نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره ششم، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

نگهداشت آب و عملکرد دانه گندم تحت‌تأثیر جهت شخم در کشتزار دیم منطقه نیمه‌خشک در غرب زنجان

*علی‌رضا واعظی[1] و لیدا پیری‌مقدم[2]
[1]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [2]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان
تاریخ دریافت: ۹٤/۹/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: فراهمی آب مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده بهره‌وری در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این مناطق عملکرد محصول تحت‌تأثیر توزیع و مقدار بارش و نگه‌داری آب در خاک است. به‌کارگیری روش‌های مدیریت خاک می‌تواند در مهار روان‌آب سطحی و افزایش نگه‌داری آب در خاک مناسب باشد. خاک‌ورزی به‌عنوان یک اقدام مهم مدیریتی خاک می‌تواند بر تولید روان‌آب و فرسایش خاک و در نتیجه بر ذخیره آب و عملکرد محصول در زمین‌های دیم تأثیر بگذارد. هنوز در بسیاری از کشت‌زارهای دیم در مناطق نیمه‌خشک، شخم در جهت موازی با شیب انجام می‌گردد که به‌عنوان یک عامل مهم، نگهداشت آب به خاک را به‌دلیل کاهش فرصت نفوذ آب، کاهش می‌دهد. اگرچه مطالعات مختلفی به‌منظور تعیین اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ذخیره آب و عملکرد محصول در سراسر جهان انجام شده است ولی اطلاعات اندکی درباره نقش جهت شخم در ذخیره آب و عملکرد محصول در کشت‌زارهای دیم گندم در مناطق نیمه‌خشک به‌ویژه در ایران وجود دارد. بنابراین این مطالعه به‌منظور تعیین اثرات دو جهت شخم (شخم موازی با شیب و شخم عمود بر شیب) در محتوای آب خاک طی دوره رشد و عملکرد دانه گندم در زمین دیم واقع در منطقه نیمه‌خشک در ایران انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در کشت‌زاری دیم با شیب حدود ۱۰ درصد، دارای خاک با بافت لوم شنی در زنجان، شمال‌غرب ایران در سال ۱۳۹٤ انجام شد. کشت گندم زمستانه در دو جهت شامل ۱) موازی با شیب (به‌عنوان خاک‌ورزی مرسوم)، ۲) کشت عمود بر شیب (به‌عنوان خاک‌ورزی حفاظتی) در اوایل مهرماه ۱۳۹۳ انجام شد. برای این منظور ۲٤ کرت به ابعاد ۱/۷۵ متر در ۸ متر بر روی زمین طراحی شد. محتوای آب خاک در سه نمونه خاک هر کرت که از منطقه گسترش ریشه در فاصله پنج روز طی دوره رشد از مهرماه ۱۳۹۳ تا تیرماه ۱۳۹٤ گرفته شده بود، اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد با جمع‌آوری کل محصول از سطح هر کرت به هنگام برداشت محصول (تیرماه) تعیین گردید. داده‌های محتوای آب خاک و عملکرد دانه گندم به روش تجزیه واریانس با استفاده از آزمون دانکن تحلیل شدند. تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

یافته‌ها: میانگین رطوبت خاک طی دوره رشد در کرت‌های با کشت عمود بر شیب (۹/۱ درصد)، ٦۲ درصد بزرگ‌تر از کرت‌های با شخم موازی (۵/٦ درصد) بود. این تفاوت از نظر آماری ($P<۰/۰۰۱$) معنی‌دار بود. عملکرد دانه گندم

* مسئول مکاتبه: vaezi.alireza@gmail.com

به‌طور قابل‌توجهی بین دو جهت شخم (P<۰/۰۰۱) متفاوت بود. علاوه بر این، تفاوت معنی‌داری بین دو جهت شخم از نظر اجزای عملکرد گندم یعنی ارتفاع بوته (P<۰/۰۱)، تعداد دانه در سنبله (P<۰/۰۵)، وزن هزاردانه (P<۰/۰۰۱) و عملکرد بیولوژیک (P<۰/۰۱) مشاهده شد. رابطه‌ای معنی‌دار بین عملکرد دانه گندم و محتوای آب خاک وجود داشت (P<۰/۰۱، R^2=۰/٤۳). عملکرد گندم با افزایش محتوای آب خاک در کرت‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که جهت شخم عامل مهم تعیین‌کننده محتوای آب خاک در کشت‌زار دیم گندم است. در کرت‌های با شخم عمود بر شیب فرصت نفوذ آب به خاک بسیار بالا است. این متغیر مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد گندم در شرایط دیم است. افزایش عملکرد دانه در شرایط کشت عمود بر شیب همراه با افزایش اجزای عملکرد به‌واسطه افزایش محتوای آب خاک بود. با توجه به این نتایج، به‌کارگیری شخم و کشت عمود بر شیب در کشت‌زارهای دیم می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری اساسی جهت کاهش هدررفت آب و افزایش عملکرد در مناطق نیمه‌خشک باشد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد گندم، روش خاک‌ورزی، کشت عمود بر شیب، محتوای آب خاک

مقدمه

گندم از مهم‌ترین محصولات استراتژیک جهان است که نزدیک به یک سوم از کل زمین‌های قابل کشت دنیا را به کشت خود اختصاص داده است (۱۰). تولید سالانه گندم حدود ٦۰۰ میلیون تن می‌باشد، که تقریباً ۲۰ درصد انرژی و ۲۵ درصد نیازهای پروتئینی جهان را فراهم می‌کند (۱۲). گرچه گندم در نقاط مختلف دنیا می‌تواند رشد کند اما عمدتاً کشت و کار و تولید آن از نظر جغرافیایی بین ۳۰ تا ٦۰ درجه طول شمالی و ۲۷ تا ٤۰ درجه عرض جنوبی متمرکز شده است (۳۸). مناطق نیمه‌خشک که حدود ۳۹ درصد سطح کشور را شامل می‌شوند از جمله مناطق تحت کشت گندم دیم در ایران هستند (۳۷). در این مناطق گیاهانی که بتوانند بدون آبیاری در زمین شیب‌دار کشت شوند نسبتاً محدود بوده و هیچ‌کدام از این گیاهان بر گندم برتری ندارند (۳۲). ۲۲۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی دنیا تحت کشت گندم دیم است. در ایران ٦/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور به کشت گندم اختصاص داشته که از این مقدار ٤ میلیون هکتار آن در مناطق نیمه‌خشک و زیر کشت گندم دیم است (۱۰).

