تأثیر مصرف کاه و کلش گندم بر خصوصیات جریان در نوارهای کشت گندم در شرایط دیم

علی‌رضا واعظی[۱*]، سمیرا رضایی‌پور[۲] ، اولدوز بخشی‌راد[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶)

چکیده

عملکرد گندم در کشت دیم در مناطق نیمه‌خشک تحت تأثیر کمبود رطوبت ناشی از کاهش بارندگی و همچنین هدررفت آب و خاک ناشی از فرسایش آبی می‌باشد. اطلاعات محدودی در زمینه روش‌های کاهش تولید جریان آب در کشت دیم وجود دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر افزودنی کاه و کلش گندم در سطح خاک بر خصوصیات جریان در نوارهای کشت گندم دیم در منطقه‌ای نیمه‌خشک در زنجان انجام گرفت. پنج سطح کاه و کلش گندم (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح به ترتیب معادل صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ تن در هکتار) در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مصرف شد. در مجموع ۱۵ کرت به ابعاد ۲ متر در ۵ متر در کشتزار احداث شد و خصوصیات جریان شامل زمان آغاز، سرعت، تنش برشی، قدرت، شعاع هیدرولیکی و حجم جریان در شیارها تحت جریانی با دبی ۲ لیتر بر دقیقه بررسی شد. ویژگی‌های خاک (ظرفیت نگهداری و سرعت نفوذ) و خصوصیات جریان (زمان آغاز، شعاع هیدرولیکی، سرعت، تنش و قدرت) به شدت تحت مصرف کاه و کلش قرار گرفتند ($p<۰/۰۱$). با مصرف کاه و کلش، ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک بهبود یافتند و سرعت، تنش برشی، شعاع هیدرولیکی، قدرت و حجم جریان به شدت کاهش یافت. در تیمار ۱۰۰ درصد کاه و کلش، ظرفیت نگهداری آب (۱۵/۶ درصد) و سرعت نفوذ (۱۲/۱ سانتی‌متر بر ساعت) نسبت به شاهد به ترتیب ۷۴ درصد و ۲/۴ برابر افزایش و حجم جریان ۳/۷ برابر کاهش یافت. در تیمار ۷۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد، تفاوتی معنی‌دار از نظر بهبود ویژگی‌های خاک و مهار ویژگی‌های جریان مشاهده نشد. از این رو مصرف ۷۵ درصد کاه و کلش (معادل با ۴/۵ تن درهکتار)، برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و مهار جریان آب در نوارهای کشت گندم دیم مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: زبری سطح، سرعت نفوذ، ظرفیت نگهداری، فرسایندگی جریان، مقاومت خاک

واعظی ع. ر.، رضایی‌پور س.، بخشی‌راد ا.، ۱۳۹۹. تأثیر مصرف کاه و کلش گندم بر خصوصیات جریان در نوارهای کشت گندم در شرایط دیم. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۴. صفحه: ۱۴- ۲۷.

۱-استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۳- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
*پست الکترونیک: vaezi.alireza@znu.ac.ir

مقدمه

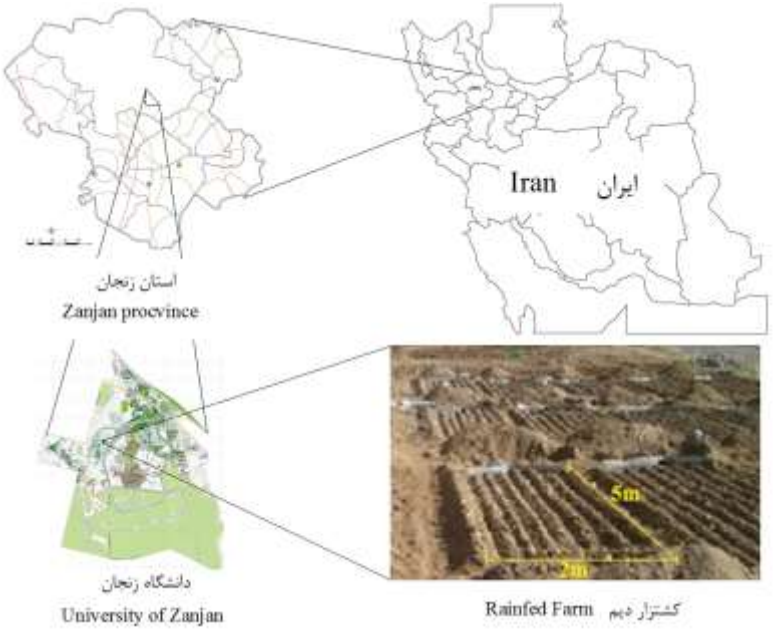
فرسایش خاک یکی از مشکلات اساسی در اراضی زراعی تحت کشت دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. فرسایش خاک نقش مهمی در کاهش حاصلخیزی و عملکرد گیاهان زراعی دارد (Niknami, 1994). اصلاح جهت و روش خاکورزی و کشت اقدامی مؤثر در مهار هدررفت آب و خاک در کشتزارهای دیم منطقه نیمه-خشک است (Vaezi *et al.*, 2020). خصوصیات جریان آب از جمله سرعت و تنش برشی جریان نقش مهمی در فرسایش خاک دارد (Govers *et al.*, 2007). تأثیر خصوصیات جریان در کندن و انتقال ذرات را می‌توان در ویژگی کلی جریان به نام فرسایندگی جریان بیان کرد که توانایی جریان را در کندن و انتقال ذرات از بستر نشان می‌دهد. مقدار جریان و خصوصیات آن تحت تأثیر شدت بارندگی، خصوصیات سطح زمین و ویژگی های خاک قرار دارد. با افزایش تنش برشی جریان، قدرت جریان در کندن و انتقال خاک افزایش می‌یابد و به تدریج منجر به ایجاد شیار در سطح خاک می‌گردد (Chanson *et al.*, 1999). کاهش فرسایندگی جریان یکی از راهکارهای اساسی در جلوگیری از هدررفت خاک در دامنه‌ها است.

