

تأثیر فاصله ردیف کشت و جهت خاکورزی بر هدررفت آب و خاک در اراضی دیم

علی رضا واعظی^{۱*}، مجید باقری^۲، علی رضا خانجانی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶)

چکیده

تعیین فاصله ردیف کشت مناسب برای هر یک از جهت‌های کشت برای جلوگیری از هدررفت آب و خاک در کشتزارهای دیم حائز اهمیت است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر هم‌زمان جهت و فاصله ردیف کشت در کشتزار دیم گندم در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت. برای این منظور ۱۲ کرت به ابعاد ۵ × ۵ مترمربع برای بررسی اثر دو جهت خاکورزی (موازی شیب و روی خطوط تراز) و دو فاصله ردیف (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) در اوایل پاییز ۱۳۹۴ احداث شد. هدررفت آب و خاک پس از باران طبیعی منجر به رواناب طی دوره رشد گندم (از مهر ۱۳۹۴ تا تیر ۱۳۹۵) اندازه‌گیری شد. پس از پایان هر رگبار، حجم مخلوط رواناب و رسوب در مخزن انتهایی کرت اندازه‌گیری و غلظت رسوب تعیین شد. تحلیل داده‌ها نشان داد که جهت و فاصله ردیف کشت هر دو اثری معنی‌دار بر هدررفت آب و خاک داشتند ($p < 0.001$). هدررفت آب و خاک در کشت روی خطوط تراز به ترتیب ۵/۹ و ۳/۵ برابر کم‌تر از کشت موازی شیب و در فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متری به ترتیب ۴۷ و ۳۴ درصد کم‌تر از فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متری بود. در کشت روی خطوط تراز با فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متری در مقایسه با کشت موازی شیب با فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متری، هدررفت آب و خاک به ترتیب ۲/۶ برابر و ۹۰/۳ درصد کاهش یافت. نقش خاکورزی روی خطوط تراز با فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متر در کاهش هدررفت آب و خاک در اوایل دوره کشت (آبان) بیش‌تر از دوره‌های دیگر بود. در این دوره پوشش گیاهی کافی روی سطح خاک تشکیل نشده و نقش پشته‌های خاک در حفظ آب بیشتر بود. این پژوهش نشان داد که کشت روی خطوط تراز و با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر راهکاری مؤثر در مهار هدررفت آب و خاک در کشتزارهای دیم است.

واژه‌های کلیدی: باران طبیعی، دوره رشد گندم، کشت موازی شیب، کشت روی خطوط تراز، منطقه نیمه‌خشک

واعظی ع.ر.، باقری م.، خانجانی ع. ر. ۱۳۹۹. تأثیر فاصله ردیف کشت و جهت خاکورزی بر هدررفت آب و خاک در اراضی دیم. مجله تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۱. صفحه: ۷۹-۹۱.

۱- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان (مکاتبه کننده)

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

* پست الکترونیک: vaezi.alireza@gmail.com

مقدمه

خطی کار جهت خاکورزی محصولات در فواصل ردیف کشت می‌باشد. منظور از فاصله ردیف کاشت، فاصله یک شیار کشت تا شیار کشت مجاور می‌باشد. کیفیت این دستگاه‌ها بسته به نوع موزع‌ها، نوع شیار بازن، تعداد ردیف‌ها و فاصله بین آن‌ها، نوع پوشاننده و نوع چرخ‌های فشار دهنده متفاوت است (Hydari & Eskandari., 2013). خطی کارهایی که در زراعت دیم به کار برده می‌شوند، دارای ویژگی‌های فنی متفاوتی بوده که با تأثیر بر عمق جاگذاری بذر و کود، فشردگی خاک و رطوبت بستر بذر، بر هدررفت آب و خاک و در نتیجه عملکرد اثر می‌گذارند. در زراعت دیم بیش‌تر از خطی کارهایی با چرخ‌های انتهایی استفاده می‌شود که دارای انواع مختلفی از نظر ایجاد فاصله ردیف کشت می‌باشند؛ به طوری که فاصله ردیف‌های کشت در خطی کار نه ردیفی ۲۵ سانتی‌متر، در خطی کار ۱۱ ردیفی ۲۰ سانتی‌متر و در خطی کار ۱۳ ردیفی ۱۷ سانتی‌متر می‌باشد. اگر فاصله ردیف بیش از اندازه کم باشد، گیاهان دچار تنش سایه‌اندازی متقابل می‌شوند. علاوه بر این، عملکرد ممکن است در فاصله‌های باریک به دلیل افزایش رقابت گیاهان در جذب آب و مواد غذایی کاهش یابد (Das & Yaduraju., 2011). بررسی‌ها نشان می‌دهد که فاصله ردیف بر محتوای آب خاک و مصرف آب گندم زمستانه نقش بارزی دارد به طوری که تحت تأثیر فاصله ردیف کشت قرار گرفت ($p < 0.05$) به طوری که با افزایش فاصله ردیف کشت از ۷ به ۲۴/۵ سانتی‌متر کارایی بهره‌وری آب بارندگی از ۲۱/۰۹ به ۲۱/۸۹ کیلوگرم بر میلی‌متر در هکتار افزایش یافت (Zhou et al., 2011). طبق مطالعات انجام شده در نپال، با افزایش فاصله ردیف کشت از ۱۵ به ۲۵ سانتی‌متر میزان عملکرد گندم افزایش یافت (Bisheshwor et al., 2013). پژوهشی طی دو سال متوالی در پاکستان نشان داد که با افزایش فاصله ردیف کشت گندم از ۱۱ به ۲۳ سانتی‌متر عملکرد افزایش و رشد علف هرز کاهش پیدا کرد (Shah et al., 2015). بررسی‌ها در مورد اثرات فاصله ردیف و بذر در کشت ذرت نشان داد که با کاهش فاصله ردیف کشت از ۵۰ به ۳۰ سانتی‌متر، بیش‌ترین کارایی مصرف آب مشاهده می‌شود (Welde & Gebremariam., 2016).