شناخت موانع و محدودیت‌های تولید گندم از جمله مواردی است که باید مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرند. در زراعت دیم، آب به‌عنوان شاخص‌ترین مانع تولید مطرح می‌باشد (۱۷). عملکرد مطلوب در کشت دیم به‌طور مستقیم به‌میزان بارندگی و ذخیره رطوبتی در خاک بستگی دارد، بنابراین با توجه به وابستگی زراعت دیم به نزولات جوی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از یک‌سو و کمبود بیلان رطوبتی در این مناطق از سوی دیگر، تمامی عملیات کشاورزی باید طوری طراحی شوند که امکان استفاده بهینه از بارش‌های آسمانی را فراهم نمایند. اجرای شیوه‌های مناسب خاک‌ورزی و روش صحیح کاشت جزء این دسته از عملیات‌ها است که تأثیر زیادی در روند بهره‌وری از آب بارش‌ها و افزایش عملکرد دارد (۳).

خاک‌ورزی به‌عنوان یک روش مدیریتی به‌طور مستقیم بر ذخیره رطوبتی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اثر می‌گذارد (۹). شخم از جمله عملیات حفاظتی است که منجر به تغییرات فیزیکی و هیدرولوژیکی در خاک سطحی می‌گردد. عملیات شخم در اراضی شیب‌دار موجب انتقال و جابه‌جایی بسیار زیاد ذرات خاک و آب باران می‌شود (۲٤).

معمولاً به‌علت سهولت انجام عملیات و کوچک بودن عرض قطعات زمین در کشور، شخم در جهت شیب زمین انجام می‌شود که این امر موجب هدررفت آب و خاک و کاهش ذخیره رطوبتی خاک می‌گردد (۳۱). از آن‌جایی‌که انجام عملیات خاک‌ورزی، به تخلخل و چگالی ظاهری خاک تأثیر گذاشته و پیامد آن نفوذ، نگه‌داری و حرکت آب در خاک را متأثر می‌سازد. عملیات شخم باید به‌گونه‌ای طراحی شود که موجب کاهش چگالی ظاهری خاک و افزایش تخلخل مؤثر شده و قابلیت خاک را در حفظ و نگه‌داری بارش‌های آسمانی افزایش دهد (۳۰). بنابراین عملیات خاک‌ورزی علاوه بر تأمین بستری مناسب برای رشد بذر در مناطق نیمه‌خشک باید تأمین‌کننده مواردی از جمله: ۱) نفوذ بارش‌ها در خاک و کاهش روان‌آب (۲٤). ۲) حفظ و افزایش مواد آلی در خاک (۳۵) و ۳) کاهش تبخیر از سطح خاک و کنترل علف‌های هرز و کاهش مصرف آب توسط آن‌ها (۱۸)، باشد.

گزارش‌های متعدد علمی در رابطه با تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد محصول وجود دارد. در گزارشی بیان شد که عملکرد گندم در شرایط دیم به‌دلیل بهبود خاک‌ورزی به میزان ۷۸ درصد افزایش یافت (۲۱). در مطالعه‌ای اثر روش‌های مدیریت خاک بر عملکرد گندم زمستانه ارزیابی شد، نتایج نشان داد که سیستم خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم به‌طور ثابت عملکرد دانه را ۱۰ درصد و ذخیره آب خاک را ۹ درصد افزایش داد (۳۳). در مطالعه‌های با بررسی اثرات خاک‌ورزی و مصرف مالچ بر عملکرد ذرت نشان داده شد که انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد محصول را تا ۲۰ درصد افزایش داد (۱٤). روش مناسب شخم با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی منطقه می‌تواند در تأمین آب مورد نیاز گیاه طی دوره رشد در شرایط دیم مؤثر باشد. با وجود آن‌که نقش روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد محصول تحت شرایط دیم مورد مطالعه قرار گرفته است، هنوز اطلاعات کافی در مورد میزان تأثیر جهت شخم بر نگهداشت آب و میزان عملکرد گندم در کشت‌زارهای دیم گندم در منطقه نیمه‌خشک وجود ندارد. بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر جهت شخم بر حفظ رطوبت خاک و عملکرد دانه گندم در یک کشتزار دیم در منطقه نیمه‌خشک واقع در استان زنجان انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی: این پژوهش در کشت‌زار دیم با شیب حدود ۱۰ درصد با مساحتی حدود ۱۰۰۰ مترمربع واقع در محدوده دانشگاه زنجان در مختصات جغرافیایی ″۱۲ ′۱ °٤۷ تا ″۳۱ ′۵۲ °٤۹ طول شرقی و ″٤۵ ′۲۵ °۳۵ تا ″۲٤ ′۱۵ °۳۷ عرض شمالی طی فصل زراعی ۱۳۹۳-۹٤ انجام گرفت. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش سالانه حدود ۲۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم سرد و خشک است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک بر اساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی کشور به‌ترتیب زریک و مزیک است. عمده واحدهای فیزیوگرافی در منطقه مورد مطالعه شامل واحدهای دشت دامنه‌ای آبرفتی و فلات‌ها هستند. مواد مادری زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل پادگانه‌های جوان آبرفتی است (٤۱). طبق آمارهای وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳ سطح زیر کشت گندم دیم در شهرستان زنجان ٦۳۵۰۰ هکتار و عملکرد آن ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است و ارقام سرداری و آذر ۲ برای کشت گندم دیم در این منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۲).

پیاده‌سازی کرت‌های آزمایشی: آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو تیمار روش مدیریت شامل: شخم عمود بر شیب و شخم موازی با شیب در ٢٤ کرت آزمایشی به ابعاد ۸ متر در ۱/۷۵ متر اجرا شد. در نیمی از کرت‌ها (۱۲ کرت)، شخم و کشت در جهت شیب و در نیمی دیگر (۱۲ کرت)، شخم و کشت در جهت عمود بر شیب اعمال گردید. گندم رقم سرداری به‌وسیله دستگاه ردیف‌کار خطی با عمق کاشت ٤ تا ٦ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کشت ۱۷ تا ۲۰ سانتی‌متر در دو جهت شخم (موازی و عمود بر شیب) در اوایل مهرماه ۱۳۹۳ کاشته شد. طول دوره رشد ۹ ماه (مهر تا تیر) بود. شکل ۱ موقعیت دامنه مورد بررسی و نحوه استقرار کرت‌های آزمایشی را نشان می‌دهد.

شکل ۱- کرت‌های آزمایشی ایجاد شده در کشت‌زار دیم گندم.

