

## اثرات جهت شخم و تراکم کشت بر هدررفت آب و خاک در کشتزار دیم در منطقه نیمه خشک

علی رضا واعظی<sup>۱\*</sup>، مجید باقری<sup>۱</sup> و کامران افصحی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱۰)

### چکیده

فرسایش خاک به وسیله آب، مسئله مهم زیست محیطی به ویژه در مناطق نیمه خشک است. در این مناطق، هدررفت آب به شدت بر هدررفت خاک و در نتیجه باروری خاک در کشتزارهای دیم اثر می گذارد. تعیین تراکم بذر مناسب برای هر جهت شخم، برای دستیابی به عملکرد محصول بالا و در کنار آن جلوگیری از هدررفت آب و خاک حائز اهمیت است. این مطالعه به منظور بررسی اثرات توأم جهت شخم و تراکم کشت بر هدررفت آب و خاک در کشتزار دیم انجام گرفت. دوازده کرت گیاهی با ابعاد ۱/۵ متر در ۱/۵ متر برای بررسی اثر دو جهت شخم (شخم موازی شیب و شخم روی خطوط تراز) و دو تراکم بذر (تراکم ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار در کشتزاری دیم با شیب ۱۰ درصد احداث شدند. هدررفت آب و خاک در هر کرت طی دوره رشد (از اواسط مهر ۱۳۹۴ تا اواسط تیر ۱۳۹۵) اندازه گیری شد. تفاوت های معنی دار بین دو جهت شخم ( $P < 0.001$ ) و دو تراکم کشت از نظر رواناب ( $P < 0.05$ ) و هدررفت خاک مشاهده شد. رواناب و هدررفت خاک در شخم موازی شیب به ترتیب ۴/۱۶ و ۴/۰۸ برابر بزرگ تر از خاک ورزی روی خطوط تراز بود. هدررفت آب و خاک در تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۱/۲۵ و ۲۶/۳۲ درصد کمتر از آنها در تراکم ۹۰ کیلوگرم در هکتار بود. این نتیجه به دلیل افزایش پوشش گیاهی در این تیمار و تأثیر آن بر مهار جریان آب و افزایش نگهداشت آب در خاک بود. برهمکنش معنی داری بین جهت شخم و تراکم کشت از نظر رواناب و هدررفت خاک وجود نداشت. اهمیت جهت شخم در هدررفت آب و خاک بسیار بیشتر از اهمیت تراکم کشت بود. با توجه به نتایج این پژوهش، اجرای تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار با روش شخم عمود بر شیب برای مهار بیشتر هدررفت آب و خاک، پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: حفظ آب و خاک، شخم روی خطوط تراز، فرسایش آبی، گندم دیم

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\* مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: vaezi.alireza@gmail.com

## مقدمه

دیم‌کاری یا کشت دیم، کشاورزی مخصوص مناطق خشک است که در آن تنها بارش‌های آسمانی تأمین‌کننده آب مورد نیاز کشتزار است. کشاورزی دیم تقریباً در تمام مناطق آب و هوایی جهان انجام می‌گیرد. در کشور ما بدون در نظر گرفتن استعداد اراضی، سطح وسیعی از اراضی، به ویژه در مناطق نیمه‌خشک دچار تغییر کاربری شده و زیر کشت دیم قرار دارد. هرچند کشتزارهای دیم نقشی مهم در تأمین غذای کشور دارند، اما تغییر کاربری به دلیل تأثیر بر پوشش گیاهی و به هم خوردگی سطح خاک، سبب تشدید هدررفت خاک و جاری شدن رواناب سطحی شده و کیفیت خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۱). فرسایش خاک توسط آب مشکل اساسی در زمین‌های کشاورزی است (۳۲). وقوع فرسایش خاک در زمین‌های کشاورزی منجر به هدررفت خاک، تخریب ساختمان، و کاهش ماده آلی، مواد مغذی و کاهش آب قابل دسترس خاک می‌شود (۳۶). هدررفت زیاد خاک از زمین‌های شیب‌دار می‌تواند به منابع زمین‌های کشت آسیب رسانده و حاصلخیزی زمین را کاهش دهد و امنیت منطقه و جوانه‌زدن دانه را تهدید کند (۳۸). به‌ازای برداشت ۲۷ کیلوگرم گندم، ۵۴۵ کیلوگرم خاک سطحی فرسوده می‌شود، یعنی در مقابل هدررفت ۲۰/۱۸ کیلوگرم خاک، یک کیلوگرم گندم تولید می‌شود (۱۲). محتوای کم آب خاک به‌عنوان مهم‌ترین خطر زیست‌محیطی برای تولید گندم در شرایط دیم در مناطق خشک جهان در نظر گرفته شده است (۲۲). چالش در کشاورزی دیم به‌طور عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. مناطق نیمه‌خشک که حدود ۳۹ درصد سطح کشور را شامل می‌شوند از جمله مناطق تحت کشت گندم دیم در ایران هستند (۴۲). در ایران ۶/۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی به کشت گندم اختصاص داشته که از این میزان، چهار میلیون هکتار در مناطق نیمه‌خشک قرار گرفته است (۱). مناطق نیمه‌خشک عمدتاً با کمبود آب طی دوره رشد مواجه هستند، از این‌رو انتخاب روش مناسب برای حفظ آب در آنها دارای اهمیت است (۱۸).