سیستم‌های مدیریت اعمال شده توسط کشاورزان نقشی حیاتی در کاهش فرسایش در روی زمین‌های شیب‌دار کشاورزی ایفا می‌کند (Morgan, 2005). یکی از سیستم‌های مدیریتی خاک، استفاده از خاکورزی‌های حفاظتی است این روش باعث کاهش فرسایش و افزایش مقدار آب قابل استفاده گیاه می‌شود (Gagri et al., 2002). این کار شامل روش‌های کشت بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی پشته، کشت نواری، خاک‌ورزی خاک‌پوش و حداقل خاک‌ورزی است. رطوبت خاک، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب توسط روش‌های خاک‌ورزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Ma et al., 2015). خاکورزی مرسوم در مقایسه با روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی کارایی کم‌تری دارد اما به دلیل محدودیت استفاده از شیوه‌های خاک‌ورزی حفاظتی، هم‌چنان به گستردگی توسط کشاورزان انجام می‌گیرد. کارایی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی زمانی آشکار می‌شود که عملیات خاک‌ورزی در جهت خطوط تراز انجام گیرد. با این حال در بسیاری از موارد، هم‌چنان خاک‌ورزی به ویژه به صورت خاک‌ورزی مرسوم به موازات شیب انجام می‌گیرد. در پژوهش‌های متعدد به اهمیت روش و جهت خاک‌ورزی در حفظ آب و خاک اشاره شده است. بررسی اثر جهت شخم بر فرسایش خاک در اراضی شیب‌دار نشان دادند که شخم عمود بر شیب باعث افزایش عملکرد محصول و کاهش تولید رواناب و هدررفت خاک می‌شود (Nikkami et al., 2008). تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کشت در هدررفت خاک گندم دیم در مناطق نیمه‌خشک هند طی دوره ۱۰ سال نشان داد که کشت با ایجاد پشته روی خطوط تراز، کشت بدون خاک‌ورزی و افزایش زبری سطح با خاک‌پوش کاه و کلش، مقدار رواناب را در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب ۶۹/۴، ۱۶/۲ و ۵۹/۶ درصد کاهش و مقدار هدررفت خاک را به ترتیب ۷۸/۳، ۳۷/۲ و ۷۰/۹ درصد کاهش داد (et al., 2014). بررسی‌ها در کشتزارهای با شیب مختلف در منطقه نیمه‌خشک نشان داد که مقدار هدررفت آب در روش شخم موازی شیب نسبت به شخم عمود ۵/۵ برابر بیش‌تر بود (Zarinabadi & Vaezi., 2015). از دیگر روش‌های مدیریتی خاک استفاده از دستگاه‌های

گندم، ۱/۵ تن در هکتار است (Ministry of Agriculture Jihad, 2015). در این اراضی برای تولید گندم از شخم با گاوآهن برگردان دار و از دستگاه‌های خطی کار نه و ۱۱ ردیفی استفاده می‌شود. ارائه راهکاری اقتصادی برای حفظ آب و خاک و دستیابی به عملکرد محصول بالا در اراضی اجتناب‌ناپذیر است.



الف (A)



ب (B)

شکل ۱- نمایی از کشت گندم توسط دستگاه خطی کار نه ردیفی (الف) و نمایی از کشت گندم توسط دستگاه خطی کار ۱۱ ردیفی (ب)

Figure 1. A view of wheat cultivation by linear machine at 9-row (A) and 11-row (B)

پیاده‌سازی کرت‌های آزمایشی

برای بررسی اقدامات حفاظتی اقتصادی، آزمایش مزرعه‌ای در ۱۲ کرت با چهار تیمار مدیریتی شامل: دو فاصله ردیف کشت (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) و دو جهت خاکورزی (موازی و خطوط ترار) در کرت‌های آزمایشی به ابعاد پنج در ۱/۵ متر با سه تکرار به صورت طرح بلوک خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.

گندم مهم‌ترین محصول کشاورزی تحت کشت در جهان و ایران است (Faostat., 2015). از بین ۲۲۰ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت گندم دیم در جهان، سهم ایران ۶/۵ میلیون هکتار بوده که از این مقدار چهار میلیون هکتار در مناطق نیمه‌خشک (حدود ۳۹ درصد سطح کشور) قرار دارد (Emam., 2007). محتوای کم آب خاک به‌عنوان مهم‌ترین خطر زیست محیطی برای تولید گندم در شرایط دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Gozubuyuk et al., 2015). در حال حاضر حفاظت از آب باران رسیده به خاک و افزایش محتوای آب خاک به‌ویژه در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک از اقدامات مهم کشاورزی در اراضی دیم بوده که موجب کاهش هدررفت آب و خاک می‌شود. اهمیت این موضوع در کشتزارهای دیم گندم که غالباً در نیمه‌خشک قرار دارند، بسیار زیاد است. استفاده از روش‌های ساده خاکورزی برای حفاظت آب و خاک و افزایش تولید محصول در این مناطق می‌تواند مؤثر باشد. تغییر فاصله ردیف کشت و جهت خاکورزی از جمله روش‌های ساده حفاظت آب و خاک می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بنابراین این پژوهش به هدف بررسی نقش فاصله ردیف کشت و جهت خاکورزی بر مقادیر هدررفت آب و خاک در طول فصل رشد گندم دیم در منطقه نیمه‌خشک در استان زنجان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی

این پژوهش در کشتزاری دیم در محدوده دانشگاه زنجان با شیب یکنواخت ۱۰ درصد در طول فصل زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. موقعیت منطقه بین عرض جغرافیایی $35^{\circ} 25' 45''$ و $37^{\circ} 15' 24''$ شمالی و طول جغرافیایی $47^{\circ} 1' 12''$ و $49^{\circ} 52' 37''$ شرقی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش ۲۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک است. طبق آمار سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان، از مجموع ۵۱۰ هزار هکتار کشت گندم، بیش از ۵۷ درصد به کشت گندم دیم اختصاص دارد که ارقام سرداری و آذر ۲ بیش‌ترین مساحت سطح زیر کشت بوده که متوسط عملکرد ارقام

(Ngetich *et al.*, 2014) از داخل مخزن‌ها بعد از مخلوط کردن توسط هم‌زن دستی و ایجاد یک محلول همگن، نمونه‌گیری شد و به روش فیلتراسیون با کاغذ صافی واتمن ۴۲ (Vaezi *et al.*, 2008) و قرار دادن رسوب در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت بر حسب گرم بر مترمربع اندازه‌گیری شد.



(الف) (A)



(ب) (B)

شکل ۲- کرت‌های تحت شخم موازی شیب مجهز به مخزن جمع‌آوری رواناب و رسوب (الف) و ابزارهای اندازه‌گیری رواناب (ب)

Figure 2. A view of the study plots tilled along slope and equipped with runoff and sediment collecting tank (A) and runoff measuring tools (B)

تجزیه آماری

پیش از تحلیل‌های آماری، توزیع آماری داده‌ها از نظر نرمال بودن با استفاده از آماره‌های چولگی و کشیدگی بررسی شد. برای بررسی تغییرات هدررفت آب و خاک در رخدادهای بارندگی در هر دو روش مدیریتی (فاصله

در نیمی از کرت‌ها (شش کرت)، شخم و کشت موازی شیب و در نیمی دیگر (شش کرت)، شخم و کشت در جهت خطوط تراز انجام گرفت. گندم رقم سرداری به وسیله دستگاه خطی‌کار ۱۱ ردیفی به فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متر و دستگاه خطی‌کار نه ردیفی به فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متر با عمق کاشت چهار تا شش سانتی‌متر در دو جهت خاکورزی (موازی و خطوط تراز) در اواسط مهرماه ۱۳۹۴ کشت شد؛ به طوری که کرت‌ها در راستای شیب در نظر گرفته شد و پیرامون آن با استفاده از پشته‌های خاکی بسته شد (شکل ۱).