Figure 1. The crop plots installed on the wheat rainfed land.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار در نمونه‌های برداشت شده از خاک در ابتدای فصل رشد و پیش از کاشت تعیین شدند. برای این منظور سه نمونه خاک از طول هر کرت از عمق (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) برداشت و نهایتاً یک نمونه مرکب تهیه شد. در نمونه خاک گذرانده از الک ۲ میلی‌متر، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (۸)، جرم مخصوص حقیقی خاک با استفاده از پیکنومتر، درصد گچ به روش استون (٣٦)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (۱۵)، ماده آلی خاک به روش والکلی و بلک (۳۹) و درصد آهک به روش خنثی‌سازی به‌وسیله اسیدکلریدریک نرمال (۲۹) اندازه‌گیری شد. درجه شوری خاک بر مبنای رسانایی الکتریکی عصاره گل اشباع به‌وسیله دستگاه EC سنج مدل TetraCon 325, WTW GmbH ساخت آلمان اندازه‌گیری گردید. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر فلزی (۲۸) تعیین گردید. رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (۱۵۰۰- کیلوپاسکال) و ظرفیت مزرعه (۳۰- کیلوپاسکال) به‌ترتیب به‌وسیله دستگاه صفحه فشاری و غشای فشار اندازه‌گیری شدند (٤). پایداری خاکدانه‌ها در آب به روش الک تر (٤٠)، در خاکدانه‌های با قطر ۲ تا ٤ میلی‌متر به‌مدت یک دقیقه (۱) بر مبنای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار تعیین شد. نفوذپذیری خاک بر مبنای سرعت نفوذ نهایی آب خاک به روش استوانه مضاعف (٦) در سه تکرار هنگامی‌که رطوبت خاک در شرایط هواخشک بود، پیش از کاشت اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان هدررفت آب و ذخیره رطوبتی خاک: به‌منظور اندازه‌گیری روان‌آب خروجی از هر کرت، در انتهای هر کرت تأسیسات جمع‌آوری روان‌آب، شامل قیف جمع‌آوری و مخازن نصب گردید (شکل ۱). برای جلوگیری از ورود روان‌آب حاشیه کرت به داخل آن، کرت‌ها توسط پشته‌های خاکی از محیط اطراف جدا شدند (۳۷). در هر بارندگی، حجم روان‌آب موجود در مخازن با استفاده از ظرف مدرج اندازه‌گیری و میزان روان‌آب بر حسب میلی‌لیتر محاسبه گردید. جهت تعیین درصد رطوبت خاک، نمونه‌های خاک از منطقه ریشه (از سطح خاک تا عمق نفوذ ریشه) از هر کرت به تعداد سه تکرار در فاصله پنج روز طی دوره رشد برداشت شد. نمونه‌های خاک هر کرت با هم مخلوط و نمونه خاک مرکب درون کیسه پلاستیک به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه خاک مرکب ابتدا توزین و سپس در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ ساعت خشک گردید و درصد رطوبت جرمی با استفاده از نسبت جرم آب نمونه به جرم خاک خشک محاسبه گردید.

تعیین عملکرد و اجزای عملکرد گندم: برای تعیین عملکرد دانه در هر کرت تعداد بوته‌ها مورد شمارش قرار گرفت سپس کل بوته‌های گندم در هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. تعداد و جرم خشک دانه‌ها در هر بوته تعیین شد. در نهایت با استفاده از رابطه زیر عملکرد دانه گندم در هر هکتار برای هر کرت به‌دست آمد:

$$Y_G = (M_G N_S \times 10000) / A$$

که در آن، Y_G عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم در هکتار)، M_G جرم دانه‌ها در هر بوته (کیلوگرم)، N_S تعداد بوته در واحد سطح و A مساحت هر کرت (مترمربع) است. همچنین برای مقایسه شاخص‌های عملکرد کرت‌های مورد مطالعه، میانگین ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های حاصل از آزمایش‌های قبل از تجزیه و تحلیل، از نظر توزیع نرمال بودن به روش چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفتند و در مواردی که داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند، با روش‌های رایج (لگاریتم‌گیری و...)، توزیع آماری آن‌ها به‌صورت نرمال تبدیل شد. تفاوت بین جهت شخم (عمود بر شیب و موازی با شیب) از نظر نگهداشت آب در خاک، هدررفت آب و عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد با استفاده از آزمون دانکن در دو جهت کشت در ۱۲ تکرار مورد تحلیل قرار گرفت. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به میانگین درصد شن، سیلت و رس، بافت خاک کشت‌زار لوم شنی بود. با توجه به مقدار آهک (۱٤/٦۱ درصد) خاک کشت‌زار در گروه خاک‌های آهکی (۳٤) قرار دارد. میانگین هدایت الکتریکی ۲/۵۷ dS/m بود و خاک از نظر شوری در گروه خاک‌های کم‌شور (۲۰) قرار گرفت. خاک کشت‌زار به لحاظ داشتن محتوای ماده آلی پایین (کم‌تر از ۱/۵ درصد) و ذرات پیونددهنده مانند رس و همچنین کربنات کلسیم، دارای خاکدانه‌های کوچک‌تر و به نوبه خود دارای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار پایین‌تری (MWD=۱/۱ mm) بود (۵) که احتمال فروپاشی خاکدانه‌های این خاک تحت‌تأثیر باران را

افزایش داد. میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک به‌دلیل وجود ذرات درشت زیاد (شن و سنگریزه)، ۱/۵۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود. بر این اساس ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم نیز بسیار پایین (به‌ترتیب ١٤/٤٦ و ۷/۰٦ گرم بر گرم) بود. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (۱۱/۷٤ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم) و درصد سدیم تبادلی خاک (۵/۵۹ درصد) پایین بود. نفوذپذیری خاک به‌دلیل درشت بودن بافت و در نتیجه وجود منافذ درشت بیش‌تر و قرارگیری بر روی تشکیلات آبرفتی (۱۰/۲ سانتی‌متر بر ساعت) بالا بود. پایین بودن ظرفیت نگهداری آب خاک (١٤/٤٦ گرم در گرم) از یک‌سو به‌دلیل ساختمان نامناسب خاک و از سوی دیگر پایین بودن درصد ذرات رس و محتوای ماده ماده آلی خاک بود. فراوانی پایین این ذرات کلوئیدی، مقدار پایین رطوبت نقطه پژمردگی دائم (٤/۹۵ گرم در گرم) را نیز به دنبال داشت. این نتایج بیانگر محدود بودن میزان آب قابل دسترس خاک برای گیاه است.

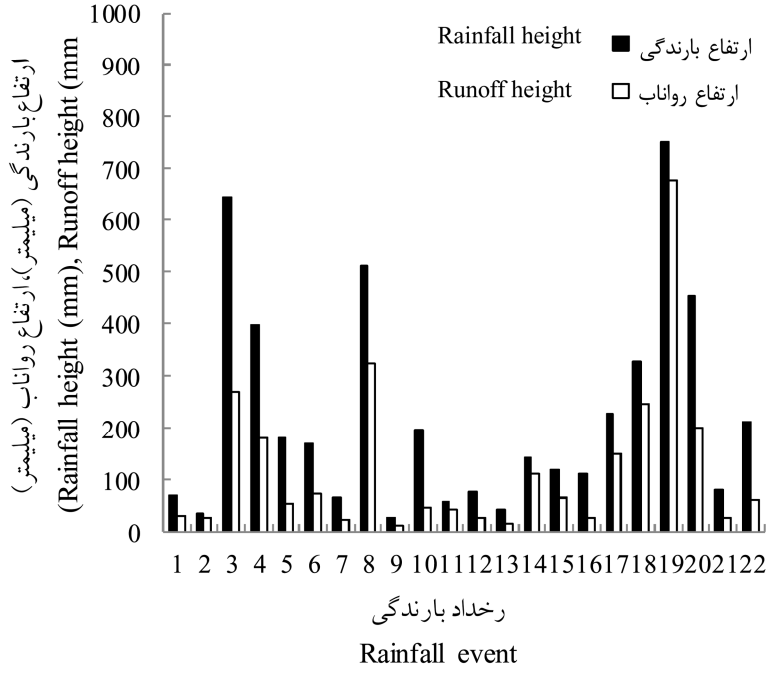
جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Some physical and chemical soil properties.

