی‌های خاک

پیش از اعمال تیمارهای کاه و کلش به خاک، نمونه‌برداری خاک به‌صورت تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام گرفت. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خاک در معرض هوا خشک گردید و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (Gee and Boudier, 1986)، درصد سنگریزه به روش وزنی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب به روش الک تر (Angers and Mehuys, 1993) در خاکدانه‌های با قطر ۲ تا ۴ میلی‌متر برای مدت یک دقیقه با استفاده از سری الک‌ها با قطر ۱/۲، ۰، ۲ و ۴ میلی‌متر تعیین شد. بر اساس پیش آزمایش روی خاکدانه‌ها، به دلیل پایداری ضعیف آن‌ها، زمان

رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌ها در منطقه به ترتیب زیریک و مزیک است. خاک‌های موجود در منطقه بر اساس روش رده‌بندی آمریکایی در دو رده انتی‌سول و اینسپتی‌سول طبقه‌بندی شدند (Shabani and Delavar, 2014). در سطوح زیادی از این خاک‌ها سنگریزه و قلوه‌سنگ در طبقات سطحی و زیرین خاک وجود دارد و از لحاظ مقدار مواد آلی نسبتاً فقیر هستند. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش سالانه ۲۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد بوده و اقلیم آن بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک است (Zanjan Water Organization, 2011). مشاهدات میدانی در منطقه نشان می‌دهد که بیش‌تر کشتزارهای دیم در محدوده شیب ۳ تا ۱۰ درصد قرار دارند و در جهت شیب شخم می‌خورند، از آنجا که تولید رواناب در شیب‌های بالا بیش‌تر می‌باشد، شیب ۱۰ درصد برای بررسی تأثیر مقادیر مختلف مالچ بر ذخیره رطوبتی خاک انتخاب گردید.



شکل ۱. کرت‌های آزمایشی ایجاد شده در کشتزار دیم گندم

طرح آزمایشی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای موردبررسی شامل پنج سطح کاه و کلش گندم (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح) بود. بر این اساس ۱۵ کرت در جهت موازی شیب طراحی شد. کرت‌هایی به ابعاد ۲ متر × ۵ متر (Sensoy and Kara, 2014) ایجاد شد. فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۵ متر و فاصله هر کرت با کرت دیگر ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور اعمال تیمارها، ابتدا مقدار کاه و کلش مصرفی برای ایجاد ۱۰۰ درصد پوشش هر کرت تعیین شد. بر این اساس مقدار ۶ کیلوگرم کاه و کلش گندم برای پوشش ۱۰۰ درصد استفاده شد. در این بخش هدف آن بود که با مصرف کم‌ترین مقدار کاه و کلش گندم بتوان سراسر سطح کرت را از دید پنهان کرد. بر اساس محاسبات صورت گرفته مقدار صفر، ۱/۵،

توزیع نرمال بودن به روش چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفتند و در مواردی که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند، با روش‌های رایج (لگاریتم‌گیری و...)، توزیع آماری آن‌ها به صورت نرمال تبدیل شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و مقایسه میانگین‌ها برای بررسی اثرات سطح مصرف مالچ بر محتوای رطوبتی خاک و نیز تغییرات محتوای رطوبتی خاک بین ماه‌های طی دوره رشد با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشتزار مورد بررسی در

پایین بود (۱۱/۷۲ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم). به دلیل وجود بافت درشت و تا اندازه‌ای سنگریزه‌ای (۳۱/۴۱ درصد)، جرم مخصوص ظاهری (۱/۱۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بیش‌تر بود و نیز ظرفیت نگهداری آب خاک بسیار کم (۱۰/۴۲) و نفوذپذیری خاک به دلیل بافت درشت و سنگریزه‌ای (با ۳۱/۴۱ درصد سنگریزه) زیاد (۱۲/۸ سانتی‌متر بر ساعت) بود.