تعیین ویژگی‌های خاک کشتزار

نمونه‌های خاک کشتزار از بخش‌های مختلف زمین از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در ابتدای فصل رشد و پیش از کاشت برداشت شد. ویژگی‌های خاک شامل فراوانی رس، سیلت و شن به روش هیدرومتر (Gee *et al.*, 1986)، درصد سنگریزه به وسیله الک دو و هشت میلی‌متر، چگالی ظاهری به روش سیلندر فلزی (Gee *et al.*, 1986)، نفوذپذیری به روش استوانه مضاعف (Bouwer, 1986)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر (Kemper & Rosenau, 1986)، رطوبت ظرفیت مزرعه در مکش ۰/۳ بار با استفاده از دستگاه صفحه فشاری، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک نرمال (Jones, 2000)، ماده‌آلی به روش والکی-بلک (Walkley & Black, 1934) و درصد سدیم تبادلی (ESP) با اندازه‌گیری سدیم عصاره گل اشباع (Summer *et al.*, 1996) تعیین شد.

اندازه‌گیری هدررفت آب و خاک طی زمان

در انتهای کرت‌ها، لوله انتقال آب و مخزن ۶۰ لیتری برای جمع‌آوری رواناب و رسوب جاگذاری شد (شکل ۲). دیواره مجاور کرت‌ها با پشته‌خاکی محصور شد و ضلع پایینی و بالای کرت‌ها با ورق گالوانیزه بسته شد. طی دوره رشد گندم (از اواسط مهرماه ۱۳۹۴ تا اواسط تیرماه ۱۳۹۵) رواناب جمع‌آوری شده در مخازن ناشی از هر رخداد بارندگی طبیعی به طور جداگانه جمع‌آوری شد و به روش حجم‌سنجی با استوانه مدرج در انتهای هر کرت بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار رسوب، یک نمونه ۵۰۰ میلی‌لیتری

(Tan, 2005). خاک کشتزار به لحاظ محتوای اندک ذرات پیوند دهنده مانند رس و ماده آلی (کمتر از ۱/۵ درصد)، دارای خاکدانه‌های کوچک‌تر و به نوبه خود دارای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار کم‌تری (۱/۱ میلی‌متر = MWD) بود که وجود چنین ساختمان‌هایی احتمال فروپاشی خاکدانه‌ها تحت تأثیر باران را افزایش می‌دهد (Boujila & Gallai, 2008). نفوذپذیری خاک به دلیل بافت درشت و در نتیجه وجود منافذ درشت بیش‌تر و قرارگیری بر روی تشکیلات آبرفتی (۱۰/۲ سانتی‌متر بر ساعت) بالا بود. با توجه به مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه مقدار آب قابل دسترس خاک بسیار پایین (۵/۳۹ سانتی‌متر) است.

ردیف کشت و جهت خاکورزی) تحلیل داده‌ها بر اساس طرح اسپیلیت بلوک در قالب طرح کاملاً تصادفی در زمان با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. برای انجام مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک کشتزار

برخی ویژگی‌های خاک کشتزار مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. خاک کشتزار با توجه به درصد شن (۶۰/۱۸)، سیلت (۲۰/۵۹) و رس (۱۹/۲۵)، دارای بافت لوم شنی بود. با توجه به مقدار آهک (۱۴/۶ درصد) خاک مورد بررسی در گروه خاک‌های آهکی قرار دارد

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کرت‌ها

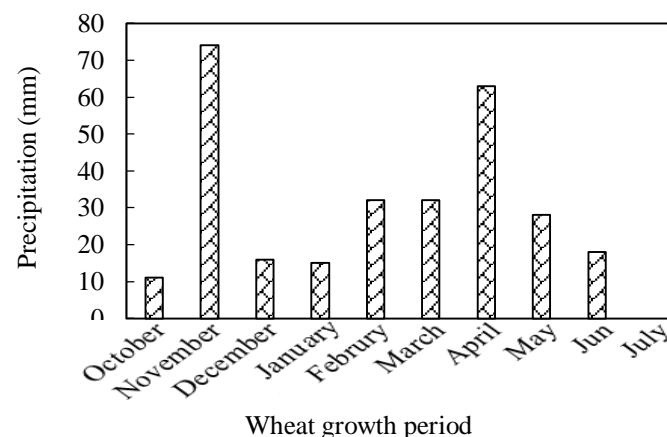
Table1. Analysis of variance for some physicochemical properties of plots soil

Physical characteristics	Value	StD	Chemical characteristics	Value	StD
Sand (%)	60.16	3.64	ESP	5.59	2.46
Silt (%)	20.59	3.99	Organic matter (%)	1.34	0.25
Clay (%)	19.25	3.19	Calcium carbonate equivalent (%)	14.61	3.43
Gravel (%)	18.87	5.07	Field capacity (g g ⁻¹)	18.89	0.54
Bulk Density (g cm ⁻³)	1.52	0.12	Aggregate stability (mm)	0.92	0.51
MWD of aggregates (mm)	0.92	0.51			
Permeability (cm h ⁻¹)	10.02	0.42			

ماهانه نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان بارندگی برابر با ۷۴/۴ و صفر میلی‌متر به ترتیب در آبان و تیر ماه رخ داد. پراکنش بارندگی در طول فصل رشد متغیر بوده و به غیر از تیر ماه در تمام دوره رشد گندم بارندگی اتفاق افتاد.

تغییرات زمانی بارندگی طی دوره رشد

گزارش ایستگاه باران‌سنجی مجاور کشتزار مورد بررسی مطابق شکل ۳ نشان داد که متوسط مقدار بارندگی در دوره رشد گندم (۲۸۶/۵ میلی‌متر) نسبت به متوسط بارندگی دراز مدت ۵۹ ساله منطقه (۲۷۰ میلی‌متر) شش درصد افزایش داشته است. هم‌چنین در ابعاد



شکل ۳- تغییرات ماهانه بارندگی طی دوره رشد

Figure 3. Monthly variations of precipitation during the growth period of rainfed wheat

متر و بیشترین و کمترین مقدار شدت بارندگی به ترتیب ۴/۴۸ و ۲/۱۹ میلی‌متر در ساعت بود. در آبان ماه که خاک اغلب بدون پوشش گیاهی کافی بود، چهار رخداد بارندگی منجر به رواناب مشاهده شد.

مشخصات باران‌های منجر به رواناب
طی دوره رشد گندم (از اواسط مهر ماه ۱۳۹۴ تا اواسط تیر ماه ۱۳۹۵) نه رخداد باران منجر به رواناب و رسوب در کرت‌ها رخ داد (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بارندگی منجر به رواناب، ۱۸/۶ میلی‌متر و کمترین آن ۶/۴ میلی-

جدول ۲- ویژگی رخداد‌های باران منجر به رواناب و مقدار متوسط رواناب و هدررفت خاک طب دوره رشد از ۹۵-۱۳۹۴
Table 2. Rainfall properties influencing runoff and mean runoff and soil loss during wheat growth period from 2016 to 2017

Date	Height(mm)	Intensity(mm h ⁻¹)
October 29, 2016	11.6	2.20
October 31, 2016	7.8	2.32
November 17, 2016	16.5	2.63
October 29, 2016	10.2	2.55
January 23, 2017	11.7	2.21
February 28, 2017	8.1	3.22
March 29, 2017	18.6	2.86
April 14, 2017	6.4	2.95
May 3, 2017	6.5	4.48

می‌شود که تغییرات هدررفت آب و خاک تحت تأثیر جهت خاکورزی ($p < 0.01$)، فاصله ردیف کشت و برهم‌کنش بین آن دو ($p < 0.01$) است.