خاک‌ورزی، ذخیره‌سازی آب خاک، بهره‌وری مصرف آب و دیگر خواص فیزیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۵). روش‌های نوین و صحیح خاک‌ورزی به‌منظور استفاده بهینه از خاک، به‌عنوان مهم‌ترین تأمین‌کننده منابع غذایی می‌تواند بهره‌وری لازم از تولیدات زراعی را افزایش دهد. در زمین‌های کشاورزی که در جهت شیب شخم خورده و کشت شده‌اند، جوچه‌هایی شبیه شیار به موازی شیب ایجاد می‌شود که می‌تواند به هنگام وقوع بارندگی‌های شدید، مراکز اصلی تولید رواناب و فرسایش خاک باشند. بیشتر حجم رسوب تولید شده به درون جوی‌ها و رودخانه‌ها انتقال می‌یابد و احتمال خطر سیلاب را افزایش می‌دهد (۴۰). مقدار فرسایش ناشی از هر بار شخم با گاو آهن در جهت شیب در حدود ۵۰ تن در هکتار گزارش شده است (۸). شخم اراضی در جهت شیب، سبب تخریب این اراضی و کاهش میزان مواد آلی می‌شود. مواد آلی یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است و در حفظ حاصلخیزی خاک و ظرفیت جذب و نگهداری رطوبت خاک اثر به‌سزایی دارد (۲۹). میزان فرسایش خاک در ۴۰ تا ۴۳ درصد تپه‌های شیب‌دار در اثر خاک‌ورزی نامناسب به ۴۰ تا ۱۵۱ (تن در هکتار) در هر سال می‌رسد (۴۵). کشت روی خطوط تراز به‌عنوان روشی برای کاهش رواناب و فرسایش شناخته شده است. این روش رواناب را به‌وسیله افزایش ناهمواری‌های عمودی بر روی شیب کاهش می‌دهد. افزایش این ناهمواری‌ها، سرعت حرکت آب را کاهش داده و زمان بیشتری برای نفوذ آب فراهم می‌شود (۳۵). انجام عملیات شخم عمود بر جهت شیب، بیشتر از ۹۰ درصد، نسبت به شخم در جهت شیب از مقدار فرسایش خاک می‌کاهد (۳۰). فرسایش خاک در زمین‌های کشاورزی شیب‌دار در کنار روش خاک‌ورزی، تحت تأثیر تراکم کشت قرار می‌گیرد. تراکم کشت عبارت از تعداد بوته در واحد سطح است. تراکم کشت به‌طور مستقیم به تراکم بذر وابسته است. تراکم بذر در مناطق مختلف بسته به تاریخ کشت، شرایط طبیعی به‌خصوص پراکنش بارندگی، نوع خاک و رقم بسیار متغیر است (۱۶). تراکم کشت



شکل ۱. کرت‌های آزمایشی ایجاد شده در کشتزار دیم گندم

در کنار دستیابی به عملکرد محصول بالا در کشتزارهای دیم حائز اهمیت است. لذا این پژوهش با هدف بررسی اثرات تراکم کشت و جهت کشت بر هدررفت آب و خاک در کشتزارهای دیم در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

#### زمین مورد مطالعه

این پژوهش در کشتزاری دیم با شیب جنوبی حدود ۱۰ درصد و مساحتی حدود ۱۰۰۰ مترمربع واقع در محدوده دانشگاه زنجان در مختصات جغرافیایی "۱۲' ۱۲" تا "۳۱' ۵۲" ۴۹° طول شرقی و "۲۴' ۱۵" تا "۲۵' ۴۵" ۳۵° عرض شمالی طی فصل زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام گرفت (شکل ۱). مشاهدات میدانی در منطقه نشان می‌دهد که بیشتر کشتزارهای دیم در محدوده شیب ۳ تا ۱۰ درصد قرار دارند، لذا شیب ۱۰ درصد برای پژوهش از نظر هدررفت آب و خاک انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش سالانه در حدود ۲۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه، ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دوماترن، منطقه دارای اقلیم سرد و خشک است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک براساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی کشور به ترتیب زیریک و مزیک است (۵) خاک منطقه براساس روش رده‌بندی آمریکایی در دو رده

در کشتزارهای دیم بسته به نوع محصول متفاوت است. تراکم کشت بالا اغلب موجب افزایش پوشش گیاهی سطح خاک می‌شود. پوشش گیاهی فرسایش خاک را با کاهش انرژی جنبشی قطرات باران و رواناب کاهش می‌دهد. بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و هدررفت خاک، زیر باران‌های شبیه‌سازی شده نشان داد که بیشترین هدررفت خاک در پوشش گیاهی کمتر از ۲۵ درصد بود و حداقل پوشش گیاهی لازم برای رسیدن به کنترل رضایت‌بخش فرسایش خاک، پوشش گیاهی ۵۵ درصد بود (۳۷).

مطالعات متعددی در ایران و جهان در مورد تأثیر روش‌های خاک‌ورزی در فرسایش خاک انجام گرفته است، همچنین مطالعاتی نیز درباره اثرات تراکم کشت در عملکرد محصول انجام گرفته است. در بیشتر مطالعات به بررسی تأثیر تراکم کشت بر عملکرد گندم پرداخته شده است و به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم کشت از حداقل تراکم تا تراکم‌های متوسط میزان عملکرد افزایش می‌یابد و در تراکم‌های بالا به دلیل افزایش رقابت در جذب آب و مواد غذایی بین بوته‌ها، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (۹ و ۴۸). بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که تراکم کشت در کشتزارهای دیم گندم در کشور غالباً به صورت ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار است. تعیین تراکم کشت مناسب در هر جهت شخم برای حفظ بیشتر آب و خاک

لیتری جهت جمع‌آوری رواناب و رسوب در پایین هر کرت استفاده شد (۲۸). برای هدایت رواناب و رسوب از لوله‌های پلیکا با قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. روی دهانه ظروف جمع‌آوری رواناب و رسوب برای جلوگیری از ورود آب بارندگی با کیسه پلاستیکی مسدود شد.

#### اندازه‌گیری هدررفت آب و خاک

طی دوره رشد (از اواسط مهرماه ۱۳۹۴ تا اواسط تیر ماه ۱۳۹۵) پس از پایان هر رخداد بارندگی که منجر به رواناب شد، ابتدا حجم کل مخلوط رواناب و رسوب داخل مخزن‌ها به وسیله ظروفی با حجم معین اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت رسوب، محتویات داخل مخزن با استفاده از همزن دستی به یک محلول همگن تبدیل شد، سپس نمونه‌ای به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر از مخلوط داخل مخزن‌ها تهیه کرده و به آزمایشگاه منتقل شد (۲۸)، سپس رسوب و رواناب به وسیله کاغذ صافی واتمن از هم جدا شدند. رسوب باقی‌مانده بر روی کاغذ صافی در آن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شد و به این صورت جرم رسوب تعیین شد (۴۱). نسبت حجمی آب در نمونه به حجم کل مخلوط تعمیم داده شد، همچنین جهت تعیین جرم کل رسوب در مخلوط، از نسبت جرم رسوب در نمونه استفاده شد. براساس مجموع کل رواناب و رسوب طی دوره رشد، هدررفت آب و خاک طی دوره رشد به دست آمد. همچنین ضریب رواناب براساس نسبت رواناب به بارندگی در هر رخداد باران محاسبه شد و میانگین آن برای دوره رشد به دست آمد.

#### اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشتزار

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در نمونه مرکب خاک که از بخش‌های مختلف کشتزار به روش تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشته شده بود، اندازه‌گیری شدند. در این راستا توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (۱۵) ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (۲۴)، ماده آلی خاک به روش

انتی‌سول و اینسپتی‌سول است (۶). عمده واحدهای فیزیوگرافی در منطقه مورد مطالعه شامل واحدهای دشت دامنه‌ای آبرفتی و فلات‌ها هستند. مواد مادری عمدتاً شامل پادگان‌های جوان آبرفتی است (۴).

#### طرح آزمایش

این پژوهش در دو جهت شخم (شخم موازی شیب و شخم بر روی خطوط تراز)، دو تراکم کشت (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و در سه تکرار با مجموع ۱۲ کرت در قالب طرح فاکتوریل انجام گرفت که در آن فاکتور اصلی، جهت شخم و فاکتور فرعی، تراکم کشت بود. کرت‌های فرسایش خاک به طور گسترده در اندازه‌های مختلف به منظور بررسی فرایندهای ژئومورفولوژی مربوط به فرسایش خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۹). لذا در این پژوهش با توجه به محدودیت زمین، با در نظر گرفتن محدودیت یکنواختی شیب زمین و اهداف مطالعه، اندازه کرت‌های آزمایش در ابعاد  $5 \times 1/5$  متر مشابه با پژوهش‌های پیشین (۱۷) طراحی شد.

#### عملیات کشت گندم و پیاده‌سازی کرت‌ها

در اوایل مهر ماه ۱۳۹۴ زمین مورد نظر با استفاده از گاوآهن برگردان (در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به صورت سراسری شخم زده شد. سپس برای ایجاد کرت‌های آزمایشی در دو جهت (موازی با شیب و روی خطوط تراز) از دستگاه پنجه‌غازی (صفر تا ۲۰ سانتی‌متر) استفاده شد. در اواسط مهرماه ۱۳۹۴، کشت گندم با استفاده از دستگاه خطی‌کار مدل SDM۲۲۵/۱۱ ساخت شرکت ماشین برزگر همدان و دو تراکم کشت (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) انجام گرفت. اطراف کرت‌ها جهت جلوگیری از ورود رواناب با پشته‌های خاکی محصور شد (۴۱). پایین هر کرت برای هدایت رواناب و رسوب به مخزن جمع‌آوری از ورقه‌های گالوانیزه با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد (۲۸). در پایین هر کرت چاله‌ای برای جاگذاری مخازن رواناب و رسوب ایجاد شد و از ظروف ۶۰

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی فیزیکی	میانگین	ویژگی شیمیایی	میانگین
شن (%)	۶۰/۱	پهش	۷/۵
سیلت (%)	۲۰/۵	هدایت الکتریکی (dS/m)	۲/۵
رس (%)	۱۹/۲	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/۱۰۰g)	۱۱/۷
سنگریزه (%)	۷/۹	ماده آلی (%)	۱/۴
جرم مخصوص ظاهری (g cm <sup>-۳</sup> )	۱/۵	آهک (%)	۱۴/۶
نفوذپذیری خاک (cm h <sup>-۱</sup> )	۶۰/۵		
میانگین وزنی قطر خاکدانه در روش الک تر (mm)	۱/۰۹		

گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های خاک کشتزار

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشتزار مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به میانگین درصد شن (۶۰/۱)، سیلت (۲۰/۵) و رس (۱۹/۲)، بافت خاک کشتزار مورد مطالعه در محدوده لوم شنی قرار گرفت. با توجه به مقدار میانگین آهک (۱۴/۶ درصد) خاک کشتزار در گروه خاک‌های آهکی (۳۹) قرار دارد. میانگین هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود و خاک از نظر شوری در گروه خاک‌های کم‌شور (۱۰) قرار گرفت. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (۱۱/۷۴ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم) و درصد سدیم تبادلی خاک (۵/۵۹ درصد) کم بود. خاک کشتزار دارای خاکدانه‌های کوچک و همچنین دارای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار کمتری (MWD = ۱/۱ mm) بود که به محتوای کم اجزای پیوند دهنده ذرات مانند ماده آلی (کمتر از ۱/۵ درصد) و رس (۱۹/۲) مربوط می‌شود، (۱۳) که احتمال فروپاشی خاکدانه‌های خاک تحت تأثیر باران را افزایش می‌دهد. میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک کشتزار به دلیل وجود ذرات درشت زیاد (شن و سنگریزه)، ۱/۵۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. به دلیل وجود

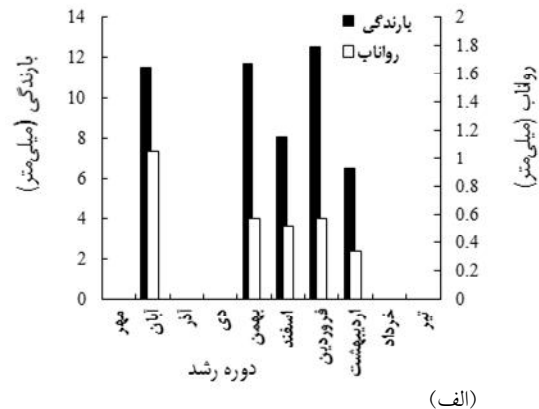
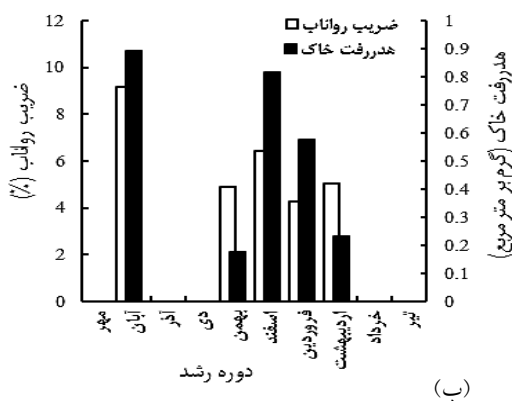
اکسیداسیون مرطوب و تر (۴۳)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی به‌وسیله اسید کلریدریک نرمال (۳۳)، واکنش (اسیدیته) به‌وسیله pH سنج و درجه شوری خاک بر مبنای رسانایی الکتریکی عصاره گل اشباع به‌وسیله دستگاه EC سنج مدل Tetra Con ۳۲۵، WTW GmbH، ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر فلزی (۲۷) تعیین شد. پایداری خاکدانه‌ها در آب به روش الک تر (۴۴)، در خاکدانه‌های با قطر دو تا چهار میلی‌متر به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری و بر مبنای شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار (MWD)، تعیین شد. نفوذپذیری خاک بر مبنای سرعت نفوذ نهایی آب خاک به روش استوانه مضاعف (۱۴) در سه تکرار در شرایطی که رطوبت خاک پایین بود (۴۱)، اندازه‌گیری شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایشات قبل از تجزیه و تحلیل، از نظر توزیع نرمال بودن به روش چولگی و کشیدگی بررسی شدند و در مواردی که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند، با روش‌های رایج (لگاریتم‌گیری و...)، توزیع آماری آنها به صورت نرمال تبدیل شد. تفاوت بین جهت شخم (شخم روی خطوط تراز و موازی با شیب) و تراکم کشت (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم درهکتار)، از نظر هدررفت آب و خاک با استفاده از آزمون دانکن در دو جهت کشت و دو تراکم مورد تحلیل قرار