آزمایش ۱ دقیقه در نظر گرفته شد. جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر فلزی (Nelson and Kladvko, 1979)، واکنش خاک در گل اشباع به وسیله pH سنج، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با استفاده از EC سنج، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش باور (Page et al., 1987)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک یک نرمال (Jones, 2001)، سدیم تبادلی (Na^+) با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر (Thomas, 1982)، کربن آلی به روش والکی-بلک (Nelson and Sommers, 1982) و نفوذپذیری خاک به روش استوانه مضاعف (Bouwer, 1986) در سه تکرار اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش‌ها قبل از تجزیه و تحلیل، از نظر جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به توزیع اندازه ذرات (۶۰ درصد شن، ۱۰/۰۳ درصد سیلت و ۲۹/۴۹ درصد رس) بافت خاک، لوم‌رس‌شنی تعیین گردید. خاک کشتزار به لحاظ داشتن مقادیر کم‌تر ماده‌ی آلی (۰/۴۷ درصد) و دارای خاکدانه‌های کوچک‌تر ناپایدار (۰/۱۱ میلی‌متر) بود. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها به دلیل درصد رس کم و همچنین فقیر بودن ماده آلی،

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی‌های فیزیکی	میانگین	انحراف معیار	ویژگی‌های شیمیایی	میانگین	انحراف معیار
شن (%)	۶۰/۳۳	۰/۲۲	واکنش	۷/۴۰	۰/۱۰
سیلت (%)	۱۰/۰۸	۰/۱۶	هدایت الکتریکی (dS/m)	۲/۵۷	۰/۰۹
رس (%)	۲۹/۶۰	۰/۱۰	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/100g)	۲۷	۰/۱۱
سنگریزه (%)	۳۱/۴۱	۰/۱۱	سدیم تبادلی (%)	۱/۱۲	۰/۱۳
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب (mm)	۰/۱۱	۰/۱۰	ماده آلی (%)	۰/۴۷	۰/۱۰
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	۱/۱۴	۰/۱۳	کربنات کلسیم معادل (%)	۱۱/۳۲	۰/۰۸
ظرفیت نگهداری آب (cm^3/cm^3)	۱۰/۴۲	۰/۱۴			
نفوذپذیری (cm/h)	۱۲/۸	۰/۱۳			

تغییرات زمانی بارندگی و محتوای رطوبت خاک

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس تغییرات ماهانه رطوبت خاک برای سطوح مختلف مصرف مالچ کاه و کلش گندم را نشان می‌دهد. بر این اساس تفاوتی معنی‌دار در هر سطح مصرف مالچ از نظر محتوای رطوبتی خاک بین ماه‌های مختلف طی دوره رشد وجود داشت. شکل (۲) تغییرات بارندگی و محتوای رطوبتی خاک در هر سطح مصرف مالچ را در ماه‌های مختلف طی دوره رشد گندم نشان می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین محتوای

رطوبتی خاک در تیمار شاهد در ماه آذر (۱۱/۹۷ درصد) و در تیمارهای تحت مصرف مالچ (۲۵ درصد تا ۱۰۰ درصد) در ماه اسفند مشاهده گردید. بررسی تغییرات بارندگی طی دوره رشد گندم نیز نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان بارندگی در اسفند (۶/۴۹ میلی‌متر) بود. مطابق با این نتیجه، Molina et al (2014) نیز در بررسی تغییرپذیری مکانی و زمانی محتوای آب خاک نشان دادند که تغییرات محتوای آب خاک تحت تأثیر تغییرات بارندگی قرار دارد. تغییرات محتوای رطوبتی خاک در ابعاد