تغییرات هدررفت آب و خاک تحت تأثیر جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت
جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس تغییرات هدررفت آب و خاک در هر دو روش مدیریتی (جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت) را نشان می‌دهد. مطابق جدول ملاحظه

جدول ۳- تجزیه واریانس هدررفت آب و خاک تحت تأثیر جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت در گندم دیم
Table 3. Analysis of variance for soil and water loss as affected by tillage direction and row spacing in the rainfed wheat land

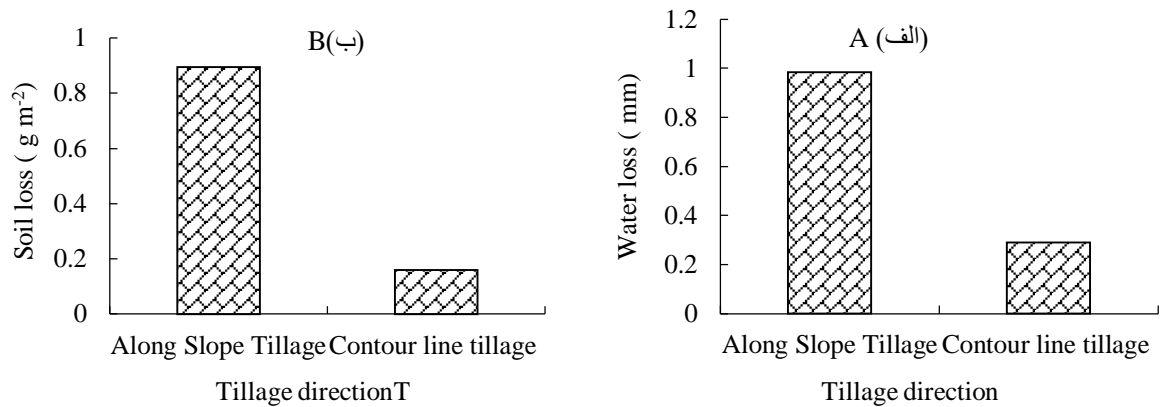
Source of variation	Water loss		Soil loss	
	CV	Mean squares	CV	Mean squares
Time	0.63	1.76**	0.56	2.64**
Tillage direction	0.87	12.26**	6.39	26.16**
Row spacing	0.63	2.84**	1.68	4.10**
Tillage direction × Row spacing	0.56	0.01**	0.91	0.08**

** Significant difference at 1% probability level

** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

سطح خاک، سرعت حرکت آب کاهش، فرصت نفوذ آب به خاک افزایش و در نتیجه مقدار رواناب کاهش می‌یابد (Stevnes *et al.*, 2009). خاک دارای سطوح زبر منجر به کاهش سرعت حرکت رواناب سطحی شده و به آب اجازه نفوذ داده و از فرسایش خاک می‌کاهد (Gao *et al.*, 2015).

تغییرات هدررفت آب و خاک تحت جهت خاکورزی
شکل ۴ مقادیر هدررفت آب و خاک تحت تأثیر جهت خاکورزی را نشان می‌دهد. هدررفت آب و خاک در کشت روی خطوط تراز به‌طور چشم‌گیری نسبت به کشت موازی شیب کاهش یافت؛ به‌طوری که در کشت روی خطوط تراز نسبت به کشت موازی شیب هدررفت آب و خاک به ترتیب ۵/۹ و ۳/۵ برابر کاهش داشت (شکل ۳). در کشت روی خطوط تراز، به‌دلیل افزایش ناهمواری‌های

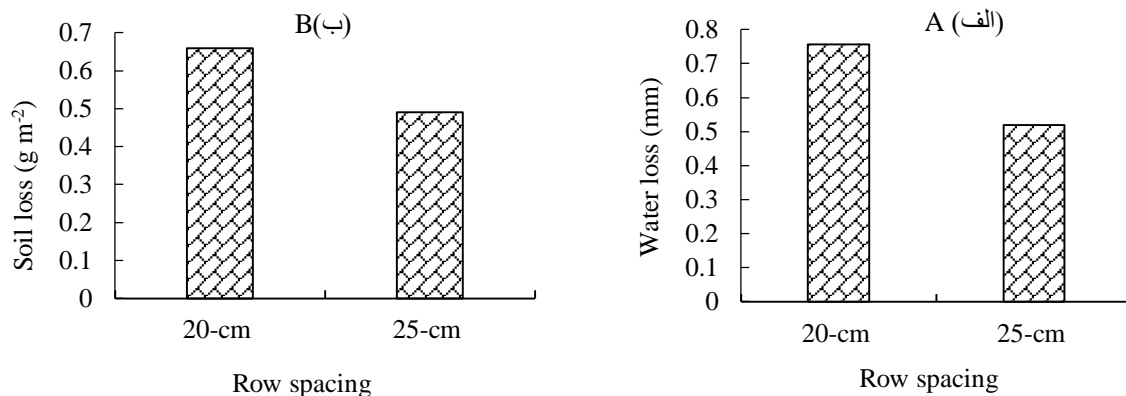


شکل ۴- اثرات جهت خاکورزی بر هدررفت آب (الف) و خاک (ب)

Figure 4. Effects of tillage direction on soil (A) and water loss (B)

به ۲۵ سانتی‌متر کاهش یافت به طوری که در کشت با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر نسبت به کشت با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر، هدررفت آب و خاک به ترتیب ۴۷ و ۳۴ درصد کاهش داشت. از دلایل این کاهش می‌توان به افزایش شیب دیوارهای پشته‌های کشت اشاره کرد.

تغییرات هدررفت آب و خاک تحت تأثیر فاصله ردیف کشت شکل ۵ مقادیر هدررفت آب و خاک تحت تأثیر فاصله ردیف کشت را نشان می‌دهد. مطابق شکل، مقادیر هدررفت آب و خاک با افزایش فاصله ردیف کشت از ۲۰