میانگین Mean	ویژگی‌های شیمیایی Chemical characteristics	میانگین Mean	ویژگی‌های فیزیکی Physical characteristics
7.52	واکنش pH	60.16	شن (٪) Sand (%)
2.57	هدایت الکتریکی (dS/m) EC (dS/m)	20.59	سیلت (٪) Silt (%)
11.74	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/100g) CEC (meq/100g)	19.25	رس (٪) Clay (%)
5.59	سدیم تبادلی (٪) Exchangeable sodium (%)	18.87	سنگریزه (٪) Gravel (%)
1.43	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	1.09	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب (mm) MWD (mm)
14.61	کربنات کلسیم معادل (٪) Calcium carbonate equivalent (%)	1.52	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3) Bulk density (g/cm^3)
		4.95	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (g/g) Permanent wilting point (g/g)
		14.46	رطوبت ظرفیت مزرعه (g/g) Field capacity (g/g)
		10.20	نفوذپذیری (cm/h) Permeability (cm/h)

تغییرات هدررفت آب و ذخیره رطوبتی خاک تحت تأثیر جهت شخم: در مجموع ٤۰ رخداد بارندگی طی دوره نه ماه پژوهش به وقوع پیوست. میانگین شدت بارانها ۱/٤۲ میلی‌متر بر ساعت بود. از بین کل رخدادهای بارندگی، تنها در ۲۲ رخداد، روان‌آب در کرت‌ها مشاهده و ثبت گردید (شکل ۲). کم‌ترین

شدتی از باران که منجر به تولید روان‌آب در کرت‌ها شد، ۰/٦٤ میلی‌متر در ساعت بود که در اوایل آبان به‌وقوع پیوست. میزان روان‌آب در کرت‌ها از ۰/۲ میلی‌متر تا ۱/۰۱ میلی‌متر تغییر کرد. بر اساس داده‌های باران و روان‌آب، متوسط ضریب روان‌آب در کرت‌های تحت شخم در جهت شیب ۰/۱۱ و در کرت‌های تحت شخم عمود بر شیب ۰/۰۷ بود. در پژوهشی گاردنر و جرارد (۲۰۰۳) با مطالعه رواناب در کرت‌های ایجاد شده در کشتزارهای دیم نشان دادند که مقدار ضریب رواناب به‌شدت تحت‌تأثیر طبیعت باران قرار داشته و از ۵ تا ۵۰ درصد تغییر می‌کند (۱۱) در پژوهش‌های واعظی و همکاران (۲۰۱٤) که در کرت‌های استاندارد در کشت‌زارهای دیم گندم انجام شده بود، کم‌ترین شدت باران منجر به روان‌آب ۲/۱۱ میلی‌متر بر ساعت گزارش گردید که منجر به تولید کم‌ترین مقدار روان‌آب ۰/۰۹ میلی‌متر شد (۳۷).



شکل ۲- مقدار بارندگی و رواناب در رخدادهای باران به وقوع پیوسته در منطقه مورد بررسی طی دوره پژوهش از اوایل مهر ۱۳۹۲ تا اوایل تیر ۱۳۹٤.

Figure 2. Rainfall and runoff height in the rainfall events occurred in the study area from October 2014 to Jun 2015.

تجزیه واریانس تأثیر جهت شخم بر هدررفت آب نشان داد که جهت شخم اثر معنی‌داری بر هدررفت آب ($P<۰/۰۰۱$) و ذخیره رطوبتی خاک داشت ($P<۰/۰۰۱$) (جدول ۲). مقدار هدررفت آب در تمام رخدادهای بارندگی در کرت‌های با شخم موازی با شیب، به‌طور میانگین ۱/٥٦ برابر بیش‌تر از کرت‌های با شخم عمود بر جهت شیب بود. میانگین رطوبت خاک طی دوره رشد، در کرت‌های تحت شخم در جهت موازی با شیب و در جهت عمود بر شیب به‌ترتیب ۵/۵۹ و ۹/۰۵ گرم در گرم بود (شکل ۳). در

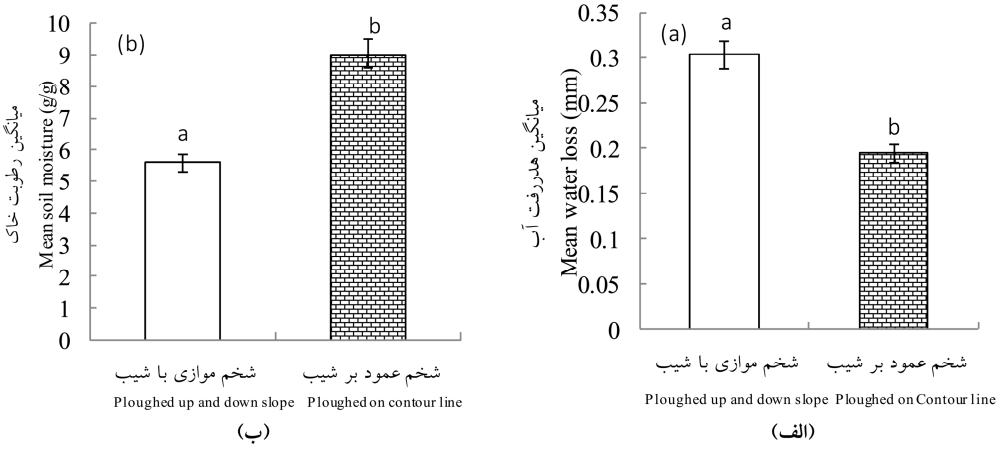
واقع شخم عمود بر جهت شیب به اندازه ٦٢ درصد بیش‌تر از شخم موازی با شیب در حفظ رطوبت خاک مؤثر بود. کاهش رطوبت خاک در کرت‌های تحت شخم مولزی شیب و نزدیکی آن به نقطه پژمردگی دایم (٤/٩٥ گرم در گرم) بیانگر بروز تنش خشکی شدید در گندم دیم بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس هدررفت آب و محتوای رطوبت خاک در جهت‌های مختلف شخم.