جدول ۲. ویژگی رخدادهای منجر به رواناب و مقدار متوسط رواناب و هدررفت خاک در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵

متغیر	ارتفاع بارندگی (mm)	مدت بارندگی (min)	متوسط شدت بارندگی ( $\text{mm h}^{-1}$ )	ارتفاع رواناب (mm)	ضریب رواناب (درصد)	هدررفت خاک ( $\text{g m}^{-2}$ )
کمترین	۴/۶	۱۰۵	۲/۱۹	۰/۱	۱/۳۳	۰/۰۹
بیشترین	۱۸/۶	۴۰۷	۴/۴۸	۳/۰	۴۱/۵	۲/۹۵
میانگین	۱۰/۸	۲۵۸/۱	۲/۸۳	۰/۸	۷	۰/۷۲



شکل ۲. الف) تغییرات ماهانه بارندگی و رواناب و در ب) ضریب رواناب و هدررفت خاک در کرت‌های آزمایشی طی دوره رشد گندم (از مهر ۱۳۹۴ تا تیر ۱۳۹۵)

بافت درشت و تا اندازه‌ای وجود سنگریزه (۷/۵ درصد) و همچنین قرار گرفتن خاک منطقه بر روی تشکیلات آبرفتی، میزان نفوذپذیری خاک زیاد (۱۰/۲ سانتی‌متر بر ساعت) بود. تغییرات ماهانه بارندگی و رواناب و در ب) ضریب رواناب و هدررفت خاک در کرت‌های آزمایشی طی دوره رشد گندم (از مهر ۱۳۹۴ تا تیر ۱۳۹۵) در شکل (۲) بین ۰/۰۹ و ۲/۹۵۲ گرم بر مترمربع بود. تغییرات ماهانه بارندگی و رواناب، و ضریب رواناب و هدررفت خاک طی دوره رشد را نشان می‌دهد. در آبان‌ماه که خاک بدون پوشش گیاهی بود، ۱۵ رخداد بارندگی اتفاق افتاد که از آن چهار رخداد بارندگی منجر به رواناب شد. در آبان‌ماه، زمانی که سطح خاک بدون پوشش گیاهی بود، بیشترین مقدار رواناب (۱/۰۵ میلی‌متر) و بالاترین میانگین ضریب رواناب (۱۰/۶ درصد) اتفاق افتاد. کمترین میانگین ضریب رواناب (۴/۲۶ درصد) در فروردین‌ماه که سطح خاک تحت پوشش گیاهی

بافت درشت و تا اندازه‌ای وجود سنگریزه (۷/۵ درصد) و همچنین قرار گرفتن خاک منطقه بر روی تشکیلات آبرفتی، میزان نفوذپذیری خاک زیاد (۱۰/۲ سانتی‌متر بر ساعت) بود.

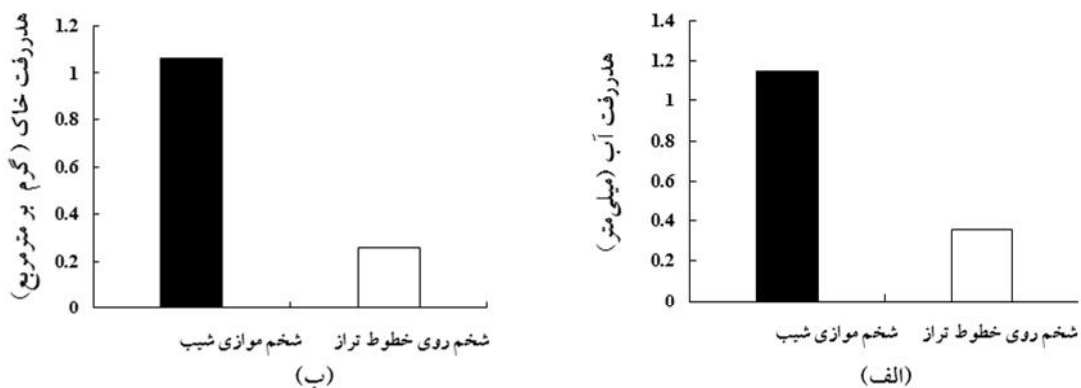
#### تغییرات ماهانه بارندگی، رواناب و هدررفت خاک

از ۸۲ رخداد بارندگی در طول دوره رشد گندم (از اواسط مهرماه ۱۳۹۴ تا اواسط تیرماه ۱۳۹۵) ۹ رخداد بارندگی منجر به ایجاد رواناب و رسوب در کرت‌ها شد. ویژگی‌های رخدادهایی که منجر به رواناب شدند همراه با مقدار رواناب، ضریب رواناب و هدررفت آب و خاک، در جدول (۲) بیان شده است. بیشترین ارتفاع بارندگی منجر به رواناب، ۱۸/۶ میلی‌متر و کمترین آن ۶/۴ میلی‌متر، حداکثر و حداقل شدت بارندگی به ترتیب ۴/۴۸ و ۲/۱۹ میلی‌متر در ساعت بود. حداقل حداکثر ضریب رواناب در رخدادهای منجر به رواناب، به ترتیب

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثرات جهت شخم و تراکم کشت بر هدررفت آب و خاک