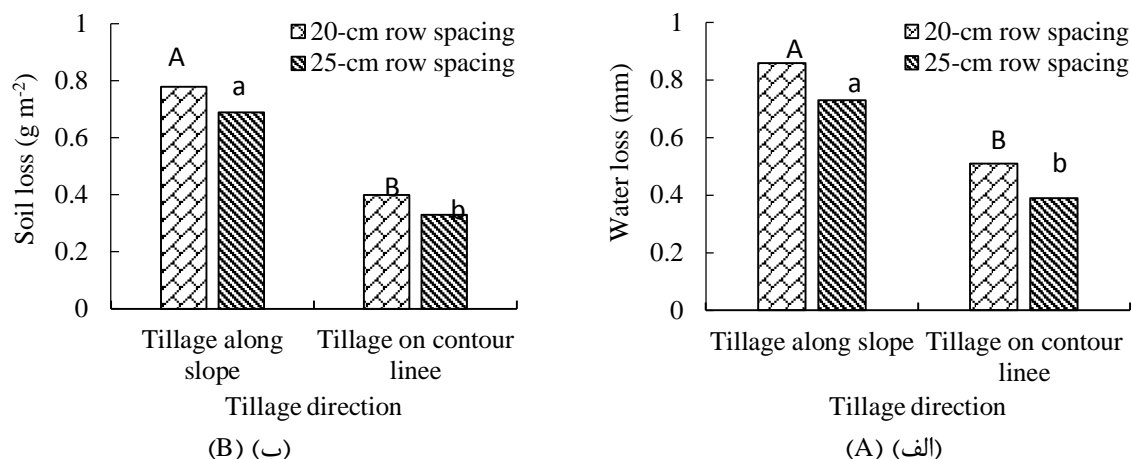


شکل ۵- اثرات فاصله ردیف کشت بر هدررفت آب (الف) و خاک (ب)

Figure 5. Effects of row spacing on soil (A) and water loss (B)

حاصل شد. به عبارتی روش کشت روی خطوط تراز با فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متری نسبت به کشت موازی شیب با فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متری، به طور متوسط میزان هدررفت آب را ۲/۶ برابر و هدررفت خاک را ۹۰/۳ درصد کاهش داد. این موضوع می‌تواند به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه و کاهش سرعت جریان سطحی به دلیل تماس بیشتر پوشش گیاهی با سطح خاک باشد که به نوبه خود موجب کاهش رواناب و افزایش نگهداشت ذرات رسوب شد (Laufer et al., 2016).

برهم‌کنش جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت مطابق شکل ۶ بر هم‌کنش جهت خاکورزی (موازی و خطوط تراز) و فاصله ردیف کشت (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری) بر هدررفت آب و خاک معنی‌دار بود ($p < 0.01$). به بیان دیگر مقادیر کاهش هدررفت آب و خاک تحت تأثیر هر دو روش مدیریتی (فاصله ردیف کشت و جهت خاکورزی) قرار داشت. کم‌ترین مقدار هدررفت آب و خاک در روش کشت روی خطوط تراز با فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متری و بیش‌ترین آن در کشت موازی شیب با فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متری



شکل ۶- تغییرات هدررفت آب (الف) و خاک (ب) تحت تأثیر برهمکنش جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت

Figure 6. Variation of soil (A) and water loss (B) due to the interaction of tillage direction and row spacing (حروف انگلیسی بزرگ و کوچک نتیجه انجام مقایسه‌های میانگین برای ماه‌های مختلف به ترتیب در خاکورزی موازی شیب و خاکورزی روی خطوط تراز هستند). (Capital and small alphabets are the results of mean comparisons for various months in contour lines tillage and along slope tillage, respectively)

هدررفت خاک خاکورزی روی خطوط تراز بیش‌تر از خاکورزی موازی شیب تحت تأثیر قرار گرفت. در خاکورزی موازی شیب برخلاف خاکورزی روی خطوط تراز مانعی (پشته‌ای) در برابر جریان وجود نداشته و در نتیجه حتی در بارندگی‌های ضعیف نیز، امکان ظهور رواناب و در نتیجه هدررفت خاک وجود دارد. در خاکورزی روی خطوط تراز وقوع رواناب و هدررفت خاک به حجم بارندگی و در نتیجه سرریز رواناب از پشته‌ها وابسته است.

تغییرات زمانی هدررفت آب و خاک تحت تأثیر جهت خاکورزی

بررسی تغییرات هدررفت خاک در رگبارهای مختلف در دو جهت خاکورزی نشان داد که در هر دو جهت خاکورزی هدررفت خاک از رگباری به رگبار دیگر دچار تغییرات زیادی بود (جدول ۴). تحلیل تغییرات هدررفت خاک با تغییرات شدت بارندگی در رگبارهای مورد بررسی نشان داد که وابستگی زیادی بین آن دو برقرار نیست. با این وجود نقش مقدار بارندگی در بروز تغییرات هدررفت خاک بارزتر بود. افزایش مقدار بارندگی،

جدول ۴- تغییرات هدررفت خاک تحت تأثیر جهت خاکورزی و نوع دستگاه ردیف‌کار در رگبارهای مختلف طی دوره رشد
Table 4. Variation of loss as affected by tillage direction and row set type in rainstorms during wheat growth period

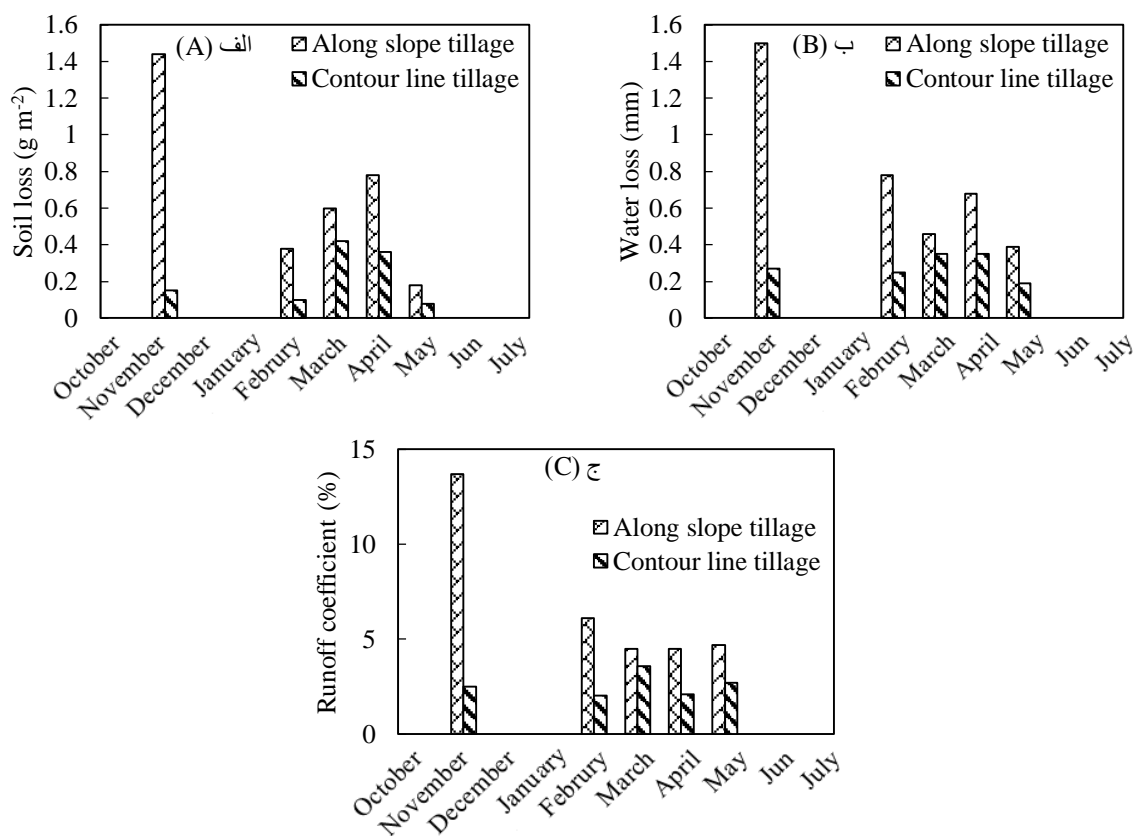
Date	Soil loss in each event (g m ⁻²)			
	Tillage along slope		Tillage on contour lines	
	With 9-row set	With 11-row set	With 9-row set	With 11-row set
October 29, 2016	6.14	11.04	0.45	0.18
October 31, 2016	20.64	19.42	0.54	0.68
November 17, 2016	4.09	7.912	1.25	0.82
October 29, 2016	1.06	1.31	0.47	0.28
January 23, 2017	3.33	8.86	5.00	4.68
February 28, 2017	1.40	3.81	1.95	2.23
March 29, 2017	6.14	10.70	5.68	2.94
April 14, 2017	1.28	1.00	0.93	0.97
May 3, 2017	6.14	11.04	0.45	0.18