شد. این مقدار افزایش محتوای رطوبتی خاک به نوبه خود می-تواند در کاهش بخشی از تنش کم‌آبی گندم در شرایط دیم مؤثر واقع شود. در پژوهشی (Wu *et al.*, 2017) به بررسی اثر انواع مختلف مالچ کاه و کلش و مالچ پلاستیکی بر محتوای آب خاک پرداختند و نشان دادند که هدررفت آب در تیمار مخلوط شده با مالچ در طی دوران رشد به طور قابل توجهی نسبت به تیمار مالچ پلاستیکی کاهش یافت. همچنین اثر مالچ کاه و کلش گندم بر تغییرات ظرفیت نگهداشت آب خاک در سطح ۱ درصد ($P < 0.01$ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین ظرفیت نگهداری آب خاک در تیمار ۷۵ درصد مالچ کاه و کلش (۱۴/۲۱ درصد) به-دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۱۰/۴۲ درصد) به اندازه ۳۶/۳۷ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳ ب). با مخلوط شدن کاه و کلش با خاک از یک‌سو تخلخل خاک افزایش پیدا می‌کند و از سوی دیگر ساختمان خاک بهبود می‌یابد؛ بنابراین می‌توان گفت که کاه و کلش گندم با تأثیر بر ظرفیت نگهداری آب خاک باعث افزایش محتوای رطوبت حجمی خاک شد. در پژوهشی (Burt *et al.*, 2002) با بررسی تأثیر استفاده از مالچ کاه و کلش در خاک بدون پوشش نشان دادند که استفاده از مالچ، شدت تبخیر از سطح خاک را از ۱۱ تا ۸۴ درصد برای یک دوره کوتاه مدت و ۵۰ درصد برای دوره درازمدت کاهش داد.

بررسی رابطه بین محتوای رطوبتی خاک و سطح مصرف کاه و کلش گندم نشان داد که بین آن دو رابطه‌ای معنی‌دار ($R^2 = 0.95, P < 0.001$) برقرار است (شکل ۴ الف). بررسی رابطه بین ظرفیت نگهداری آب خاک و سطح مصرف مالچ کاه و کلش گندم نشان داد که بین آن دو نیز رابطه‌ای معنی‌دار برقرار است ($R^2 = 0.88, P < 0.01$) (شکل ۴ ب). این نتایج می‌تواند بیانگر آن باشد که افزایش مقدار مصرف مالچ به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، موجب شد محتوای رطوبتی خاک در کشتزار دیم افزایش پیدا کند. در مطالعه‌ای (Tao *et al.*, 2015) نشان دادند که اگرچه خاک‌ورزی نقشی مهم در افزایش عملکرد ذرت دارد، اما مالچ کاه و کلش تأثیری بارزتر از خاک‌ورزی از نظر نگهداشت آب خاک و بهره‌مندی گیاه از آب دارد. Peng *et al.* (2015) نیز با بررسی اثر به‌کارگیری شیوه‌های مختلف مصرف مالچ‌های کاه و کلش در ذخیره‌سازی آب خاک و راندمان مصرف آب گندم زمستانه نتایج مشابهی را گزارش نمودند که کاربرد مالچ ذخیره‌سازی آب در خاک و کارایی مصرف آب را بهبود بخشید؛ به طوری که در بالاترین سطح کاربرد مالچ (۹ تن در هکتار)، کارایی مصرف آب ۱۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد

رخداد بارندگی وابستگی بیش‌تری به مقدار بارندگی دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزودن مالچ به خاک موجب حفظ بیش‌ترین بارش‌های آسمانی در خاک در این ماه از سال شد. کم‌ترین محتوای رطوبتی خاک در کرت‌های مورد بررسی در تیر ماه زمانی که هیچ‌گونه بارندگی رخ نداد، مشاهده شد. در این ماه از سال، محتوای رطوبتی خاک در سطوح ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد مصرف مالچ نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۲/۸۳ و ۲۲/۳۶ درصد افزایش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که مالچ در زمان‌های بدون بارندگی با کاهش تبخیر از سطح خاک، از کاهش محتوای آب خاک جلوگیری می‌کند. در پژوهشی (Tabatabaei, 2005) نیز به طور مشابهی گزارش کردند که مخلوط کردن کاه و کلش با خاک سبب افزایش شدت نفوذ نهایی و بهبود حرکت آب به داخل خاک می‌شود. علاوه بر این، کاربرد بقایا موجب افزایش نگهداشت رطوبت و کاهش تبخیر از سطح خاک مزرعه می‌گردد (Chen *et al.*, 2010). (Guenet *et al.*, 2010). *al* (2015) نیز در بررسی مالچ کاه و کلش گندم بر روی رطوبت خاک و راندمان مصرف آب گندم زمستانه به مدت سه سال در چین بیان کردند که استفاده از مالچ کاه و کلش گندم همواره راندمان مصرف آب را ۲۵٪ افزایش داد. همچنین ذخیره‌سازی آب خاک در کرت مالچ پاشی شده (متوسط ۳۸۰ میلی‌متر) بیش‌تر از کرت بدون مالچ (متوسط ۳۲۰ میلی‌متر) بود و مالچ کاه و کلش به عنوان مانع برای جلوگیری از رواناب و تبخیر بود که در نتیجه باعث افزایش نفوذ آب به خاک و ذخیره‌سازی می‌شود. Rosolem *et al.* (2002) با انجام آزمایش‌هایی برای مقایسه تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر ذخیره آب باران نشان دادند که از ۲۳۱ میلی‌متر بارندگی در طول فصل زمستان، تنها ۴۶/۳ درصد در خاک شخم‌خورده توسط گاواهن برگردان‌دار مشاهده شد؛ در حالی که روش بی‌خاک‌ورزی بیش‌ترین مقدار جذب آب باران (۷۷/۵ درصد) انجام گرفت.

تأثیر مقدار مصرف مالچ بر ذخیره رطوبتی و ظرفیت نگهداشت آب خاک

اثر سطوح مختلف مالچ کاه و کلش گندم بر محتوای رطوبت خاک در سطح ۱ درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای رطوبتی خاک در تیمار ۱۰۰ درصد مالچ کاه و کلش (۱۰/۵ درصد) به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۷۵ درصد (۱۰/۲۴ درصد) اختلافی معنی‌داری نداشت (شکل ۳ الف). افزایش مالچ به خاک موجب حفظ بیش‌تر رطوبت خاک شد. محتوای رطوبت حجمی خاک در تیمار ۷۵ درصد مالچ کاه و کلش نسبت به تیمار شاهد، ۱/۰۷۳ برابر (۷/۳ درصد افزایش)