یکی از روش‌های کاهش سرعت جریان و جلوگیری از هدر رفت خاک، استفاده از بقایای گیاهی و آلی است. مواد آلی به‌دلیل ایجاد یک لایه حفاظتی علاوه بر مهار انرژی جنبشی قطرات باران با افزایش مقاومت برشی سطح خاک، فرسایش را به شدت کاهش می‌دهد (Sadeghi *et al.*, 2014). مصرف کاه و کلش از جدا شدن خاکدانه‌های خاک از یکدیگر جلوگیری می‌کند و فرسایش خاک به دلیل افزایش نفوذپذیری و کاهش انرژی قطرات باران و رواناب در جداسازی و تخریب خاکدانه‌های خاک، کاهش پیدا می‌کند(Jordán *et al.*, 2010). بنابراین استفاده از افزودنی کاه و کلش، به‌علت نقش حفاظتی کاه و کلش، در حفاظت سطح خاک در برابر قطرات باران در کاهش تخریب خاک و فرآیند پاشمان و شستشوی ذرات از سطح و در نتیجه در جلوگیری از هدر رفت خاک مؤثر است (Miyata *et al.*, 2009 & Ghahramani *et al.*, 2011).

بررسی منابع در مورد اهمیت بقایای گیاهی بر رواناب سطحی و فرسایش آبی در اراضی شیب‌دار و حساس به فرسایش نشان می‌دهد که با افزایش بقایای گیاهی، تلفات خاک به صورت نمایی کاهش می‌یابد (Alberts & Neibling, 1994). همچنین عمق رطوبتی خاک با افزایش مقدار افزودنی بیش‌تر می‌شود که نشان می‌دهد افزودنی کاه و کلش تأثیر قابل توجهی بر افزایش ذخیره رطوبت خاک به ویژه در مقادیر کم بارندگی دارد (Unger, 2001). بیات موحد و همکاران (Bayat Movahhed *et al.*, 2001).

نشان دادند که استفاده از افزودنی بقایای گیاهی می‌تواند موجب افزایش نفوذ و کاهش هدررفت خاک شود. غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2000) با بررسی اثر کاه و کلش برنج بر زمان شروع جریان آب و ضریب رواناب نشان دادند که زمان شروع جریان با افزایش شدت باران کاهش یافت و ضریب رواناب با افزایش شدت باران، افزایش یافت. بر اساس گزارش صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2011) تیمارهای کاه و کلش برنج در تمام سطوح بارندگی در مقاسه با شاهد باعث کاهش حجم رواناب و هدررفت خاک شدند. خرا و بهات (Khera and Bhatt, 2005) با بررسی اثر افزودنی کاه و کلش بر مقدار رواناب سطحی نتیجه گرفتند که مقدار رواناب در مقایسه با شاهد تا ۳۳ درصد کاهش یافت. همچنین تیمار مذکور با کاهش بیشینه دمای خاک، کمک مؤثری در حفظ رطوبت آن داشت. شی و همکاران (Shi *et al.*, 2012) اثر پوشش افزودنی کاه و کلش را بر فرسایش بین‌شیاری با استفاده از باران شبیه‌سازی شده در شیب ۱۵ درصد در شرایط آزمایشگاهی در چین بررسی کردند. بر اساس نتایج پوشش ۹۰ درصدی افزودنی کاه و کلش بیشترین تأثیر را در کاهش رواناب و فرسایش بین شیاری در شیب ۱۵ درصد نشان داد. لی و همکاران (Li *et al.*, 2013) اثر افزودنی کاه و کلش در شدت تبخیر وتعرق ذرت بهاره را در منطقه نیمه خشک چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که طی دوره رشد در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری خاک، ۳۵ درصد آب و در شرایط افزودنی پاشی شده ۴۶/۱ درصد آب نگهداری شده است. غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2014) تأثیر افزودنی کاه و کلش در نفوذپذیری خاک، فرسایش پاشمانی و مقدار رواناب و رسوب را در شرایط آزمایشگاهی بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد افزودنی کاه و کلش اثر حفاظتی معنی‌داری بر فرسایش پاشمانی، ضریب رواناب، تجمع رسوب، هدررفت خاک، نفوذپذیری و زهکشی دارد. پروسدوسیمی و همکاران (Prosdocimi *et al.*, 2016) به

بررسی اثر کاه و کلش جو در فرسایش خاک و رواناب سطحی در تاکستان ۵۲ ساله در شرق اسپانیا پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از این بود که استفاده از افزودنی کاه و کلش منجر به کاهش تولید رواناب و جدا شدن ذرات خاک از سطح شد. احمدی مقدم و همکاران (Ahmadi-Moghaddam *et al*., 2016) طی پژوهشی به بررسی اثر افزودنی و خاکورزی بر ظرفیت نگهداری آب در خاک پرداختند و بیان داشتند که بیشترین مقدار رطوبت در تیمار بدون خاکورزی و تحت تأثیر افزودنی مشاهده شد. همچنین راهنما و همکاران (Rahnema *et al*., 2017) نیز به بررسی اثر مالچ کاه و کلش بر روی خاک‌های لسی پرداختند و بیان نمودند که با کاهش مصرف مالچ میزان فرسایش بیشتر و ذخیره سازی آب کمتر می‌شود. بر اساس نتایج زینال تومساواش (Zeynal Tümsavaş, 2017) بقایای گیاهی و افزودنی کاه و کلش منجر به کاهش ۹۸ درصدی هدر رفت خاک و کاهش ۸۹ درصدی رواناب شدند. کله‌هویی و همکاران (Kalehhouei *et al*., 2018) با مطالعه اثر حفاظتی کاه و کلش کلزا در مهار رواناب به این نتیجه رسیدند اثر کاه و کلش کلزا در کاهش رواناب در سطح ۹۹٪ معنی‌دار است، کمترین مقدار رواناب در پوشش حفاظتی ۷۵ درصد (۱۸۲۱ میلی‌لیتر) و بیشترین مقدار در تیمار شاهد (۵۵۰۱ میلی‌لیتر) بود. به‌طور کلی بررسی منابع نشان دهنده نقش مؤثر افزودنی گیاهی در ذخیره رطوبتی، حفظ خاک، کاهش رواناب و درنتیجه هدر رفت خاک است. با این وجود پژوهش‌ها در مورد نقش افزودنی‌های گیاهی در بهبود ویژگی‌های خاک و مهار جریان‌های آب در کشتزارهای دیم در نواحی نیمه-خشک محدود است. اهمیت این موضوع در کشتزارهای شخم خورده در جهت شیب دوچندان است. کاه و کلش گندم، از جمله مواد آلی است که در کشتزارهای گندم تولید می‌شود و می‌توان به عنوان افزودنی مناسب و سازگار با خاک برای اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک و کاهش فرسایش خاک در کشتزارهای دیم شیبدار مصرف شود. از این‌رو با توجه به اهمیت حفظ آب و خاک در کشتزارهای دیم این پژوهش با هدف بررسی اثرات افزودنی کاه وکلش گندم بر خصوصیات جریان در نوارهای کشت در کشتزار دیم در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی و تصویر کشتزار دیم گندم مورد بررسی
Figure1. Location and view of the study area