Table 2. Analysis of variance for Water loss and soil moisture in the plough directions.

معنی‌داری Significance	F	میانگین مربعات Mean square	متغیر Variable
0.000	163.713	0.071	هدررفت آب Water loss (mm)
0.000	156.079	71.947	محتوای رطوبتی خاک Soil moisture (g/g)

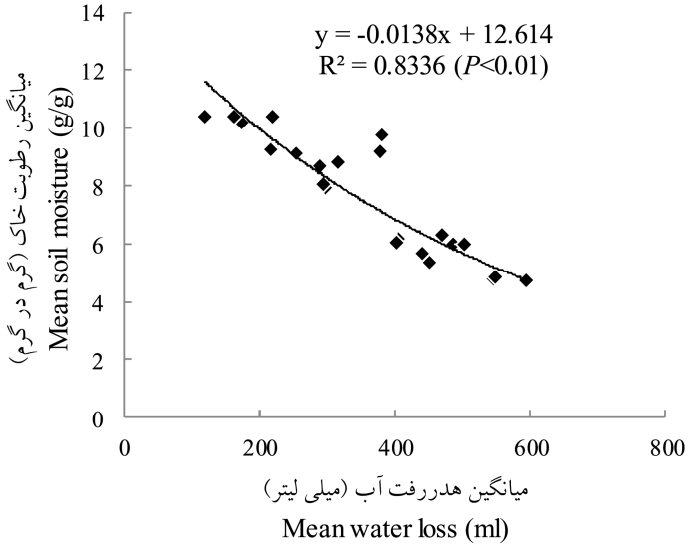
در شخم عمود بر جهت شیب که در آن ردیف‌های کشت عموماً روی خطوط تراز قرار دارند به‌دلیل وجود پشته‌هایی به ارتفاع افزایش زبری سطح، جریان سطحی در شیارها متوقف و در نتیجه از هدررفت آب جلوگیری شد. این رویداد در ظرفیت جذب و نگه‌داری رطوبت خاک اثر به‌سزایی داشت (شکل ۳). در پژوهشی بیات‌موحد و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که اعمال شخم در جهت عمود بر شیب تا حد زیادی از فرسایش خاک و هدررفت مواد آلی جلوگیری می‌نماید و این امر در افزایش حاصلخیزی و ظرفیت جذب و نگه‌داری رطوبت خاک نقش دارد (۳). در پژوهشی لامپورلانز همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که نوع خاک‌ورزی بر بخش مهمی از خصوصیات خاک از قبیل دما، ذخیره و پراکنش رطوبت در خاک تأثیر می‌گذارد (١٦). ندیای و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که ضریب روان‌آب به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای در شخم موازی با شیب بیش‌تر از شخم عمود بر جهت شیب می‌باشد و همچنین شخم در جهت موازی با شیب به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش ظرفیت ذخیره آب سطحی می‌گردد (۲۷).



شکل ۳- تأثیر جهت شخم بر محتوای رطوبت خاک (الف) و هدررفت آب (ب).

Figure 3. The effect of plough direction on the soil water content (a) and water loss (b).

وابستگی ذخیره رطوبتی خاک به هدررفت آب: رابطه‌ای معنی‌دار بین ذخیره رطوبتی خاک و هدررفت آب در کرت‌های تحت کشت گندم وجود داشت (R^2=۰/۸۳ ،P<۰/۰۱) (شکل ٤). جهت شخم با تأثیر بر هدررفت آب، در محتوای رطوبتی خاک مؤثر بود به‌طوری‌که با افزایش هدررفت آب، ذخیره رطوبتی خاک به‌طور خطی کاهش یافت. این رابطه بیانگر آن است که حدود ۸۳ درصد تغییرات رطوبت خاک در کرت‌ها، توسط تغییرات هدررفت آب تبیین می‌شود. گزارش‌ها نشان می‌دهد که ارتباط بین هدررفت آب و ذخیره رطوبتی خاک یک فرآیند پیچیده است که درک آن نیازمند شناخت پدیده‌های مؤثر بر ایجاد روان‌آب است (۱۹). در مناطقی که کمبود رطوبت خاک مشاهده می‌شود، نوع سیستم خاک‌ورزی می‌تواند با کاهش هدررفت آب، نفوذ آب به خاک را افزایش دهد و باعث بهبود ذخیره رطوبتی خاک شود (۷). اگرچه خاک کشت‌زار مورد بررسی دارای درجه شوری پایین (۲/۵۷ dS/m) بود، اما کاهش ذخیره رطوبتی در کشت‌های موازی شیب، عاملی مهم در افزایش تنش شوری در گیاه بود که به نوبه خود در کاهش عملکرد گندم می‌توانست مؤثر باشد.



شکل ٤- رابطه بین رطوبت خاک و هدررفت آب در کرت‌های مورد بررسی.

Figure 4. Relationship between soil water content and water loss in the plots.

تفاوت عملکرد و اجزای عملکرد تحت‌تأثیر جهت شخم: نتایج تجزیه واریانس تفاوت عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد در دو جهت شخم نشان داد که جهت شخم اثری معنی‌دار بر وزن کل بوته‌ها (P<۰/۰۱)، ارتفاع بوته‌ها (P<۰/۰۱)، تعداد دانه در سنبله (P<۰/۰۱)، وزن هزاردانه (P<۰/۰۰۱) و عملکرد دانه (P<۰/۰۰۱) داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج، میزان عملکرد دانه، وزن هزاردانه، وزن کل بوته‌ها، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته‌ها در کشت عمود بر شیب نسبت به کشت موازی با شیب به‌ترتیب به اندازه ۱/٦۸، ۱/۷۸، ۱/۱۹، ۱/۲۳ و ۱/۱٤ برابر بیش‌تر بود (شکل ۵). این نتایج به‌دلیل تأثیر مستقیم جهت شخم بر هدررفت آب و ذخیره رطوبتی خاک بود. نتایج یک مطالعه در اتیوپی نشان داد که