میانگین مربعات		درجه آزادی	متغیر
هدررفت خاک ( $g\ m^{-2}$ )	هدررفت آب (mm)		
۴/۱۷۴***	۴/۲۱۷***	۱	جهت شخم
۱/۲۷۵*	۰/۴۳۷*	۱	تراکم کشت
۰/۰۶۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۱	تراکم × جهت
۰/۱۴۷	۰/۰۵۹	۱۰۴	خطا

\*، \*\*\* و ns به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، ۰/۰۰۱ درصد و غیر معنی دار



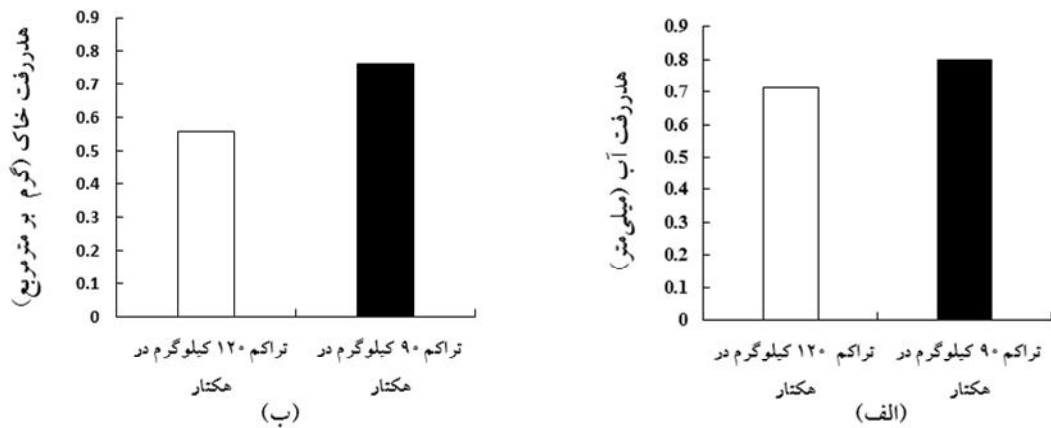
شکل ۳. اثر جهت شخم بر: الف) هدررفت آب و ب) هدررفت خاک

شخم اثری معنی داری بر هدررفت آب ( $P < 0/001$ ) و هدررفت خاک ( $P < 0/001$ ) داشت (جدول ۳). میانگین هدررفت آب در روش شخم موازی شیب (۱/۱۵ میلی متر) ۳/۲ برابر هدررفت آب در روش شخم روی خطوط تراز (۰/۳۶ میلی متر) بود (شکل ۳-الف). میانگین هدررفت خاک در روش شخم موازی شیب (۱/۰۶ گرم بر مترمربع)، حدود ۴/۰۸ برابر هدررفت خاک در روش شخم روی خطوط تراز (۰/۲۶ گرم بر مترمربع) بود (شکل ۳-ب). در حقیقت در روش کشت روی خطوط تراز به دلیل ایجاد موانع (پشته‌های خاک)، زبری سطح خاک افزایش یافته و از سرعت رواناب در سطح خاک کاسته شده و مدت زمان بیشتری برای نفوذ آب باران به خاک فراهم می‌شود (۲۱ و ۳۵). در کشت روی خطوط تراز، پشته‌ها به عنوان مانع در برابر جریان آب و انتقال

بود، مشاهده شد. بیشترین میانگین ارتفاع بارندگی در فروردین ماه (۱۲/۵ میلی متر)، مشاهده شد. زمین آبادی و واعظی (۳) در دامنه‌هایی به شیب‌های مختلف، نشان دادند که کمترین و بیشترین ارتفاع باران منجر به رواناب به ترتیب ۲۳/۱ و ۱/۲ میلی متر و بیشترین و کمترین شدت به ترتیب ۵/۸۱ و ۱/۲۶ میلی متر بر ساعت بود. در پژوهشی جرارد و گاردنر (۲۰) با مطالعه رواناب در کرت‌های ایجاد شده در کشتزارهای دیم نشان دادند که مقدار ضریب رواناب به شدت تحت تأثیر طبیعت باران قرار داشته و از ۵ تا ۵۰ درصد تغییر می‌کند.

#### هدررفت آب و خاک تحت تأثیر جهت شخم

مقایسه داده‌های حاصل از ۹ رخداد بارندگی که منجر به ایجاد رواناب شد با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که جهت



شکل ۴. اثر تراکم کشت بر: الف) هدرفت آب و ب) هدرفت خاک

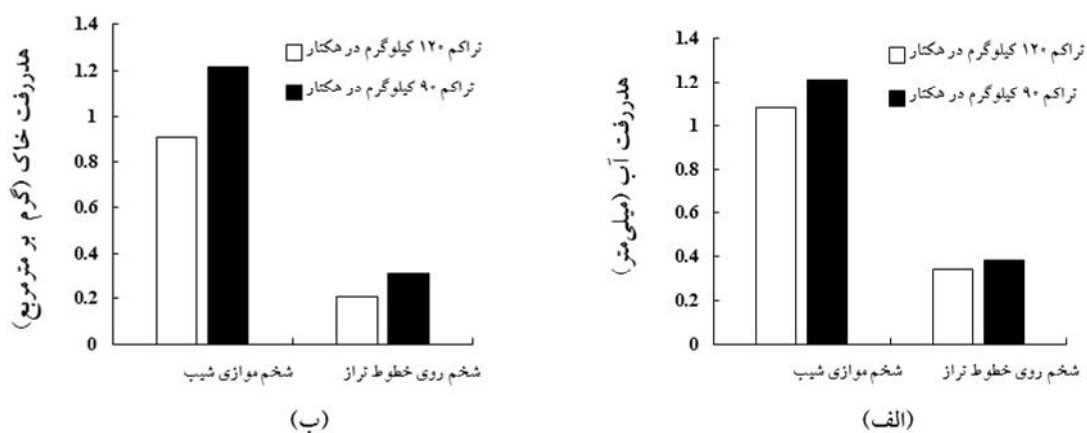
هدرفت آب در تراکم ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۰/۸ و ۰/۷۱ میلی‌متر بود (شکل ۴- الف). میانگین هدرفت خاک در تراکم ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۵۶ گرم بر مترمربع بود (شکل ۴- ب). این نتایج نشان داد که هدرفت آب و خاک در تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تراکم ۹۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب ۱۱/۲۵ و ۲۶/۳۲ درصد کاهش یافت. در تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار افزایش تعداد بوته در واحد سطح به عنوان مانعی موجب کاهش سرعت جریان سطحی شد و در نتیجه مدت زمان نفوذ آب باران به خاک افزایش یافت. پوشش گیاهی زیاد با به تأخیر انداختن شکل‌گیری رواناب (۴۷) باعث افزایش نفوذ آب به خاک شد (۳۱). ژانگ و همکاران (۴۶) در مطالعه خود در چین نشان دادند پوشش گیاهان بوته‌ای میانگین رواناب را ۲۰ درصد نسبت به خاک بدون پوشش کاهش داد. جعفری (۲) در پژوهشی با بررسی تأثیر تراکم کشت بر رواناب و عملکرد نخود دیم نشان داد که حداقل رواناب در تراکم ۴۰ کیلوگرم، ۴۲۱/۹ لیتر در هکتار و حداکثر میزان رواناب در تراکم ۳۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۵۵۰ لیتر در هکتار در هکتار بود. کویانپور و همکاران (۷) در پژوهش اثر پوشش گیاهی بر کاهش رواناب و هدرفت خاک را با استفاده از شبیه‌سازی باران در مراتع نشو استان مازندران بررسی کردند و نشان دادند که میانگین رواناب در پوشش گیاهی حداکثر به‌طور معنی‌داری