کم‌ترین مقدار هدررفت آب و خاک در آبان و اردیبهشت ماه رخ داد. هدررفت آب و خاک در کشت روی خطوط تراز در مقایسه با کشت موازی شیب در آبان ماه به

بر اساس شکل ۷ بررسی مقادیر هدررفت آب، خاک و ضریب رواناب تحت تأثیر جهت خاکورزی (موازی شیب و خطوط تراز) طی ماه‌های رشد نشان داد که بیش‌ترین و

داده و نفوذ آب را بهبود می‌بخشد (Heege, 2013). بررسی تأثیر جهت شخم بر هدررفت آب و خاک در شیب‌های مختلف نشان داد که در کشت موازی شیب نسبت به کشت روی خطوط تراز میزان هدررفت آب و خاک به ترتیب ۵/۵ و ۳۵ برابر بیشتر بود (Zarinabadi & Vaezi, 2014). نتایج پژوهشی نشان داد که کشت با ایجاد پشته بر روی خطوط تراز هدررفت آب و خاک را به ترتیب ۶۹/۴ و ۷۸/۳ درصد نسبت به کشت مرسوم کاهش می‌دهد (Kurothe et al., 2014).

ترتیب ۵/۳ و ۹/۶ برابر و در اردیبهشت ماه به ترتیب ۹۴ درصد و ۲/۲ برابر کاهش یافت. اگرچه در آبان ماه شدت بارندگی در رخدادهای باران منجر به رواناب کمتر از اردیبهشت ماه بود اما مقادیر بارندگی در آن بیشتر بود. گزارش‌های مختلف نقش مؤثر کشت روی خطوط تراز را در کاهش هدررفت آب و خاک نشان می‌دهند. انجام عملیات شخم عمود بر جهت شیب، بیش تر از ۹۰ درصد، نسبت به شخم در جهت شیب از مقدار فرسایش خاک می‌کاهد (Nikkami et al., 2008). طی تحقیقاتی کشت روی خطوط تراز می‌تواند هدررفت آب و خاک را کاهش



شکل ۷- اثرات جهت خاکورزی بر هدررفت آب (الف) و خاک (ب) و ضریب رواناب (ج) در ماه‌های مختلف

Figure 7. Effects of tillage direction on soil (A) and water loss (B), and runoff coefficient (C) in different months

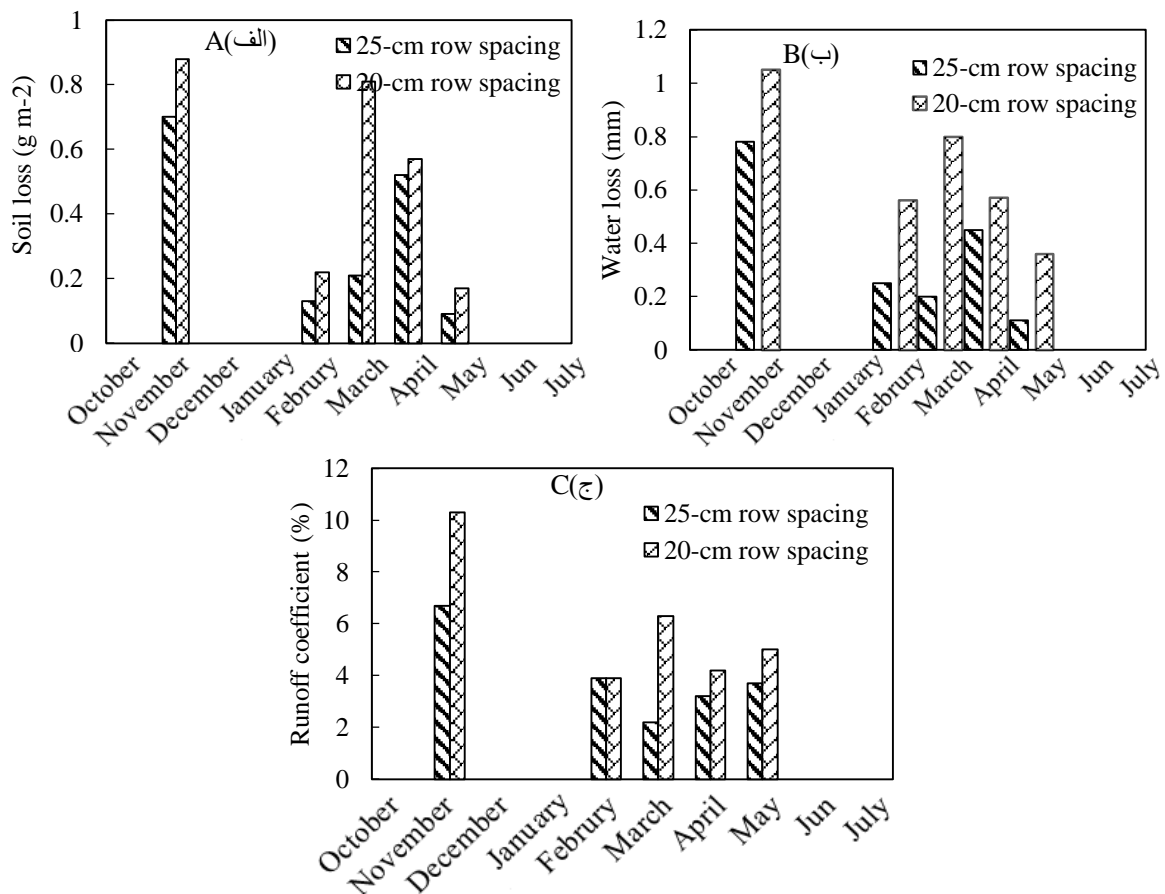
ضریب رواناب به صورت قابل ملاحظه‌ای در شخم موازی شیب بیش‌تر از شخم عمود بر شیب می‌باشد و هم‌چنین شخم در جهت شیب به صورت معنی‌داری باعث کاهش ظرفیت ذخیره سطحی خاک می‌گردد (Ndiaye et al., 2005).