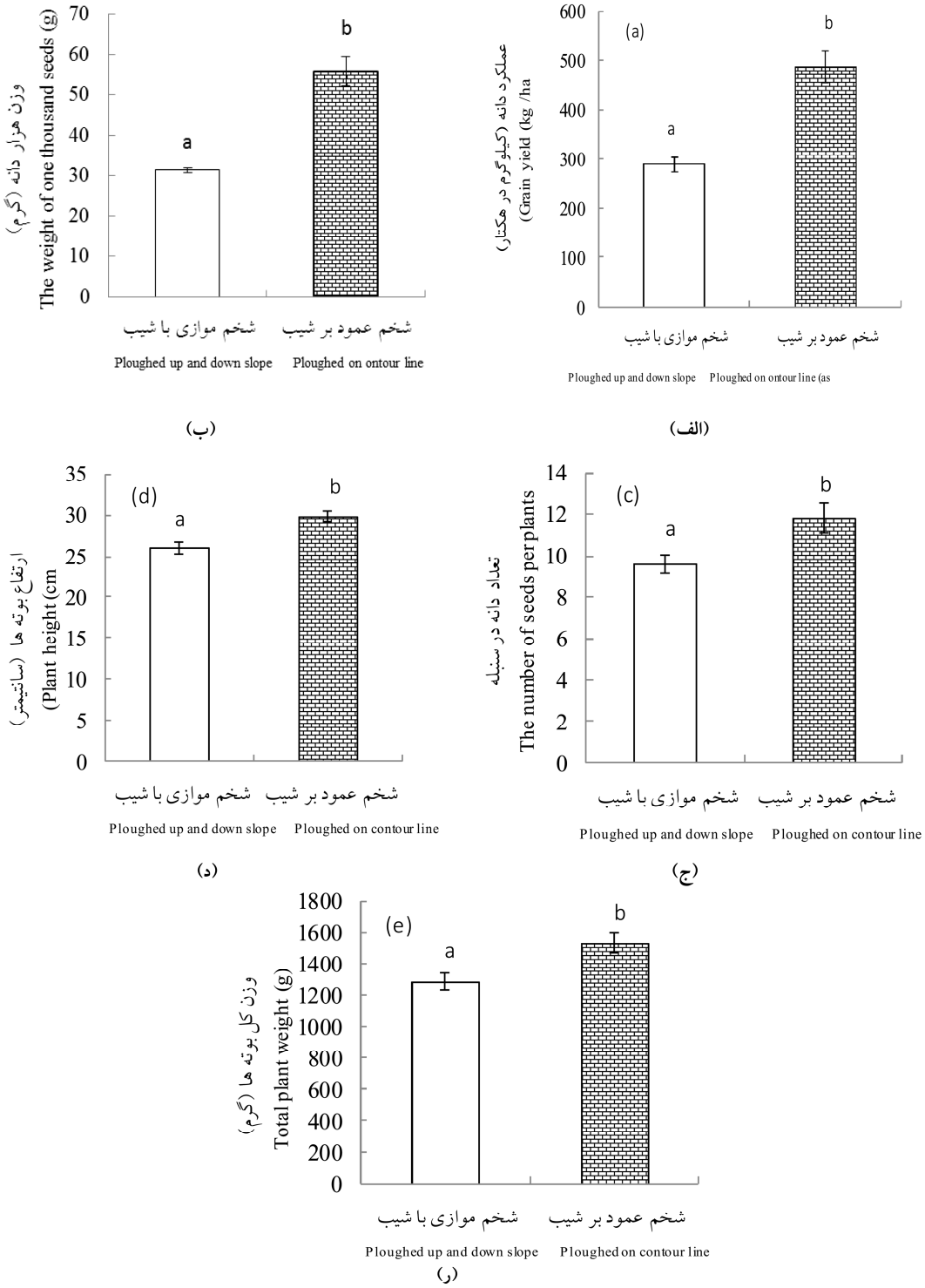
اعمال تیمارهای خاک‌ورزی مناسب می‌تواند تا ۵۱ درصد افزایش عملکرد گندم را به همراه داشته باشد (١٦). در پژوهشی زرین‌آبادی و همکاران (٢٠١٤) نشان دادند که میانگین عملکرد گندم دیم در شخم عمود بر شیب در مقایسه با شخم موازی با شیب، ١/٢٤ برابر افزایش یافت (٤١). تفاوت عملکرد دانه بین کرت‌های با شخم موازی و عمود به‌دلیل تأمین بخشی از نیاز آبی گیاه طی دوره رشد و در نتیجه افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه در کرت‌های تحت شخم عمود بر شیب بود. در کنار این موضوع، شخم به نوبه خود نقشی مهم در هدررفت خاک و عناصر غذایی و در نتیجه باروری خاک دارد (٢٥). افزایش فرسایش خاک به‌ویژه از نوع فرسایش شیاری در کرت‌های تحت کشت موازی شیب همگام با افزایش هدررفت آب، عاملی مؤثر در کاهش باروری خاک در آن‌ها می‌باشد.

وابستگی عملکرد دانه گندم به ذخیره رطوبتی خاک: رابطه‌ای معنی‌دار بین عملکرد دانه گندم و ذخیره رطوبتی خاک مشاهده گردید ($P<$۰/۰۱، $R^2=$۰/٤٤) (شکل ٦). در واقع حدود ٤٤ درصد از تغییرات عملکرد گندم در کرت‌ها توسط میزان ذخیره آب در خاک قابل تبیین بود. این نتایج بیانگر آن است که در کنار آب که مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گندم در کشت دیم می‌باشد، ممکن است عوامل محیطی دیگر نیز در تعیین عملکرد گندم نقش ایفاء کنند. وجود آب در خاک با افزایش سهولت انتقال عناصر غذایی موجود در خاک، باعث باروری تعداد بیش‌تری دانه در سنبله و پرشدن بهتر آن‌ها پس از گلدهی شد. در مرحله رشد زایشی و تشکیل دانه و سنبله که در اواسط بهار انجام گرفت به‌دلیل همزمان بودن با بارندگی‌های فصلی، افزایش ذخیره رطوبتی خاک به‌دلیل نوع مدیریت شخم و کشت، موجب گردید وزن هزاردانه و عملکرد دانه افزایش یابد. مطالعات متعددی نشان داده است که با بهبود فراهمی رطوبت خاک می‌توان عملکرد بیش‌تری از کشتزار دیم به‌دست آورد. به‌عنوان نمونه موهانتی و همکاران (٢٠٠٧) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که عملکرد محصول در شخم عمود بر شیب به‌طور چشم‌گیری به‌دلیل ذخیره بیش‌تر رطوبت در خاک از شخم متداول بیش‌تر است (٢٣).

جدول ۳– تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم در جهت‌های مختلف شخم.

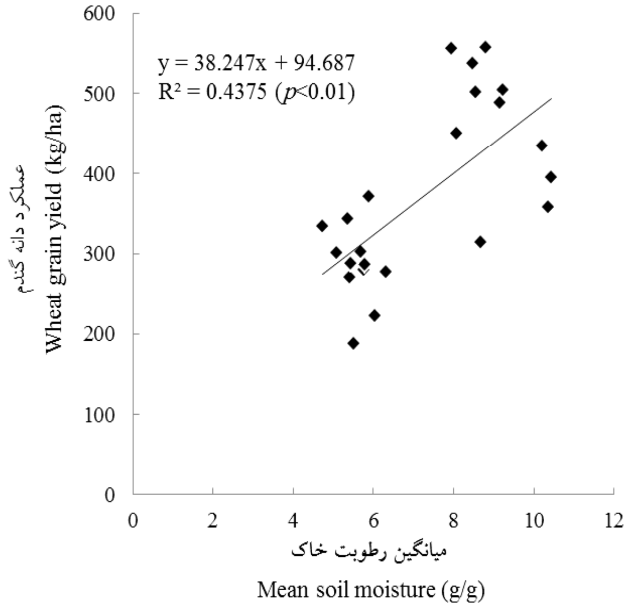
Table 3. Analysis of variance for wheat grain yield and yield components in the plough directions.