ذرات خاک عمل کرده و موجب حفظ آب و مهار رسوب می‌شوند. در کشت موازی شیب، به دلیل ایجاد جویچه‌هایی شبیه شیار موجب افزایش سرعت جریان سطحی شده و ذرات خاک راحت‌تر منتقل می‌شود. نتایج بررسی‌های کوروس و همکاران (۲۵) نشان داد که کشت با ایجاد پشته بر روی خطوط تراز، کشت بدون خاک‌ورزی و افزایش زبری سطح با مالچ کاه و کلش، رواناب را به ترتیب، ۰/۴، ۱۶/۲ و ۵۹/۶ درصد و هدرفت آب، ۷۸/۳، ۳۷/۲ و ۷۰/۹ درصد نسبت به کشت رایج کاهش داد. انجام عملیات شخم روی خطوط تراز، بیشتر از ۹۰ درصد، نسبت به شخم در جهت شیب از مقدار فرسایش خاک می‌کاهد (۳۰). لوفر و همکاران (۲۶) بیان کردند که در روش کشت نواری و کاهش عرض‌های خاک‌ورزی به ترتیب، میزان هدرفت آب ۵۵ و ۹۲ درصد و هدرفت خاک، ۸۵ و ۹۸ درصد کمتر بود، این موضوع به دلیل حفظ بخشی از پوشش در سطح خاک و کاهش سرعت جریان سطحی به دلیل تماس بیشتر با سطح و مدت زمان بیشتر برای رسوب ذرات نسبت به روش کشت متمرکز بود.

#### هدرفت آب و خاک تحت تأثیر تراکم کشت

مقایسه داده‌های بارندگی منجر به رواناب با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که تراکم کشت نیز اثری معنی‌دار بر هدرفت آب ( $P < 0/05$ ) و خاک ( $P < 0/05$ ) دارد (جدول ۳). میانگین





شکل ۵. اثر متقابل جهت و تراکم کشت بر (الف) هدررفت آب و (ب) هدررفت خاک

تحت تأثیر جهت کشت و تراکم کشت نشان می‌دهد. هدررفت آب و خاک در کشت روی خطوط تراز با اجرای تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تراکم ۹۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب، ۱۱/۹ و ۳۳/۸ درصد در مهار آب و خاک مؤثرتر بود. بنابراین باتوجه به نقش مؤثر هر دو عامل (جهت کشت و تراکم کشت) می‌توان نتیجه گرفت که کشت روی خطوط تراز با تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، مناسب‌ترین اقدام مدیریتی برای مهار هدررفت آب و خاک در کشتزار دیم مناطق نیمه‌خشک است.

### نتیجه‌گیری

هدررفت آب و خاک طی دوره رشد دچار تغییرات زمانی است. بیشترین میزان هدررفت آب و خاک در آبان ماه زمانی که پوشش گیاهی مناسب در کشتزار دیم گندم مستقر نشده بود، اتفاق افتاد. این پژوهش نشان داد که جهت شخم اثری معنی‌دار بر هدررفت آب و خاک دارد. در شخم موازی شیب میزان هدررفت آب و خاک به‌طور چشم‌گیری بیشتر از شخم روی خطوط تراز بود. در این روش آب باران در شیارهای کشت متوقف شده و نفوذ آب باران بیشتر شده و در نتیجه محتوای رطوبتی خاک افزایش می‌یابد. در آبان‌ماه که خاک حساس به فرسایش بود، روش کشت روی خطوط تراز به‌طور چشم‌گیری موجب کاهش هدررفت آب و خاک شد. در شخم موازی شیب

متوسط و مقدار بار رسوب در پوشش گیاهی حداقل (صفر تا ۳۳ درصد)، ۸/۶ برابر پوشش گیاهی حداکثر (۶۷ تا ۱۰۰ درصد) و دو برابر پوشش گیاهی متوسط (۳۳ تا ۶۷ درصد) بود. کوبینگ‌ژو و همکاران (۳۴) نشان دادند با حذف پوشش گیاهی میزان رواناب سطحی از ۶/۲ درصد به ۳۰/۳ درصد با حذف پوشش گیاهی افزایش یافت. اثر متقابل جهت شخم و تراکم کشت در میزان رواناب معنی‌دار نشد. حلیم و نورمانیزا (۲۳) در پژوهشی به بررسی اثرات تراکم *Melastoma malabathricum* (گیاه دارویی گل‌ده از راسته موردسانان) بر میزان فرسایش خاک در جهت‌های مختلف شیب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تیمار (سه نهال در جعبه) در هر کرت در دامنه شرقی به‌میزان ۶۹/۲ درصد، فرسایش خاک کمتر نسبت به تیمار مشابه در دامنه غربی داشت.