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

این پژوهش در کشتزار دیم گندم با شیب ۱۰ درصد در محدوده دانشگاه زنجان در طول فصل زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام گرفت. منطقه مورد بررسی بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱/۲۴۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۱/۲۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۳/۴۰۸ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۳/۴۱۹ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱).

منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش سالانه ۲۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد بوده و اقلیم آن بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است (Zanjan Water Organization, 2011). رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌ها در منطقه به ترتیب زریک و مزیک است. خاک‌های موجود در منطقه بر اساس روش رده‌بندی آمریکایی در دو رده انتی‌سول و اینسپتی‌سول طبقه بندی شدند (Shabani *et al*., 2014).در سطوح زیادی از این خاک‌ها، سنگریزه و قلوه‌سنگ در طبقات سطحی و زیرین خاک وجود دارد و از لحاظ مقدار مواد آلی فقیر (کمتر از یک درصد) هستند.

طرح آزمایش

آزمایش در ۱۵ واحد آزمایشی (کرت) شامل پنج سطح مصرف کاه و کلش گندم (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح به ترتیب معادل صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ تن در هکتار در سه تکرار تحت شرایط طبیعی در کشتزار دیم گندم در قالب بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. کرت‌ها در ابعاد ۲ متر در ۵ متر در جهت موازی شیب با استفاده از گاوآهن احداث و با استفاده از ورق گالوانیزه محصور شدند (Sensoy & Kara, 2014). همچنین برای جلوگیری از ورود رواناب، به داخل کرت، کرت‌ها توسط پشته‌ای از خاک از محیط اطراف جدا شدند (Vaezi *et al*., 2008). طول، عرض و ارتفاع شیارهای حاصل از شخم به ترتیب برابر ۵ متر، ۲۵ و ۱۰ سانتی‌متر است (Seutloali *et al*., 2015). بدین ترتیب مساحت و محیط شیار به ترتیب ۱۶۶/۶ و ۲۸ سانتی‌متر و حداکثر شعاع هیدرولیکی آن ۶/۶ سانتی‌متربود.

(الف) (a)

(ب) (b)

(ج) (c)

(د) (d)

شکل۲- پیاده سازی کرت‌های آزمایشی: الف) ایجاد نوارهای کشت به‌وسیله دستگاه خطی کار، ب) نمونه‌ای از کرت های احداث شده، ج) مخلوط کردن کاه و کلش گندم با خاک و د) جمع آوری رواناب در انتهای شیار

Figure2. Installing experiment plots: a) Creating farrows by agricultural linear Machine, b) Sample of installed plots, c) Mixing wheat straw and d) collecting surface runoff at the end of the furrow

مصرف کاه و کلش

در این پژوهش از افزودنی کاه و کلش گندم برای بررسی تأثیر آن در بهبود ویژگی‌های خاک و کاهش تولید جریان استفاده شد. کاه و کلش گندم، افزودنی رایج در اراضی زراعی تحت کشت دیم گندم است که به‌صورت باقی‌مانده محصول پس از برداشت به‌وسیله کمباین به شکل ایستاده روی خاک تا زمان شروع کشت بعدی باقی می‌ماند. ابتدا برای به دست آوردن مقدار کاه وکلش مصرفی برای ایجاد ۱۰۰ درصد پوشش مالچی، یک کرت به ابعاد ۲ متر در ۵ متر ایجاد و کاه و کلش در سطح کرت پخش شد. بدین

ترتیب برای پوشش ۱۰۰ درصد، مقدار ۶ کیلوگرم در ۱۰ مترمربع کاه و کلش استفاده شد. به این ترتیب مقدار صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ تن در هکتار به ترتیب برای سطح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد کاه و کلش استفاده شد. در زمان کاشت (اوایل مهر)، کاه و کلش گندم در سطح خاک هر کرت به طور یکنواخت پخش و با خاک سطحی (صفر تا ۲۰ سانتی‌متر) به‌وسیله بیل مخلوط شد (شکل ۲)، سپس با استفاده از دستگاه خطی‌کار ۹ ردیفی، گندم رقم سرداری در جهت شیب کشت شد.