معنی‌داری Significance	F	میانگین مربعات Mean square	متغیر Variable
0.007	8.952	388112.667	وزن کل بوته‌ها Total plant weight
0.001	14.656	85.315	ارتفاع بوته‌ها Plant height
0.015	6.919	30.375	تعداد دانه در سنبله The number of seeds per plant
0.000	40.899	3611.307	وزن هزاردانه The weight of one thousand seeds
0.000	30.372	237758.117	عملکرد دانه Grain yield



شکل ۵- مقایسه بین دو جهت شخم از نظر عملکرد گندم (الف)، وزن هزاردانه (ب)، تعداد دانه در سنبله (ج)، ارتفاع بوته (د) و وزن کل بوته (ر).

Figure 5. Comparison between two plough directions in wheat grain yield (a), the thousand seeds weight (b), number of seeds per plant (c), plant height (d) and total plant weight (e).



شکل ٦- رابطه بین رطوبت خاک بر عملکرد دانه گندم دیم در کرت‌های تحت کشت.

Figure 6. Relationship between wheat grain yield and soil water content in the cultivated plots.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش نشان داد که جهت شخم و کشت، نقشی مؤثر در هدررفت آب در کشتزار دیم گندم در منطقه نیمه‌خشک دارد. در کشت موازی شیب، به‌دلیل کاهش فرصت نفوذ آب هدررفت آب به‌شدت افزایش می‌یابد. این موضوع به نوبه خود هدررفت خاک و عناصر غذایی را می‌تواند به دنبال داشته باشد. با انجام کشت روی خطوط تراز، زمان ماندگاری بارش‌های آسمانی روی سطح خاک و در نتیجه فرصت نفوذ افزایش می‌یابد. این موضوع افزایش ذخیره رطوبتی خاک و در نتیجه تأمین بخشی از نیاز آبی گندم در شرایط دیم را در پی دارد به‌طوری‌که رابطه‌ای مستقیم بین میزان عملکرد دانه گندم و محتوای رطوبتی خاک وجود دارد. افزایش عملکرد دانه در کشت روی خطوط تراز، به واسط افزایش رشد رویشی گیاه و افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش وزن هزاردانه می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده نقش بارزتر افزایش وزن دانه‌های گندم در افزایش عملکرد دانه می‌باشد. این نتایج بیانگر آن است که جهت شخم و کشت، یک اقدام مدیریتی مهم در نگهداشت بارش‌های آسمانی و افزایش ذخیره رطوبتی خاک در کشت‌زارهای دیم گندم در منطقه نیمه‌خشک می‌باشد. اهمیت انجام شخم عمود بر شیب در شرایطی (مکانی یا زمانی) که میزان بارش‌های آسمانی کم‌تر می‌باشد، بارزتر خواهد بود.

منابع

1.Akbari, S., and Vaezi, A.R. 2015. Investigating aggregates stability against raindrops impact in some soils of a semi-arid region, north west of Zanjan. Water and Soil Science. 25: 2. 65-77. (In Persian)

2.Asghari Meidani, J., Karimi, E., and Mousavi, S.B. 2012. Tillage Effects on Wheat Yield and Soil Water Content and Bulk Density in Dryland Wheat - fallow Rotation, in Maragheh. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water and Soil Science. 16: 60. 119-129.

3.Bayat Movahed, F., Nicknami, D., and Shami, H. 2009. Studing Solutions for reducing soil erosion drylands. Engineering and Management of Watersheds Magazine. 1: 4. 275-279. (In Persian)
4.Black, C.A. 1965. Method of soil analysis. Part I and II. Amer. Soc. Agron. Inc. Madison, Wiscosin, USA, 770p.
5.Boujila, A., and Gallai, T. 2008. Soil organic carbon fraction and aggregate stability in carbonated and non- carbonated soils in Tunisia. J. Agron. 7: 127-137.
6.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.
7.Dastfal, M., Izadi, M.H., and Yazdanpanah, M. 2009. Effect of conservation tillage as a solution for water management in drought conditions. New Ideas in Agriculture Conference. Pp: 117-122.
8.Day, R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. P 566-595, In: C.A. Black (Eds.), Methods of soil analysis. Part 1. Ser. NO 9. ASA. Madison. WS.
9.Devita, P., Dipaolo, E., Fecondo, G., Difonzo, N., and Pisante, M. 2007. No tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research. 92: 69-78.
10.Emam, Y. 2007. Cereals Production. (3rd ed.). Shiraz University Press, 190p. (In Persian)
11.Gardner, R.A.M., and Gerrard, A.J. 2003. Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal. Applied Geography. 23: 23-45.
12.Hasheminasab, F., Mousavi beygi, M., Bakhtiari, B., and Bannayan, M. 2014. The Effects of rainfall on dryland wheat yield and water requirement satisfaction index at different time scales. Irrigation and Water Engineering. 5: 17. 1-13.
13.Kebede, F., and Bekelle, E. 2008. tillage effect on soil moisture storage and wheat yield on the vertisols of North Central Highlands of Ethiopia. Ethiopian J. Environ. Stud. Manage. 1: 2. 49-55.
14.Khurshid, K., Iqbal, M., Arif, M.S., and Nawaz, A. 2006. Effect of tillage and mulch on soil physical properties and growth of maize. Int. J. Agric. Biol. 5: 593-596.
15.Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1 (Physical and Mineralogical Methods). Am. Soc. Agron. Madison. WI.
16.Lampurlanes, J., Angas, P., and Martines, C. 2001. Root growth soil water content and yield of barely under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. Field Crops Research. 69: 27-40.
17.Larson, W.E., Swan, J.B., and Shaffer, M.J. 1983. Soil management for semiarid regions. Agricultural Water Management. 7: 89-114.
18.Loghmani, A., Asodar, M.A., Nuryabi, H., and Abrosh, A. 2010. The effect of tillage systems and weed control on wheat yield in Dezful. Islamic Azad University of Ahvaz. 4: 99-109.
19.Malekian, A., Mohseni, M., and Mahdavi, M. 2004. Performance of curve number method for determining the depth of runoff. Iran. J. Natur. Resour. 57: 4. 621-633.
20.Malekuti, M.J., Keshavarz, P., Saadat, S., and Khaladbarin, B. 2002. Plants nutrition under saline conditions. 233p. Sana Press. (In Persian)
21.Mejahed, K., and Sander, D.H. 1998. Rotation, tillage and fertilizer effects on wheat-based rain feed crop rotation in semiarid Morocco. Proceeding of third European conference on grain legumes. Opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands. Valladolid, Spain, Pp: 442-454.
22.Ministry of Agriculture Jihad. 2014. Department of Planning and Economy, Bureau of Statistics and Information Technology. Available at the: http://dbagri.maj.ir.
23.Mohanty, M., Bandyopadhyay, D., Painuli, P., Ghosh, A., Misra, K., and Hati, M. 2007. Water transmission characteristics of a Vertisol and water use efficiency of rain fed soybean (Glycine max (L.) Merr.) Under subsoiling and manuring. Soil Till. Res. J. 93: 420-428.