### برهمکنش جهت شخم و تراکم کشت بر هدررفت آب و خاک

اثر متقابل جهت کشت و تراکم کشت بر هدررفت آب و خاک معنی‌دار نبود. این نتیجه نشان می‌دهد که جهت شخم و نیز تراکم کشت به‌عنوان عوامل مهم از نظر تأثیر بر هدررفت آب و خاک هستند و نقش کاهنده شخم روی خطوط تراز با نقش کاهنده افزایش تراکم کشت در جلوگیری از هدررفت آب و خاک همراه است. شکل (۵) تغییرات هدررفت آب و خاک را

باران و سرعت جریان سطحی مهار شده و در نتیجه هدررفت آب و خاک کاهش یافت. برهمکنش جهت شخم و تراکم کشت از نظر هدررفت آب و خاک معنی دار نبود. با توجه به نتایج این پژوهش، به کارگیری روش شخم روی خطوط تراز و تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار برای حفظ آب و خاک در کشتزارهای دیم در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار ضروری است.

آب حاصل از بارندگی در شیارهای کشت با سهولت بیشتری جریان یافته و از زمین زراعی خارج می شود و در نتیجه هدررفت آب و خاک افزایش می یابد. تراکم کشت نیز اثری معنی دار بر هدررفت آب و خاک در کشتزار دیم داشت. در تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، سرعت جریان سطحی کاهش یافته و مدت زمان نفوذ آب افزایش یافت. در مراحل انتهایی رشد گندم با افزایش پوشش گیاهی بیشتر در سطح خاک، انرژی جنبشی قطرات

### منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. ۱۳۸۶. تولید غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز.
۲. جعفری، و. ۱۳۹۳. اثر تراکم کشت بر رواناب، رسوب و عملکرد محصول نخود دیم (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک تیکمه داش). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
۳. زرین آبادی، ا. و ع. واعظی. ۱۳۹۵. تولید رواناب و هدررفت خاک در مراتع با پوشش ضعیف تحت تأثیر تغییر کاربری زمین و جهت شخم. تحقیقات آب و خاک ایران ۴۷(۱): ۸۷-۹۸.
۴. زرین آبادی، ا. ۱۳۹۳. فرسایش خاک و عملکرد دانه تحت تأثیر جهت شخم بر هدررفت آب و خاک در شیب های مختلف، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.
۵. سازمان آب زنجان. ۱۳۹۰. گزارش مطالعات دشت زنجان. ۲۷-۵۴.
۶. شعبانی، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی تنوع مواد غذایی ماکرو در دانشگاه زنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان.
۷. کاویانپور، ا. ح. ز. جعفریان، ا. اسمعیلی و ع. کاویان. ۱۳۹۴. اثر پوشش گیاهی بر کاهش رواناب و هدررفت خاک با استفاده از شبیه سازی باران در مراتع نشو استان مازندران. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۲۶(۲): ۱۷۹-۱۹۰.
۸. لطف الله زاده، د. ی. نوروزی و ع. جعفری اردکانی. ۱۳۹۱. بررسی و تعیین مقدار فرسایش خاک با استفاده از مکعب های آلومینیومی در اراضی دیم به منظور مدیریت صحیح حوزه های آبخیز. مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری. لرستان.
۹. مسعودی فر، ا. و ع. محمدخانی. ۱۳۸۴. بررسی تراکم بوته بر خصوصیات کیفی گندم رقم کوهدشت در شرایط دیم گنبد. مجله زیست شناسی ایران ۱۸(۱): ۶۹-۷۶.
۱۰. ملکوتی، م. ج. پ. کشاورز و س. سادات. ۱۳۸۱. مواد غذایی گیاهان تحت شرایط شوری، انتشارات سنا، ایران.
۱۱. یوسفی فرد، م. ا. جلالیان و ح. خادمی. ۱۳۸۶. تخمین هدررفت خاک و عناصر غذایی در اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی با استفاده از باران ساز مصنوعی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵(۴۰): ۹۳-۱۰۳.
12. Bhowmik N. G. 1984. Conceptual models of erosion and sedimentation in Illinois: Vol.1. Project Summary, Illinois Scientific Surveys Joint Report 1, Illinois State Geological Survey Illinois Natural History Survey, Champaign, III.
13. Boujila A. and T Gallai, 2008. Soil organic carbon fraction and aggregate stability in carbonated and non-carbonated soils in Tunisia. *Journal of Agronomy* 7: 127-137.
14. Bouwer H. 1986. Intake rate: Cylinder infiltrometer. PP. 825-844, In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part