تعیین ویژگی‌های خاک زراعی

نمونه‌برداری خاک به‌صورت تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد. در نمونه‌های خاک که از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (Gee & Bouder, 1986)، درصد سنگریزه به روش وزنی (Klute, 1986)، اسیدیته خاک (pH) به وسیله pH سنج در گل اشباع (Mclean,1982)، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به وسیله EC سنج (Western, 1990; Rhoades, 1982)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش چاپمن (Miller *et al*., 1996)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک یک نرمال (Jones, 2001)، سدیم تبادلی (Na^{+}) به وسیله دستگاه فلیم‌فوتومتر Miller *et al*., (1996)، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkley & Black, 1934) اندازه‌گیری شدند. در نمونه‌های خاک دست‌نخورده میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌های پایدار در آب به روش الک تر در ۱۰۰ گرم خاکدانه با قطر ۶ تا ۸ میلی‌متر(Angers & Mehuys, 1993) به مدت ۱ دقیقه، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر فلزی (Nelson & Kladivko, 1979)، نفوذپذیری خاک به روش استوانه مضاعف (Haise *et al*., 1956) و ظرفیت نگهداری آب خاک (FC) پس از افزودن کاه و کلش، اشباع کامل کرت و خارج شدن آب ثقلی، به روش وزنی (Gardner, 1970) در سه تکرار اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری خصوصیات جریان در شیار

خصوصیات جریان شامل زمان آغاز (رسیدن جریان به انتهای شیار)، سرعت جریان، تنش برشی، شعاع هیدرولیکی و قدرت جریان پیش از برداشت محصول در اواخر اردیبهشت همزمان با وقوع بارش‌های منطقه و افزایش رشد رویشی گندم مورد اندازه‌گیری قرارگرفت. در پایین‌دست هر شیار، گودالی به عمق ۰/۵ متر برای جمع آوری جریان تعبیه شد. از جریانی با دبی ثابت ۲ لیتر بر دقیقه برای بررسی تأثیر کاه و کلش گندم بر خصوصیات جریان استفاده شد. انتخاب دبی جریان بر مبنای وقوع رواناب در شدیدترین بارش‌های منطقه بود. همچنین بررسی‌های اولیه در کشتزار تحت جریان‌های با دبی متفاوت نشان داد که جریان‌های با دبی کمتر از ۲ لیتر بر دقیقه، فرسایندگی ندارند. برای بررسی تغییرات زمانی تولید جریان، نمونه‌های آب خارج شده از هر شیار در بازه‌های زمانی ۲ دقیقه جمع‌آوری شد. سرعت جریان نیز به روش ماده رنگی (متیلن بلو) درهنگام ثابت شدن دبی جریان اندازه‌گیری شد (Gilley *et al*., 1993). از لحظه ورود جریان به داخل شیار تا رسیدن آن به ظرف انتهایی به‌عنوان زمان رسیدن جریان به پایین‌دست شیار (زمان آغاز جریان) به‌وسیله زمان‌سنج مشخص شد (Wirtz *et al*., 2012). تنش برشی و قدرت جریان به ترتیب از روابط (۱) و (۲) به‌دست آمد (Knapen *et al*., 2009) و شعاع هیدرولیکی جریان (R) از رابطه مانینگ به‌دست آمد (۳):

$$\tau=\rho\ g\ R\ S \quad (۱)$$

$$\omega=\tau V \quad (۲)$$

$$V=(1/n)\ R^{(2/3)}\ S^{(1/2)} \quad (۳)$$

که در آن: τ تنش برشی ($kgm^{-1}s^{-2}$)، ρ چگالی آب (kgm^{-3})، g شتاب ثقلی (ms^{-2})، h عمق جریان (m)، S سینوس زاویه شیب، v سرعت جریان در شیار (ms^{-1}) و ω قدرت جریان (kgs^{-3})، R شعاع هیدرولیکی جریان (m) و n ضریب زبری مانینگ است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها پیش از تجزیه و تحلیل به روش شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) از نظر توزیع نرمال بودن بررسی شدند و توزیع داده‌های غیر نرمال با روش‌های رایج (توان، لگاریتم و...) توزیع آن‌ها به‌صورت نرمال تبدیل شد. برای بررسی تأثیر سطح افزودنی کاه و کلش بر ویژگی‌های جریان و فرسایش شیاری و تعیین مناسب‌ترین سطح معرف کاه و کلش از نظر مهار جریان آب و فرسایش شیاری از آزمون دانکن استفاده شد. بررسی تعیین روابط بین ویژگی‌های خاک، خصوصیات جریان و فرسایش شیاری از روش ماتریس همبستگی (پیرسون) استفاده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها ازنرم افزار *SPSS*

نسخه ۲۲ و جهت رسم نمودار از نرم افزار *Excel* نسخه ۲۰۱۳استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به میانگین توزیع اندازه ذرات اولیه شامل شن (۶۰/۳۳ درصد)، سیلت (۱۰/۰۸) و رس (۲۹/۶۰) بافت خاک کشتزار لوم رس شنی بود. با توجه به درجه شوری خاک (۲/۵۷ دسی زیمنس بر متر)، اسیدیته خاک (۷/۷۰) و نیز پایین بودن درصد سدیم تبادلی (۱/۱۲)، خاک کشتزار در گروه خاک‌های غیرشور و غیرقلیا (Brady & Weil, 2002) قرار داشت. همچنین باتوجه به مقدار زیاد کربنات کلسیم معادل (بیش از ۱۰ درصد) این خاک در رده خاک‌های آهکی(Tan & Lal, 2005) قرار داشت. درصد سدیم تبادلی خاک نیز (۱/۱۲) بسیار ناچیز بود. در این پژوهش خاک کرت‌های آزمایشی با توجه به مقدار پایین ماده آلی (۰/۴۷ درصد) و میزان کم ذرات اولیه رس، دارای خاکدانه‌های کوچک و ناپایدار (۰/۱۱ میلی‌متر) بود. به دلیل وجود بافت درشت و تا اندازه‌ای سنگریزه‌ای (۳۱/۴۱ درصد)، ظرفیت نگهداری آب خاک بسیار کم (۱۰/۴۲) و نفوذپذیری آن زیاد (۱۲/۸ سانتی‌متر بر ساعت) بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Some physical and chemical properties of the studied soil