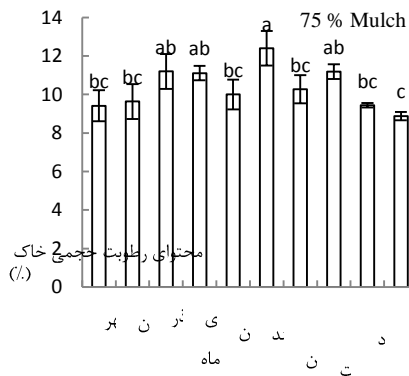
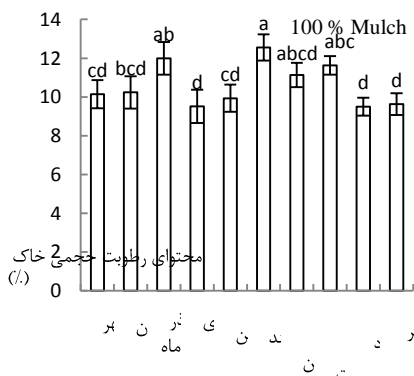
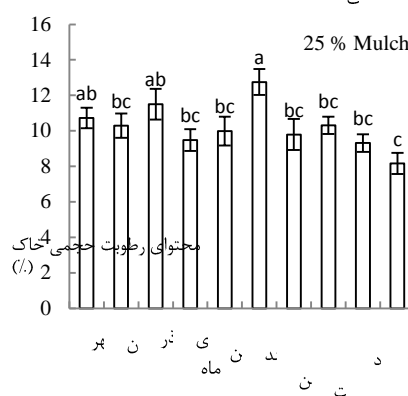
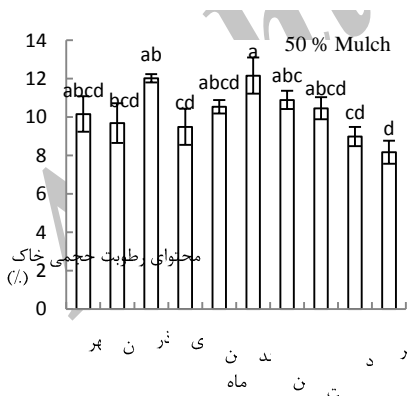
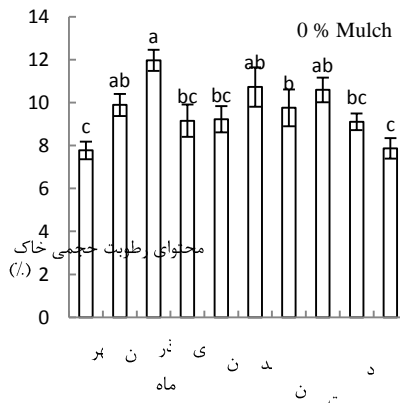
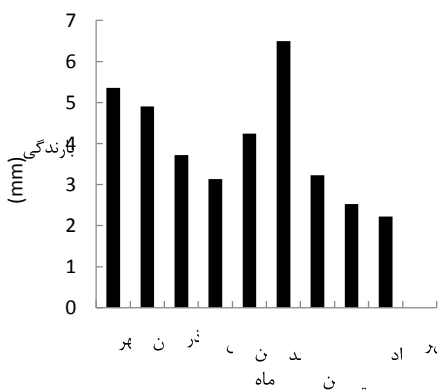
ویژگی‌های خاک و بهبود ذخیره رطوبتی خاک مورد نیاز است. با توجه به نبود تفاوت معنی‌دار بین تیمار ۷۵ درصد کاه و کلش (۴/۵ تن در هکتار) نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد (۶ تن در هکتار)، تیمار ۷۵ درصد از نظر اقتصادی برای دستیابی به هدف مورد نظر پیشنهاد می‌شود.

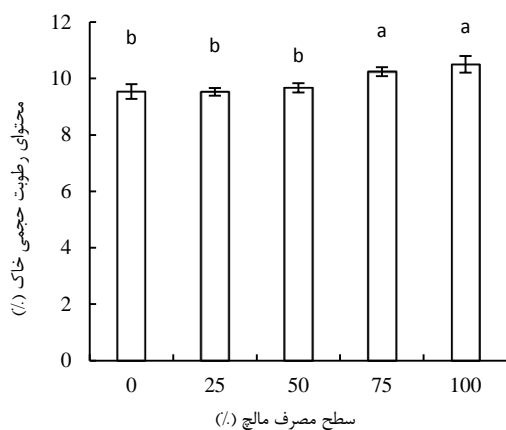
افزایش یافت. در پژوهش حاضر تفاوتی معنی‌دار از نظر محتوای رطوبتی خاک بین سطوح ۲۵ درصد و ۵۰ درصد مالچ کاه و کلش گندم با تیمار شاهد (۹/۵۴ درصد) مشاهده نگردید. این نتیجه نشان می‌دهد که مصرف ۵۰ درصد مالچ کاه و کلش نقشی در بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک ندارد و مصرف ۷۵ درصد مالچ کاه و کلش مورد نیاز پوشش سطح، برای تغییر