تغییرات زمانی هدررفت آب و خاک تحت تأثیر فاصله ردیف کشت

تأثیر کشت روی خطوط تراز در کاهش هدررفت آب و خاک نسبت به کشت موازی شیب با افزایش رشد پوشش گیاهی کاملاً آشکار بود (شکل ۷). در آبان ماه با وجود بیش‌ترین تمرکز بارندگی و سطح خاک بدون پوشش، کشت روی خطوط تراز به طور چشمگیری هدررفت آب و خاک را در مقایسه با کشت موازی شیب کاهش داد. طی پژوهشی با استفاده از باران شبیه‌سازی نشان داده شد که

بررسی تغییرات هدررفت خاک در رگبارهای مختلف در دو فاصله ردیف کشت نشان داد که مقدار بارندگی به نوبه خود عاملی مؤثر در بروز تغییرات هدررفت خاک در ابعاد رگبار است. افزون بر این، تغییرات ویژگی‌های خاک مانند تخریب ساختمان خاک و افزایش محتوای رطوبتی خاک در اثر بارندگی پیشین از عواملی هستند که می‌توانند در افزایش هدررفت خاک در رگبار بعدی مؤثر باشند. با افزایش مقدار بارندگی، هدررفت خاک به ویژه در کشت ۹ ردیفی با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر تا اندازه‌ای افزایش پیدا کرد (جدول ۳). در کشت ۹ ردیفی، سطح مقطع عبور جریان و نیز سطح تماس آب با خاک در نوارهای کشت بیشتر است. تحت این شرایط وقوع فرسایش در نوارهای کشت معمولاً در شرایطی رخ می‌دهد که به دلیل بارندگی زیاد، رواناب بیشتری تولید شود.

بررسی تغییرات هدررفت خاک در رگبارهای مختلف در دو فاصله ردیف کشت نشان داد که مقدار بارندگی به نوبه خود عاملی مؤثر در بروز تغییرات هدررفت خاک در ابعاد رگبار است. افزون بر این، تغییرات ویژگی‌های خاک مانند تخریب ساختمان خاک و افزایش محتوای رطوبتی خاک در اثر بارندگی پیشین از عواملی هستند که می‌توانند در افزایش هدررفت خاک در رگبار بعدی مؤثر باشند. با افزایش مقدار بارندگی، هدررفت خاک به ویژه در کشت ۹ ردیفی با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر تا اندازه‌ای افزایش پیدا کرد (جدول ۳). در کشت ۹ ردیفی، سطح مقطع عبور جریان و نیز سطح تماس آب با خاک در نوارهای کشت بیشتر است. تحت این شرایط وقوع فرسایش در نوارهای کشت معمولاً در شرایطی رخ می‌دهد که به دلیل بارندگی زیاد، رواناب بیشتری تولید شود.



شکل ۸- اثرات فاصله ردیف کشت بر هدررفت آب (الف) و خاک (ب) و ضریب رواناب (ج) در ماه‌های مختلف

Figure 8. Effects of row spacing on soil (A) and water loss (B), and runoff coefficient (C) in different months

بیش‌تر از مقدار آن در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر (۷/۴ درصد) بود. کم‌ترین ضریب رواناب برای فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متری (۴/۲۶ درصد) و فاصله ردیف ۲۵ سانتی-

مطابق شکل ۸ بیش‌ترین ضریب رواناب در هر دو فاصله ردیف کشت در آبان مشاهده شد. در فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متر این مقدار (۱۰/۶ درصد) حدود ۴۳ درصد

زیاد بارندگی، تولید رواناب و هدررفت خاک بیش تر بود. مقدار بارندگی در کنار تغییرات ویژگی های خاک (تخریب ساختمان و افزایش محتوای رطوبتی) از عوامل مؤثر بر این تغییرات بود. شدت تغییرات هدررفت خاک در ابعاد رگبار در خاکورزی روی خطوط تراز و نیز در کشت نه ردیفی به ترتیب بیش تر از خاکورزی موازی شیب و کشت ۱۱ ردیفی بود. بررسی تغییرات ماهانه هدررفت خاک نشان داد که بیش ترین و کم ترین هدررفت آب و خاک در هر دو روش مدیریتی (جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت) در آبان ماه و اردیبهشت ماه رخ داد به طوری که این کاهش در کشت روی خطوط تراز در مقایسه با کشت موازی شیب چشمگیر بود؛ از دلایل آنمی توان به ضعف پوشش گیاهی سطح خاک در آبان ماه و گسترش پوشش گیاهی در اردیبهشت ماه اشاره کرد. کاهش هدررفت آب و خاک با افزایش فاصله ردیف کشت از ۲۰ به ۲۵ سانتی متر در اوایل دوره رشد گندم که زمین فاقد پوشش گیاهی بود، کاملاً آشکار بود. بنابراین اجرای خاکورزی روی خطوط تراز با استفاده از دستگاه خطی کار نه ردیفی (فاصله ردیف ۲۵ سانتی متری) می تواند به عنوان راهکاری مناسب برای کاهش هدررفت آب و خاک در کشتزار گندم دیم باشد. در پژوهش های آینده، بررسی هم زمان تأثیر روش های مدیریتی بر عملکرد محصول و هدررفت آب و خاک در کشتزارهای دیم پیشنهاد می شود.

متری (۲/۴۶ درصد) به ترتیب در ماه های فروردین و اسفند مشاهده شد. از دلایل این کاهش می توان به تأثیر پوشش سنگ و سنگریزه در زیر بوته های گیاهی اشاره کرد؛ به طوری که وقتی پوشش سنگ و سنگریزه در زیر بوته های کوتاه گیاهی باشد می تواند هدررفت آب و خاک را در نتیجه افزایش نفوذپذیری کاهش دهد.

نتیجه گیری کلی

مقایسه مقدار هدررفت آب و خاک در دو روش مدیریت زراعی (جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت) در کشت گندم دیم نشان داد که تفاوت معنی دار از نظر هدررفت آب و خاک بین هر دو روش (جهت خاکورزی و فاصله ردیف کشت) وجود دارد. مقدار هدررفت آب و خاک در کشت روی خطوط تراز نسبت به کشت موازی شیب به شدت کاهش پیدا کرد و در کشت نه ردیفی (با فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی متری) نسبت به کشت ۹ ردیفی (فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی متری) به مراتب کم تر بود. با این وجود نقش خاکورزی روی خطوط تراز نسبت به کشت نه ردیفی در مهار فرسایش خاک در کشتزار گندم به مراتب بارز تر بود. هدررفت خاک از رگباری به رگبار دیگر دچار تغییرات زیادی بود. شدت بارندگی عامل مهمی در بروز تغییرات هدررفت خاک در ماه های مختلف و در ابعاد رگبار نبود. در آبان ماه با وجود پایین بودن شدت بارندگی نسبت به اردیبهشت ماه به دلیل حجم