- I. Physical and Mineralogical methods. 2<sup>nd</sup> Ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of American, Inc., Madison.
15. Day P. R. 1965. Particle Fractionation and Particle-Size Analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling, (Methods of Soil Analysis) PP. 545-567.
  16. Del Cima, R., M. F DAntuono and W. K. Anderson. 2004. The effects of soil type and seasonal rainfall on the optimum seed rate for wheat in Western Australia. *Animal Production Science* 44(6): 585-594.
  17. El Kateb, H., H. Zhang, P. Zhang and R. Mosandl. 2013. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: a field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena* 105:1-10.
  18. FAO. 1987. Soil and Water Conservation in Semiarid Areas. Soils Bulletin 57, Rome, Report No. 242.
  19. Fayos C. B., M. Martinez-Mena, E. Arnau-ROosalen, A. Calvo-Cases, V. Castillo and J. Albaladsjo. 2006. Measuring soil erosion by field plots: Understanding the sources of variation. *Earth-Science Reviews* 78: 267-285.
  20. Gardner, R. A. M. and A. J. Gerrard. 2003. Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal. *Applied Geography* 23: 23-45.
  21. Gao Y., X. Dang, Y. Yu., Y. Li., Y. Liu. and J. Wang. 2015. Effects of tillage methods on soil carbon and wind erosion. *Land Degradation and Development* 27(3): 583-591.
  22. Gozubuyuk Z., U. Sahin., M. C. Adiguzel, I. Ozturk. and A. Celik. 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.
  23. Halim, A. and O. Normaniza. 2015. The effects of plant density of *Melastoma malabathricum* on the erosion rate of slope soil at different slope orientations. *International Journal of Sediment Research* 30(2): 131-141.
  24. Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1 (Physical and Mineralogical Methods). American Society of Agronomy, Agronomy Monographs, Madison, Wisconsin.
  25. Kurothe, R. S., G. Kumar, R. Singh, H. B Singh, S. P. Tiwari, A. K. Vishwakarma, D. R. Sena and V. C. Pande. 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.
  26. Laufer, D., B. Loibl, B. Marlander and H. J. Koch. 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.
  27. Nelson, D. W. and E. J Kladivko. 1979. Surface runoff from sludge- amended soils. *Journal of Woter Pollution Control Federation* 51: 100-110.
  28. Ngetich, K. F., J. Diels, C. A. Shisanya, J. N. Mugwe, M. Mucheru-muna and D. N. Mugendi. 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.
  29. Nikkami, D., A. J. Ardakani, F. B. Movahhed and P. Razmjoo. 2004. The effect of plough on surface runoff. In: Proceeding of the Workshop on Water harvesting and Sustainable Agricultura, 55<sup>th</sup> IEC Meeting of International Commission on Irrigation and Drainage, Moscow.
  30. Nikkami, D., A. J. Ardakani and F. B. Movahhed. 2008. Tillage management on sustainable rainfed agricultural resources. *Journal of Applied Sciences* 8(18): 3255-3260.
  31. Nunes, A. N., C. O. A Coelho, A. C. Almeida and A. Figueiredo. 2010. Soil erosion and hydrological response to land abandonment in a central Inland area of Portugal, *Land Degradation and Development* 21: 260-273.
  32. Ochoa-Cueva, P., A. Fries, P. Montesinos, J. A. Rodríguez-Díaz and J. Boll. 2015. Spatial estimation of soil erosion risk by land-cover change in the andes of southern ecuador. *Land Degradation and Development* 26(6): 565-573.
  33. Page, M. C., D. L. Sprrks and M. R. Noll. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic coastal. *Soil Science Society of America Journal* 51: 1460-1465.
  34. Qing-Xue, X. U., W. A. N. G. Tian-Wei, C. A. I. Chong-Fa, L. I. Zhao-Xia, S. H. I. Zhi-Hua and F. A. N. G. Rong-Jie. 2013. Responses of runoff and soil erosion to vegetation removal and tillage on steep lands. *Pedosphere* 23(4): 532-541.
  35. Stevens, C. J., J. N. Quinton, A. P. Bailey, C. Deasy, M. Silgram and D. R. Jackson. 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.
  36. Stocking, M. A. 1986. The Cost of Soil Erosion in Zimbabwe in Terms of Three Major Nutrients. FAO Consultants Working Paper 3, Agls, Rome.
  37. Snelder, D. J. and R. B. Bryan. 1995. The use of rainfall simulation tests to assess the influence of vegetation density on soil loss on degraded rangelands in the Baringo District, Kenya. *Catena* 25: 105-116.
  38. Su, Z. A., J. H. Zhang and X. J. Nie. 2010. Effect of soil erosion on soil properties and crop yields on slopes in the Sichuan Basin, China. *Pedosphere* 20(6): 736-746.

39. Tan, K. H. 2005. Soil Sampling Preparation and Analysis. 2<sup>nd</sup> Edition. Taylor and Francis/ CRC press, Boca Raton, FL.
40. Verestaeen, G. and J. Poesen. 1999. The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. *Geomorphology* 29: 275-292.
41. Vaezi, A. R., S. H. R. Sadeghi, H. A. Bahrami and M. H. Mahdian. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soils in northwestern Iran. *Geomorphology* 97(3): 414-423.
42. Vaezi, A. R. 2014. Modeling runoff from semi-arid agricultural lands in northwest Iran. *Pedosphere* 24(5): 595-604.
43. Walkly, A. and I. A. Black. 1934. An examination of digestion methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration. *Soil Science Society of America Journal* 37: 29-38.
44. Yoder, R. E. 1936. A direct method of aggregate analysis and a study of a physical nature of erosion losses. *Journal of American Agronomy* 28: 337-351.
45. Zhang, J. H., D. A. Lobb, Y. Li and G. C. Liu. 2004. Assessment of tillage translocation and tillage erosion by hoeing on the steep land in hilly areas of Sichuan, China. *Soil and Tillage Research Journal* 75: 99-107.
46. Zhang, X., W. Cao, Q. Guo and S. Wu. 2010. Effects of land use change on surface runoff and sediment yield at different watershed scales on the Loess Plateau. *International Journal of Sediment Research* 25(3): 283-293.
47. Zhang, G. H., G. B. Liu, G. L. Wang and Y. X. Wang. 2011. Effects of vegetation cover and rainfall intensity on sediment bound nutrient loss, size composition and volume fractal dimension of sediment particles. *Pedosphere* 21(5): 676-684.
48. Zhang, Y., X. Dai, D. Jia, H. Li, Y. Wang, C. Li, H. Xu and M. He. 2016. Effects of plant density on grain yield, protein size distribution, and bread making quality of winter wheat grown under two nitrogen fertilization rates. *European Journal of Agronomy* 73: 1-10.

## Effects of Tillage Direction and Plant Density on soil and water Loss in a Rainfed Land of a Semi-arid Region

A. R. Vaezi<sup>1\*</sup>, M. Bagheri<sup>1</sup> and K. Afsahi<sup>2</sup>

(Received: May 2-2017 ; Accepted: August 1-2017)

### Abstract

Soil erosion by water is a serious environmental problem, particularly in semi-arid regions. In these areas, water loss strongly affects soil loss as well as soil productivity in the rainfed lands. Determination of appropriate seed density for each tillage direction is vital to achieve high crop yield and to prevent soil and water losses. This study was conducted to investigate the combined effects of tillage direction and plant density on the soil and water losses in a rainfed land. Twelve crop plots with the dimensions of 1.5 m × 5 m were installed to investigate the effect of two tillage directions (up to the down slope and on the contour line), two seed densities (90 and 120 kg h<sup>-1</sup>), a three replications in a rainfed land with 10% slope steepness. Soil and water losses were measured in each plot during the wheat growth period (from October 2015 to June 2016). Significant differences were found between both tillage direction and plant density in the runoff (P<0.05) and soil loss (P< 0.001). Runoff and soil loss in the up to down slope tillage was 4.16 and 4.08 times bigger than the contour line tillage, respectively. Runoff and soil loss with the seed density of 120 kg h<sup>-1</sup> were 11.25 and 26.32% lower than those with 90 kg h<sup>-1</sup>, respectively. This result was associated with the increased cover crop and its control on water flow and the enhancement of water retention in the soil. There was no significant interaction between tillage direction and plant density in the runoff and soil loss. The importance of tillage direction in the soil and water loss was very larger than that of the plant density. The application of 120 kg ha<sup>-1</sup> seed density on the contour line could, therefore, considerably prevent soil and water losses in the rainfed lands.

**Keywords:** Contour tillage, Soil and water conservation, Water erosion, Winter wheat

---

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

2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

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