جدول ۳. تجزیه واریانس مقدار مصرف مالچ بر محتوای رطوبتی خاک در کشتزار دیم

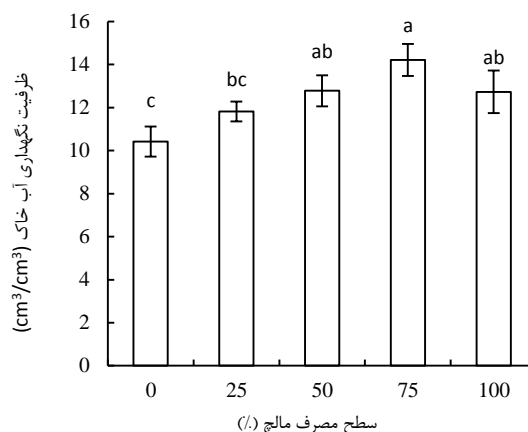
میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
ظرفیت نگهداری آب خاک (%)	محتوای رطوبت خاک (%)		
۱۱/۶۶**	۰/۶۰**	۴	مقدار مصرف مالچ
۱/۷۱	۰/۱۰۶	۸	خطا

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد



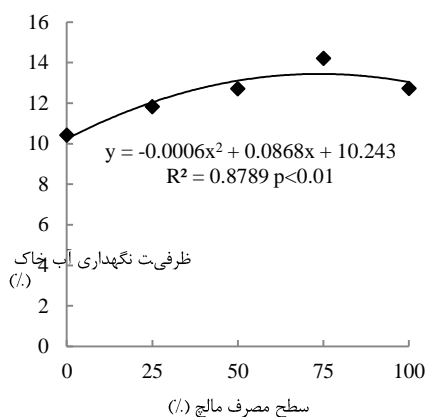


(ب)

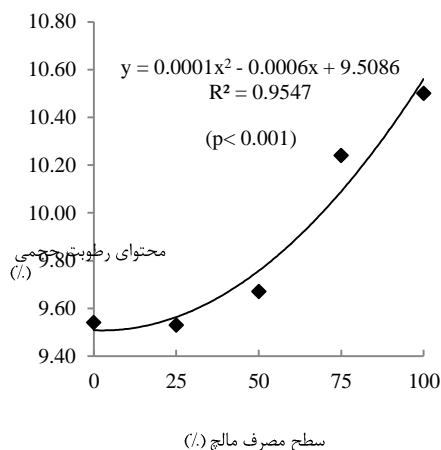


(الف)

شکل ۳. اثر سطوح مختلف کاه و کلش گندم بر مقدار رطوبت حجمی خاک (الف) و ظرفیت نگهداری آب خاک (ب).



(ب)



(الف)

شکل ۴. رابطه بین محتوای رطوبتی خاک و سطح مصرف مالچ (الف) و ظرفیت نگهداشت آب خاک (ب).

نتیجه گیری

مصرف مالچ کاه و کلش، نقشی مؤثر در افزایش محتوای رطوبتی خاک نداشتند اما مصرف مقادیر بالاتر (۷۵ و ۱۰۰ درصد) موجب تغییرات قابل توجه در ذخیره رطوبتی خاک شد. در تیمار ۷۵ درصد کاه و کلش گندم، ذخیره رطوبتی خاک نسبت به تیمار شاهد ۷/۳ درصد افزایش نشان داد. رابطه معنی داری بین محتوای رطوبت حجمی خاک و درصد کاه و کلش گندم وجود داشت ($R^2 = 0.95$, $P < 0.001$). مصرف کاه و کلش گندم موجب تغییر ظرفیت نگهداری آب خاک شد؛ به طوری که در تیمار ۷۵ درصد مالچ کاه و کلش نسبت به تیمار شاهد به اندازه ۳۶/۳۷ درصد افزایش مشاهده شد. بین ظرفیت نگهداری آب خاک و سطح مصرف مالچ کاه و کلش گندم رابطه‌ای معنی دار

نتایج نشان داد که بین ماه‌های مختلف سال از نظر ذخیره رطوبتی خاک در کشتزار دیم تفاوتی قابل ملاحظه وجود دارد. بیش‌ترین ذخیره رطوبتی خاک در تیمارهای تحت مصرف کاه و کلش در ماه اسفند زمانی همزمان با وقوع بارندگی‌های فصلی و کم‌ترین محتوای رطوبتی خاک در تیر ماه زمانی که هیچ‌گونه بارندگی رخ نداد، مشاهده شد. در تیر ماه، محتوای رطوبتی خاک در سطح ۷۵ درصد کاه و کلش گندم نسبت به تیمار شاهد به اندازه ۱۲/۸۳ درصد افزایش نشان داد. تفاوتی معنی دار بین سطوح مصرف کاه و کلش گندم از نظر تأثیر بر محتوای رطوبتی خاک وجود داشت. تیمارهای ۲۵ درصد و ۵۰ درصد