References

- Bisheshwor P.P., Komal B.B., Madan R.B., Shrawan K.S., Resham B.T., and Tanka P.K. 2013. Effect of row spacing and direction of sowing on yield and yield attributing characters of wheat cultivated in Western Chitwan, Nepal. *Agricultural Sciences*, 4: 309-316.
- Das T.K., and Yaduraju N.T. 2011. Effects of missing-row sowing supplemented with row spacing and nitrogen on weed competition and growth and yield of wheat. *Crop and Pasture Science*, 62: 48-57.
- Ekwu E.I., and Harrilal A. 2010. Effect of soil type, peat, slope, compaction effort and their interactions on infiltration, runoff and raindrop erosion of some Trinidadian soils. *Biosystems Engineering*, 105(1): 112-118.
- Emam Y. 2007. Cereals Production. (3rd Ed.). Shiraz University Press 190p. (In Persian)
- FAO. 2015. FAOSTAT.FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org> (accessed 11.03.2015).
- Gajri P.R., Arora V.K., and Prihar S.S. 2002. Tillage for sustainable cropping. Food Products Press. 200 pp. 26-37.
- Gao Y., Dang X., Yu Y., Li Y., Liu Y., and Wang J. 2015. Effects of tillage methods on soil carbon and wind erosion. *Land Degradation and Development*, 27(3): 583-591.
- Gee G.W., Bauder J.W., and Klyte A. 1986. Particle-size analysis. Klute A. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods, pp. 383-411.
- Gozubuyuk Z., Sahin U., Adiguzel M.C., Ozturk I., and Celik. A. 2015. The influence of different tillage practices on water content of soil and crop yield in vetch-winter wheat rotation compared

- to fallow–winter wheat rotation in a high altitude and cool climate. *Agricultural Water Management*, 160: 84-97.
- Heege H.J. 2013. Precision in guidance of farm machinery. *In: Heege, J.H. (Ed.), Precision in Crop Farming: Site Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results*. Dordrecht, Springer, Netherlands, pp. 35-50.
- Jones E.P.2000. Circulation in the arctic ocean. *Polar Research*, 20(2): 139-146.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. *In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Agronomy Monograph 9. 2nd ed., Madison, Wisconsin*, pp. 425-442.
- Kurothe R.S., Kumar G. Singh R., Singh H.B., Tiwari S.P., Vishwakarma A.K., Sena D.R., and Pande V.C. 2014. Effect of tillage and cropping systems on runoff, soil loss and crop yields under semiarid rainfed agriculture in India. *Soil and Tillage Research*, 140: 126-134.
- Laufer D., Loibl B., Marlander B., and Koch H.J. 2016. Soil erosion and surface runoff under strip tillage for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Central Europe. *Soil and Tillage Research* 162: 1-7.
- Ma S., Yu Z., Shi Y., Gao Z., Luo L., Chu P., and Guo Z. 2015. Soil water use, grain yield and water use efficiency of winter wheat in a long-term study of tillage practices and supplemental irrigation on the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 150: 9-17.
- Morgan R.P.C. 2005. *Soil erosion and Conservation*, Third edition, Blach Well Publishing Ltd 13: 200-210.
- Ministry of Agriculture Jihad, 2015. Department of Planning and Economy, Bureau of statistics and Information Technology. [http:// dbagri.maj.ir](http://dbagri.maj.ir)
- 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. *Journal of Hydrology*, 307(1): 294-311.
- Ngetich K., Diels J., Shisanya C., Mugwe J., 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.
- Nikkami D., Ardakani A.J., and Movahhed F.B. 2008. Tillage Management on Sustainable Rainfed Agricultural Resources. *Journal of Applied Science*, 8(18): 3255-3260.
- Shah F., Saddam H., Bhagirath S.C., Shah S., Chao W., Shah H., Moshin T., Amanullah J., and Jianliang H. 2015. Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by row and weed emergence times spacing. *Crop Protection*, 71: 101-108.
- Stevens C.J., Quinton J.N., Bailey A.P., Deasy C., Silgram M., and Jackson D.R. 2009. The effects of minimal tillage, contour cultivation and in-field vegetative barriers on soil erosion and phosphorus loss. *Soil and Tillage Research*, 106(1): 145-151.
- Sumner M.E., Miller W.P., Sparks D.L., Page A.L., Helmke P.A., Loeppert R.H., and Johnston C.T. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods*, pp. 1201-1229.
- Tan K.H. 2005. *Soil sampling preparation and Analysis*. 2nd edition. Taylor and Francis/ CRC press, Boca Raton, FL. (Abstract)
- Vaezi A.R., Sadeghi S.H.R., Bahrami H.A., and Mahdian M.H. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soil in northwest Iran. *Geomorphology*, 97(3): 414-423.
- 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.
- Welde K., and Gebremariam H.L. 2016. Effect of different furrow and plant spacing on yield and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management*, 177: 215-220.
- Zarinabadi A., and Vaezi A. 2016. Soil and water losses in poorly covered ranges under the influence of land use, tillage direction. *Soil and Water Research*, 47 (1): 87- 98.
- Zhou X.B., Chen Y.H., and Ouyang Z. 2011. Effects of row spacing on soil water and water consumption of winter wheat under irrigated and rainfed conditions. *Plant, Soil and Environment*, 57 (3): 115-121.

Effect of Row Spacing and Tillage Direction on Water and Soil Loss in Rainfed Land

Ali Reza Vaezi^{1*}, Majid Bagheri², Ali Khanjani³

(Received: June 2018 Accepted: May 2019)

Abstract

Determination of the row spacing cultivation for each tillage direction is essential to prevent water and soil losses in rainfed lands. Therefore, this study aimed to investigate the simultaneous effects of cultivation direction and row spacing on wheat field for preventing soil and water losses in rainfed lands. To this end, twenty plots with dimensions of 5×5 m² were planted to investigate the effect of two tillage direction (along slope and on contour lines) and two row spacing (20 and 25 cm) early autumn 2015. Soil and water loss were measured after each natural rainfall resulting runoff during the growing period of rainfed wheat (from October 2015 to July 2016). Data analysis showed that both the tillage direction and row spacing significantly affected on soil and water loss ($P<0.001$). Soil and water loss in tillage on contour line was 5.9 and 3.5 times less than that the tillage along slope, and for the 25-cm row spacing was 47 and 34% less than the 20-cm row, respectively. Soil and water loss in the contour lines tillage with 25-cm row spacing decreased about 2.6 times and 90.3% as compared with the along slope tillage with 20-cm row spacing, respectively. The role of tillage on contour lines and cultivation with 25-cm row spacing was very obvious early cultivation, when sufficient vegetation cover wasn't formed on the soil surface. Wholly, this study revealed that tillage on contour lines and cultivation with 25-cm row spacing is an effective strategy to control runoff and soil loss in wheat rainfed lands especially early growth period.

Keywords: Natural rain, Wheat growth period, Tillage along slope, Tillage on contour lines, Semi-arid region

Vaezi A.R., Bagheri M., Khanjani A. 2020. Effect of row spacing and tillage direction on water and soil loss in rainfed land. *Applied soil research*. 8(1): 79-91.

1. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

2. Former MSc Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

3. PhD Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

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