	Variable description	Mean	Standard Deviation	CV (%)
Chemical properties	pH	7.70	0.10	1.298701
	EC(dSm^{-1})	2.57	0.1	3.891051
	CEC($meq.100g^{-1}$)	27	0.1	0.37037
	ESP	1.12	0.13	11.60714
	OM (%)	0.47	0.1	21.2766
Physical properties	Sand (%)	60.33	0.22	0.364661
	Silt (%)	10.08	0.16	1.587302
	Clay (%)	29.60	0.10	0.337838
	Gravel(%)	31.41	0.11	0.350207
	Mean weigh diameter (mm)	0.11	0.10	90.90909
	Bulk density (gcm^{-3})	1.14	0.13	11.40351
	Field capacity (cm^3cm^{-3})	10.42	0.14	1.34357
	Infiltration rate (cmh^{-1})	12.8	0.13	0.364661

pH: واکنش خاک، EC: هدایت الکتریکی، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی، ESP درصد سدیم تبادلی، OM : ماده آلی و CCE: کربنات کلسیم معادل

ویژگی‌های جریان در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده شعاع هیدرولیکی جریان از ۱/۰۶ تا ۰/۰۵ سانتی‌متر متغیر بود. متوسط قدرت جریان در سطوح مصرف کاه و کلش برابرkgs^{-3} ۰/۱، متوسط سرعت جریانms^{-1} ۰/۰۶، متوسط تنش برشی $kgm^{-1}s^{-2}$ ۰/۱۴، متوسط تولید جریان ۰/۲۸ درصد و متوسط زمان رسیدن جریان برابر ۱۱۸ دقیقه بود.

جدول ۲- خصوصیات آماری ویژگی‌های جریان

Table 1. Statistical properties of flow characteristics

Variable description	Max	Min	Mean	Standard Deviation	CV (%)	Test of Normality (Shapiro-wilk)*
Hydraulic radios (cm)	0.35	0.06	0.16	0.09	0.56	0.09
Steam Power (kgs^{-3})	2.77	0.25	1.05	0.79	0.75	0.051
Shear Stress($kgm^{-1}s^{-2}$)	0.05	0.31	0.14	0.08	0.58	0.09
Flow velocity(ms^{-1})	0.09	0.05	0.06	0.01	0.16	0.06
Flow volume (%)	2.45	0.64	1.41	0.67	0.47	0.06
Flow starting time (min)	250	12.76	118.07	77.24	0.65	0.40

*مقادیر بالاتر از 0.05 را می‌توان با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد.

تأثیر مقدار مصرف کاه و کلش بر ویژگی‌های خاک و خصوصیات جریان

بررسی آماری تأثیر سطوح معرف کاه و کلش گندم بر ویژگی‌های خاک و خصوصیات هیدرولیکی جریان نشان داد که سطح مصرف افزودنی تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب($p<۰/۰۱$)، نفوذپذیری($p<۰/۰۱$)، زمان آغاز جریان($p<۰/۰۱$)، شعاع هیدرولیکی جریان($p<۰/۰۱$)، تنش برشی($p<۰/۰۱$)، قدرت جریان($p<۰/۰۱$)، سرعت جریان($p<۰/۰۱$) و حجم جریان($p<۰/۰۱$) داشت (جدول ۳).

جدول۳- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف مصرف کاه و کلش گندم بر ویژگی‌های خاک و خصوصیات جریان در نوارهای کشت

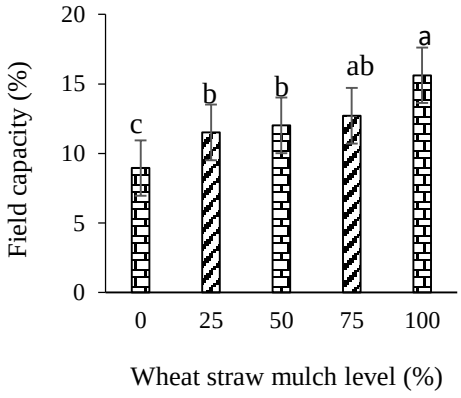
Figure2.The variance analysis effect of different levels of wheat straw on soil and flow characteristics in strip tillage

Mean Square									
Soil Characteristics		Flow Characteristics							
Source of Variation	Df	Infiltration rate	Field Capacity	Hydraulic radios	Steam Power	Shear Stress	Flow velocity	Flow volume	Flowstarting time
		cmh^{-1}	%	cm	kgs^{-3}	$kgm^{-1}s^{-2}$	Ms^{-1}	%	min
Wheat Straw level	4	24.67**	17.24**	0.02**	2.01**	0.02**	0.01**	1.56**	15166.6**
Error	8	21.13	17.18	26.8	25.2	26. 8	16.7	17.34	6.6

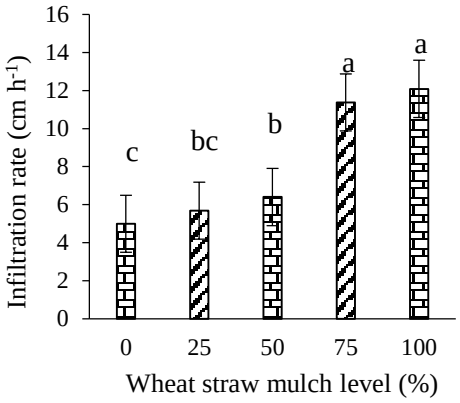
** معنی‌دار در سطح احتمال۹۹/۹ درصد و * معنی‌دار در سطح احتمال۹۵ درصد