سطح ۷۵ درصد کاه و کلش معادل با ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان مناسبترین مقدار مصرف کاه و کلش گندم برای افزایش ذخیره آب بارندگی در کشتزارهای دیم منطقه نیمه-خشک قابل پیشنهاد است.

برقرار بود ($R^2=0.88$, $P<0.01$). در سطح ۷۵ درصد کاه و کلش تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۰۰ درصد مصرف مالچ از نظر تاثیر بر محتوای رطوبتی خاک وجود نداشت. این سطح از مالچ دارای بیشترین تاثیر بر ظرفیت نگهداری آب خاک بود. از این رو

REFERENCES

- 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.
- Angers, D. A. and Mehuys, G. R. (1993). Aggregate stability to water. In Cartner, M. R. (ed.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers, Boca Raton, 651–657.
- Bouwer H. (1986). Intake rate: Cylinder infiltrometer. P. 825-844, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part I. Physical and Mineralogical methods. 2nd Ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of American, Inc., Madison.
- Burt, C.M., Mutziger, A., Howes, D.J. and Solomon, K.H. (2002). The effect of stubble and mulch on soil evaporation. Irrigation Training and Research Center, Bio Resource and Agricultural Engineering, California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Carrer, M., Motta, R. and Nola, P., (2012). Significant mean and extreme climate sensitivity of Norway spruce and silver fir at mid-elevation mesic sites in the Alps. *Plos one*, 7(11).
- Chen, Y., Liu, T., Tian, X., Wang, X. and Li, M. (2015). Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in Loess Plateau. *Filed Crops Research*, 175, 53-58.
- Dahiya, R., Ingwersen, J. and Streck, T. (2007). The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: experimental findings and modeling. *Soil Tillage Research*, 96, 52–63
- Farkas, C., Birkas, M. and Varallyay, G. (2009). Soil tillage systems to reduce the harmful effect of extreme weather and hydrological situations. *Biologia*, 64, 624–628.
- Gardner, W. R. 1970. Field measurements of soil water diffusivity. *Soil Science Society of American Proceeding*, 34: 832–833.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. (1986). Particle size analysis. In: Klute, (Ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 1, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, 383-411.
- Gholami, L., Sadeghi, S. H. R. and Homaei, M. (2013). Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. *Soil Science Society of American Journal*, 77, 268–278.
- Guenet, B., Neill, C., Bardoun, G. and Abbadie, L. (2010). Is there a linear relationship between priming effect intensity and the amount of organic matter input. *Applied Soil Ecology*, 49, 436-442.
- Hu, W., Schoenau, J. J., Cutforth, H. W. and Si, B. C. (2015). Effects of row-spacing and stubble height on soil water content and water use by canola and wheat in the dry prairie region of Canada. *Agricultural Water Management*, 153, 77-85.
- Jones, J. B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton, 27-160.
- Jordán, A., Zavala, L. M. and Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81, 77–85.
- Liu, Y., Li, S. Q., Chen, F., Yang, S. J. and Chen, X. P. (2010). Soil water dynamics and water use efficiency in spring maize (*Zea mays* L.) fields subjected to different water management practices on the Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*, 97, 769–775.
- Lou, Y. L., Liang, W. J., Xu, M. G., He, X. H. and Wang, Y. D. (2011). Straw coverage alleviates seasonal variability of the topsoil microbial biomass and activity. *Catena*, 86, 117–120
- Mulumba, L. N. and Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Tillage Research*, 98, 106–111.
- Nelson, D.W. and E. J. Klavivko. 1979. Surface runoff from sludge-amended soils. *Journal Water Pollution Control Federation*. 51: 100-110.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Page, A. L. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., Madison, 539–579.
- Ngetich, K. F., Diels, J., Shisanya, C. A., Mugwe, J. N., Mucheru-muna, M. and Mugendi, D. N. (2014). Effects of selected soil and water conservation techniques on runoff, sediment yield and maize productivity under sub-humid and semi-arid conditions in Kenya. *Catena*, 121, 288-296.
- Page, M. C. Sparks, D. L. Noll, M. R. and Hendricks, G. J. (1987). Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic Coastal plain soils. *Soil Science Society America Journal*, 51, 1460-1465.
- Peng, Z., Ting, W., Haixia, W., Min, W., Xiangping, M., Siwei, M. and Qingfang, H. (2015). Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in