24.Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation. Third edition, BlachWell Publishing Ltd, 1-3, 200-210. ISBN: 1-4051-1781-8.
25.Nargish, P. 2012. Influence of mouldboard ploughing and shallow tillage on soil physical properties and crop performance. M.Sc. Thesis, Soil Science. SLU, Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences.
26.Naseri, A., and Mozafari, M. 2008. Effect of tillage practices on soil infiltration rate in a wheat field. 2nd National Conference on Agricultural and Ecological, Iran, University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
27.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.
28.Nelson, D.W., and Kladivko, E.J. 1979. Surface runoff from sludge- amended soils. J. Water Poll. Control Fed. 51: 100-110.
29.Page, M.C., Sprrks, D.L., and Noll., M.R. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release frome sandy middle Atlantic coastal. Plain Soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 1460-1465.
30.Rashidi, M., and Keshavarzpour, F. 2007. Effect of different tillage methods on soil physicals properties and crop yield of watermelon (*citrullus vulgaris*). ARPN J. Agric. Biol. Sci. 2: 6. 1-6.
31.Rafahi, H., Azadegan, B., Shaholi, S., and Tabatabaeifar, A. 1999. The effect of tillage yield with moldboard plow in motion and displacement of soil in the sloping agricultureal land (the method of metal). Iran. J. Agric. Sci. 3: 1. 751-759. (In Persian)
32.Shabani, A., Haghnia, Gh., Karimi, A., and Ahmadi, M. 2012. Influence of topography and soil characteristics on the rainfed wheat yield in Sisab, north eastern Iran. J. Water Soil. 26: 4. 922-932.
33.Shamabadi, Z. 2013. The effect of reduced tillage methods on energy efficiency and yield of wheat. J. Soil Water Cons. 1: 3. 69-77.
34.Tan, K.H. 2005. Soil sampling preparation and Analysis. 2nd edition. Taylor and Francis/ CRC press, Boca Raton, FL.
35.Tarkalson, D.D., Hergerty, G.W., and Cassmanz, K.G. 2006. Long-term effects of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dryland Winter wheat-Sorghum/Corn- Fallow Rotation in the Great Plains. Agron. J. 98: 26-33.
36.USDA. 1972. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Report No 1: 63p.
37.Vaezi, A.R. 2014. Modeling runoff from semi-arid agricultural lands in northwest Iran. Pedosphere. 24: 5. 595-604.
38.Wahbi, A., and Sinclair, T.R. 2005. Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate. Field Crops Research. 91: 2-3. 287-296.
39.Walkly, A., and Black, I.A. 1934. An examination of digestion methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration. Soil Sci. Soc. Amer. J. 37: 29-38.
40.Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis and a study of a physical nature of erosion losses. J. Amer. Agron. 28: 337-351.
41.Zarinabadi, A. 2014. Soil erosion and yield of wheat under the influence of plow direction in the slope varying degrees. M.Sc. Thesis, Agriculture Faculty. Zanjan University. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(6), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Water retention and wheat grain yield as affected by plough direction in a semi-arid rainfed land in west of Zanjan

***A.R. Vaezi[1] and L. Piri Moghaddam[2]**
[1]Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Zanjan
Received: 11/29/2015; Accepted: 05/08/2016

Abstract

Background and Objectives: The availability of water is the most important factors controlling the soil productivity in arid and semi-arid regions. In this area, crop yield is strongly affected by precipitation and water retention in the soils. The application of soil management practices can be suitably control surface runoff and enhance water retention in soil. Tillage as the major tool of soil management practices can affect the runoff production and soil erosion and therefore can influence the availability of water and crop yield in the rainfed lands. Yet, in most semi-arid areas, rainfed lands are ploughed up and down slope, a practice that decline water retention by declining the opportunity of water infiltration in to soil. Although various studies have been done to determine the effect of tillage methods on water conservation and crop yield worldwide, little information is available on the role of plough direction on the water retention and crop yield in wheat rainfed lands in semi-aria areas, particularly in Iran. Therefore this study was conducted to determine the effects of two plough directions (up and down slope and contour line) on soil water content during the growth period and grain yield of wheat in a semi-arid rainfed land in Iran.

Materials and Methods: The study was carried out in a rainfed lands with slope steepness of 10% and clay loam soil in west of Zanjan, north western Iran in 2015. Winter wheat was cultivated in two directions consisted of 1) up and down slope (as conventional tillage) and 2) contour line (as conservation tillage) early October 2014. A total of twenty four plots, with 1.75 m × 8 m dimensions were designed on the land after cultivation. Soil water content was determined in three core samples taken from the rhizosphere in each plot in 5-day interval during the growth period from October 2014 to Jun 2015. Grain yield and yield components of wheat were determined by collecting all crops of plot surface at the harvesting time (Jun). Analysis of variance and the Duncan's test were conducted for data of soil water content and grain yield of wheat. Statistical analysis was conducted using SPSS 21 software.

Results: Mean soil water content during the growth period in the contour plots (9.1%) was 62% more than the up and down slope plots (5.6%). This difference was statistically significant ($P<0.001$). Wheat grain yield differed significantly between two plough directions ($P<0.001$). It was 67% in the contour plots more than up and down slope cultivated plots. In addition, significant differences were also found between the two plough directions in wheat yield components i.e. crop height ($P<0.01$), number of grains per spike ($P<0.05$), 1000 grain weight ($P<0.001$) and biological yield ($P<0.01$). Wheat grain yield was significantly related to soil water content ($R^2=0.43$, $P<0.01$). With an increase in soil water content, wheat grain yield considerably increased in the plots.

Conclusion: This study showed that the plough direction is the major factor controlling soil water content in rainfed wheat farms. In the plots ploughed on the contour line, the opportunity of rainwater to infiltrate into the soil is very high. This factor is the most important factor controlling wheat yield under rainfed condition. Increased wheat grain yield under the contour lines cultivation could be attributed to increase in yield components which in turn were influenced by increase soil water content. With regarding these results, application of contour line ploughing method in the rainfed lands of sloped area could be substantial strategy to decline water loss and enhance crop yield in semi-arid regions.

Keywords: Crop yield components, Tillage method, Contour line, Soil water content

* Corresponding Author; Email: vaezi.alireza@gmail.com