**: Significant at P<0.01, *: Significant at P<0.05

با افزایش مصرف کاه و کلش گندم، مقدار ظرفیت مزرعه و نفوذپذیری خاک روندی افزایشی یافت. برای بررسی دقیق‌تر تأثیر سطوح مختلف کاه و کلش بر این ویژگی‌ها، مقایسه‌های میانگین انجام گرفت. بیشترین مقدار ظرفیت نگهداری آب خاک (۱۵/۶۲ درصد) از تیمار ۱۰۰ درصد افزودنی کاه و کلش و کمترین مقدار آن (۸/۹ درصد) از تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۳). با توجه به نتایج، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین تیمار ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد مشاهده نشد و همچنین افزایش جزئی ظرفیت نگهداری آب در تیمار ۱۰۰ درصد را به جذب مقدار بیشتری آب توسط کاه و کلش نسبت به تیمار ۷۵ درصد نسبت داد. بیشترین شدت نفوذپذیری (۱۲/۵ سانتی‌متر بر ساعت) نیز در تیمار ۱۰۰درصد افزودنی کاه و کلش و همچنین کمترین مقدار آن (۴/۴۹ سانتی‌متر بر ساعت) در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل۳). با توجه به توانایی کاه و کلش در جلوگیری از افزایش دمای خاک، مصرف افزودنی، مانع تبخیر از سطح خاک می‌گردد و با بهبود تشکیل خاکدانه و افزایش تخلخل درشت خاک، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد که با نتایج (Kaur & Singh, 2012) مطابقت دارد. نتایج مطالعات Weiyu و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد با مدیریت مصرف افزودنی کاه و کلش در منطقه نیمه‌خشک، ظرفیت نگهداری آب در خاک نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. حرکت آب در خاک به توزیع و پیوستگی ذرات خاک وابسته است (Vaezi *et al.*, 2019). با توجه به این‌که برگرداندن بقایای گیاهی به خاک باعث افزایش تخلخل می‌شود، لذا احتمال وجود منافذ درشت در آن بیشتر بوده و در نتیجه آب هدایت هیدرولیکی اشباع بیشتری را نشان می‌دهد. بنابراین وجود بقایای گیاهی منجر به افزایش توان خاک در نفوذ آب می‌شود که در نتیجه این امر باعث جلوگیری از فرسایش خاک می‌شود (MacRae & Mehuys,1985). استفاده از افزودنی کاه و کلش اثر معنی‌داری بر تأخیر در وقوع جریان آب داشت به گونه‌ای که در تیمار ۱۰۰ درصد افزودنی افزایش ۱۸۸ دقیقه‌ای زمان آغاز جریان (در دقیقه ۲۳۳) در مقایسه با تیمار شاهد (در دقیقه ۴۵) مشاهده شد. این تأخیر زمانی در آغاز جریان، اهمیت وجود بقایای گیاهی در خاک را نشان می‌دهد (شکل۴). افزایش متوسط زمان آغاز جریان در سطوح مختلف مصرف افزودنی به دلیل افزایش قابلیت نفوذ خاک، زبری سطح خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک است که بیان کننده تأخیر رواناب سطحی و کاهش فرآیندهای فرسایشی است.



(الف) (a)



(ب) (b)

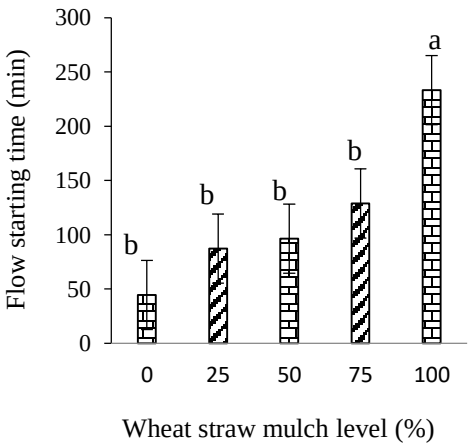
شکل۳- اثر سطوح مختلف افزودنی کاه و کلش گندم بر ظرفیت نگهداری آب خاک (الف) و ب) نفوذپذیری خاک

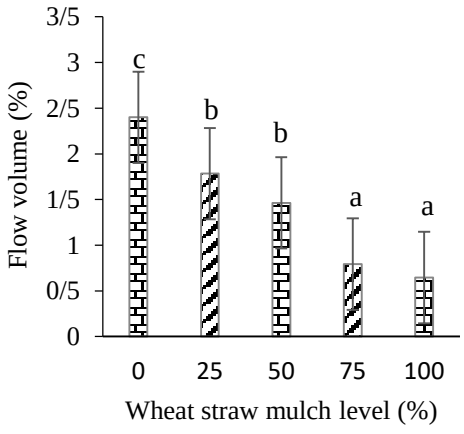
Figure 3. The effect of different levels of wheat straw mulch on a) Field capacity and (b) Infiltration rate