- dryland farming. Scientific Report, 5.
- Qamar, R., Ullah, E., Saqib, M., Javeed, H. M. R., Rehman, A. and Ali, A. (2015). Influence of tillage and mulch on soil physical properties and wheat yield in rice-wheat system. *West African Journal of Applied Ecology*, 23(1), 21-38.
- Rosolem, C. A., Foloni, J. S. and Tiritan, C. S. (2002). Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. *Soil and Tillage Research*, 65(1), 109-115.
- Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Homae, M. and Khaledi Darvishan, A. (2015). Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. *Soild Earth*, 6, 445-455.
- Sensoy, H., & Kara, Ö. (2014). Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. *Forest-Biogeosciences and Forestry*, 7(2), 110.
- Shabani, H. and Delavar, M.A. (2014). Assessment of macronutriens spatial variation in the University of Zanjan, Iran. *Journal of Research and Construction*. (In Farsi) (In Press)
- Shaver, T. M. (2010). Crop residue and soil physical properties. In: Proceeding of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, 22-27.
- Silvente, S., Sobolev, A. P. and Lara, M. (2012). Metabolite Adjustments in Drought Tolerant and Sensitive Soybean Genotypes in Response to Water Stress. *Plos One*, 7, e38554.
- Smets, T., Poesen, J. and Knapen, A. (2008). Spatial scale effects on the effectiveness of organic mulches in reducing soil erosion by water. *Earth-Science Reviews*, 89(1): 1-12.
- Tabatabaei, S. H. Fardad H., Nyshabari, M. R. and Liaghat, A. (2005). Agricultural management effect on soil basic infiltration rate in surface irrigation. 11th Seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (In Farsi).
- Thomas, G.W., 1982. Exchangeable cations. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), pp.159-165.
- Uson, A. and Cook, H. F. (1995). Water relations in a soil amended with composted organic waste. In: Cook, H.F., Lee, H.C. (Eds.), *Soil Management in Sustainable Agriculture*. Wye College Press, Wye, Ashford, Kent, 453-460.
- 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), 414-423.
- van der Velde, M., Tubiello, F. N., Vrieling, A. and Bouraoui, F. (2012). Impacts of extreme weather on wheat and maize in France: evaluating regional crop simulations against observed data. *Climatic Change*, 113(3), 751-765.
- Wang, J., Huang, J., Zhao, X., Wu, P., Horwath, W.R., Li, H., Jing, Z. and Chen, X. (2016). Simulated study on effects of ground managements on soil water and available nutrients in jujube orchards. *Land Degradation and Development*, 27, 35-42.
- Wu, Y., Huang, F., Jia, Z., Ren, X. and Cai, T. (2017). Response of soil water, temperature, and maize (*Zea may L.*) production to different plastic film mulching patterns in semi-arid areas of northwest China. *Soil and Tillage Research*, 166, pp.113-121
- Zanjan Water Organization. (2011). Study reports of Zanjan plain. Zanjan Water Organization, Press. 27-54. (In Farsi).
- Zarrinabadi, E. and Vaezi, A.R. (2016). Runoff and soil loss as affected by land use change and plough direction in poor vegetation cover pastures. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(1), 87-98. (In Farsi).