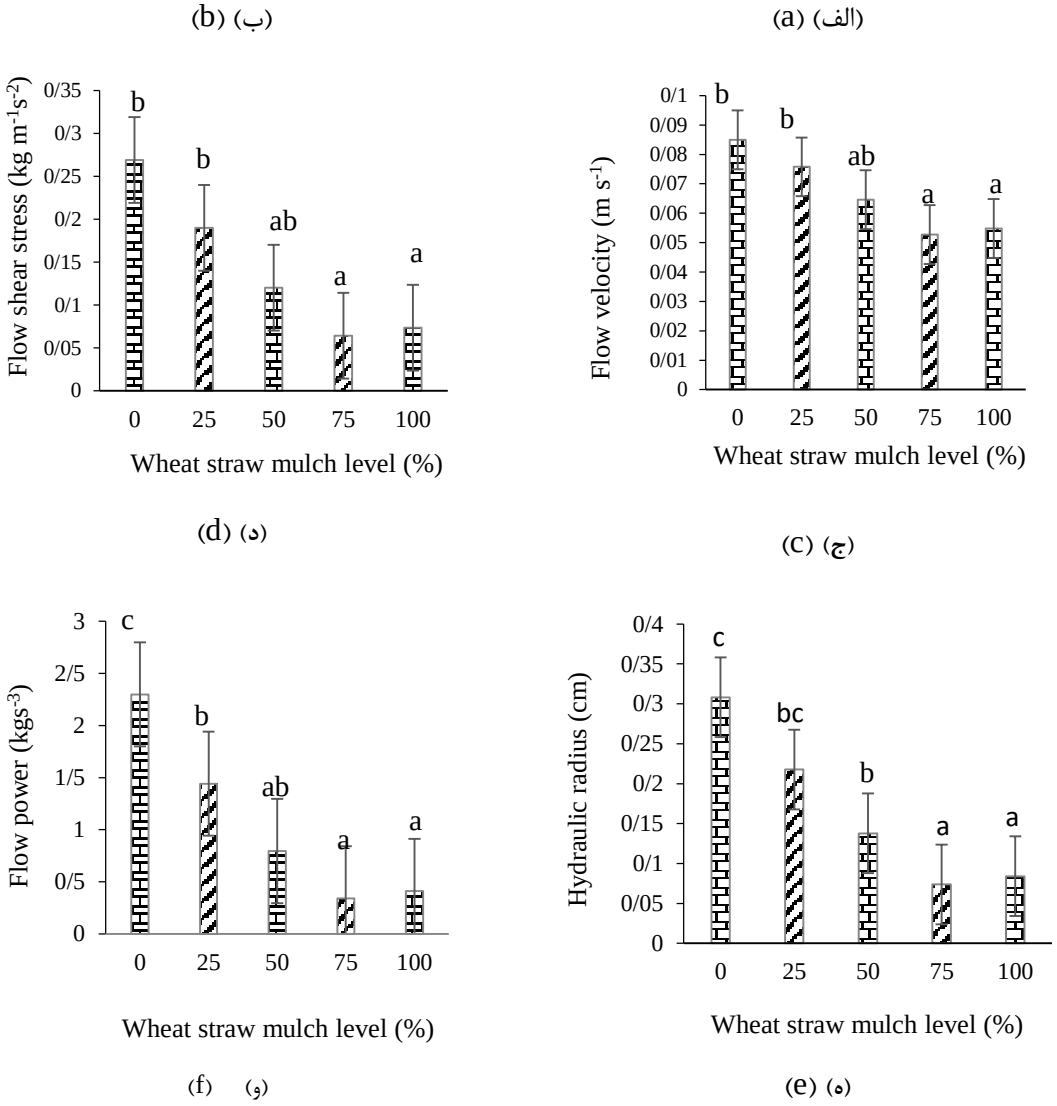
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Mean followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple rang test at P<0.05.

بررسی‌های کسترا و همکاران (Keesstra *et al.*, 2019) نیز نشان داد استفاده از افزودنی کاه و کلش با به تأخیر انداختن زمان آغاز جریان، باعث کاهش ضریب رواناب از ۶۵/۵ به ۵۰/۵ درصد شد. در آزمایش حاضر که درصد تولید جریان تحت تأثیر مصرف افزودنی بود. کمترین نسبت رواناب در تیمار ۱۰۰ درصد افزودنی کاه و کلش گندم (۰/۶۴ درصد) و بیشترین مقدار در تیمار شاهد (۲/۴۵ درصد) مشاهده شد (شکل۴). بقایای گیاهی بالا به عنوان عاملی مهم در مهار رواناب در شیار می‌باشد که بر این اساس ستلولی و همکاران (Seutloali *et al.*, 2015) نشان دادند که جریان در شیار با افزایش شیب و کاهش بقایای گیاهی افزایش یافت. پژوهش حاضر نشان داد که سرعت جریان با افزایش مقدار افزودنی کاهش پیدا کرد (شکل۴). در تیمار شاهد بالاترین مقدار سرعت جریان مشاهده شد (حدود۸ سانتی‌متر بر ثانیه) و با افزایش مقدار کاه و کلش در سطح خاک، سرعت جریان رواناب کاهش یافت که این موضوع به دلیل افزایش منافذ درشت و در نتیجه بهبود نفوذپذیری و افزایش زبری خاک بود، به گونه‌ای که در تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش کمترین سرعت جریان (۵/۲ سانتی‌متر بر ثانیه) مشاهده شد. از آنجا که با افزایش مقدار مصرف افزودنی، قابلیت نفوذ و ظرفیت نگهداری آب در خاک افزایش می‌یابد، بنابراین کاهش سرعت جریان از تیمار شاهد تا تیمار ۷۵ درصد به دلیل افزایش زبری و در نتیجه افزایش نگهداری آب خاک بود. عملکرد پایین گندم و C/N بالا در تیمار۱۰۰ درصد افزودنی کاه و کلش می‌تواند علتی در افزایش جزئی سرعت جریان در تیمار۱۰۰درصد (۵/۴ سانتی‌متر بر ثانیه) نسبت به تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش باشد که با تحقیقات ستلولی و همکاران (Seutloali *et al.*, 2015) مطابقت دارد.







شکل۴- اثر سطوح مختلف افزودنی کاه و کلش گندم بر زمان آغاز جریان (الف)درصد تولید جریان(ب)، سرعت جریان (ج)، تنش برشی (د)، قدرت جریان (و) و شعاع هیدرولیکی (ه).

Figure 4. Effect of different levels of wheat straw mulch on a) flow starting time, b) flow production, c) flow velocity, d) shear stress, e) stream power and f) Hydraulic radius

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

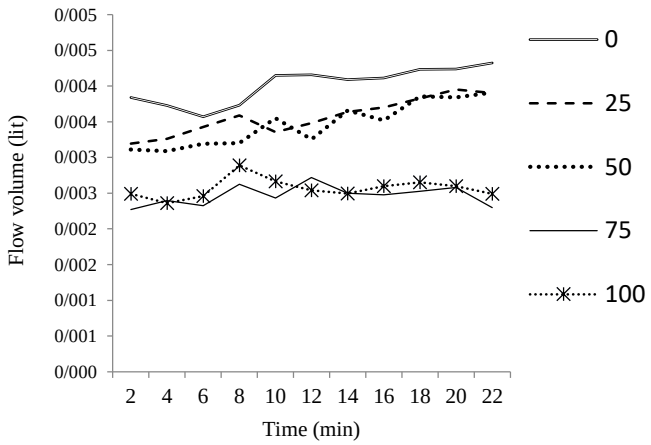
Mean followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple rang test at P<0.05.

تنش برشی و قدرت جریان از جمله ویژگی‌های هیدرولیکی جریان به شمار می‌روند که در بیشتر مدل-های فیزیکی برآورد فرسایش آبی خاک به عنوان شاخص-های اصلی معرف انرژی رواناب برای تولید رسوب محسوب می‌شوند (Govers *et al.*, 2007). بالاترین مقدارتنش برشی جریان در تیمار شاهد (۰/۲۶ $kgm^{-1}s^{-2}$) و کمترین مقدار آن در تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش گندم (۰/۰۶$kgm^{-1}s^{-2}$) مشاهده شد (شکل۴د). بیشترین مقدار قدرت جریان نیز در تیمار شاهد (۲/۲۹kgs^{-3}) و کمترین مقدار آن در تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش گندم (۰/۳۴kgs^{-3}) مشاهده شد (شکل ۴). شعاع هیدرولیکی جریان که به عنوان عامل مهم مؤثر در تنش برشی و قدرت جریان است و به نوبه خود معرف فرسایندگی جریان می‌باشد، با افزایش مصرف کاه و کلش گندم، روندی کاهشی پیدا کرد. بیشترین شعاع هیدرولیکی در تیمار شاهد (۰/۳ سانتی‌متر) و کمترین آن در تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش گندم (۰/۰۷ سانتی‌متر) بود (شکل ۴).

تغییرات زمانی جریان

در همه تیمارها با گذشت زمان، تولید جریان افزایش یافت. این موضوع به‌دلیل افزایش تدریجی محتوای رطوبت خاک طی زمان و در نتیجه کاهش نفوذپذیری خاک بود. روند افزایش تولید جریان در تیمارهای مختلف متفاوت بود. بیشترین شدت تولید جریان در تیمار شاهد مشاهده شد. در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کاه و کلش گندم نسبت به تیمار ۷۵ درصد، حجم جریان آب اندکی افزایش یافت.

بررسی تغییرات زمانی جریان در سطوح مختلف افزودنی کاه و کلش نشان می‌دهد که بیشترین حجم جریان در تیمار شاهد (۰/۴۲ لیتر) و کمترین مقدار آن در تیمار ۷۵ درصد کاه و کلش گندم (۰/۲۲ لیتر) بود (شکل ۵). کاهش مقدار جریان در تیمار ۷۵ درصد کاه و کلش در شرایط تراکم زیاد که جریان از میان گیاه گندم عبور می‌کند، بیشترین نیروی کششی را تحمل کرده باعث افزایش ضریب زبری و درنتیجه کاهش حجم جریان طی زمان می‌شود. درحالی‌که در تیمار۱۰۰ درصد افزودنی کاه و کلش به دلیل عملکرد پایین گندم، کاهش حجم جریان نسبت به تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش مشهود نبود. رشد بهتر گیاه در تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش عاملی در افزایش ممانعت بوته‌ها در برابر حرکت آب و در نتیجه کاهش تولید جریان بود. در پژوهشی چیو و تان (Chiew & Tan, 1992) تأثیر بوته‌های کاشته شده در شیار را بر ضریب اصطکاکی در شرایط تراکم کم و تراکم زیاد مورد بررسی قراردادند. نتیجه آزمایش‌ها نشان داده است که ساقه های گیاه که جریان از آنها عبور می‌کند، بیشترین نیروی کششی را تحمل می‌کنند و با افزایش تراکم ضریب زبری افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات صادقی و همکاران (Sadeghi *et al*., 2011) نیز نشان داد افزودنی کاه و کلش برنج باعث کاهش حجم رواناب می‌شود.



شکل ۵- تغییرات زمانی حجم جریان در سطوح مختلف مالچ کاه و کلش

Figure 5. Temporal variation of flow volume in different levels of wheat straw mulch

رابطه بین مصرف کاه و کلش گندم با ویژگی‌های خاک و خصوصیات جریان

همبستگی بین سطح مصرف افزودنی کاه و کلش گندم، ویژگی‌های خاک و خصوصیات جریان در کشتزار گندم دیم در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت معنی‌دار بین مقدار افزودنی کاه و کلش گندم و ظرفیت نگهداری آب ($r=۰/۸۹$ و$p<۰/۰۵$) و نفوذپذیری خاک ($r=۰/۹$ و$p<۰/۰۱$) وجود دارد. افزودنی با بهبود ساختمان خاک و افزایش منافذ درشت باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک شد (Vaezi *et al*., 2019). بهبود نفوذپذیری خاک موجب تغییر ویژگی‌های جریان در شیارها شد به‌طوری که از یک سو همبستگی مثبت بین مقدار افزودنی کاه و کلش و زمان آغاز جریان وجود داشت ($r=۰/۶۵$ و $p<۰/۰۱$) و از سوی دیگر همبستگی منفی بین نفوذپذیری خاک و سرعت جریان($r=-۰/۸۶$ و $p<۰/۰۵$)، قدرت جریان ($r=-۰/۶۸$ و $p<۰/۰۱$)، تنش برشی($r=-۰/۸۰$ و $p<۰/۰۱$) و حجم جریان ($r=-۰/۷۵$ و $p<۰/۰۱$) وجود داشت. این نتایج نشان می‌دهد که بهبود نفوذپذیری خاک با مصرف کاه و کلش گندم، زمان آغاز جریان در شیارها

را به تأخیر می‌اندازد. همچنین، افزایش زبری سطح خاک در اثر مصرف کاه و کلش عاملی دیگر در کاهش سرعت جریان و در نتیجه به تأخیر افتادن وقوع جریان در شیارها است (Vaezi *et al*., 2019). از این رو مصرف کاه و کلش نقش مهمی در تحلیل ویژگی‌های جریان از جمله کاهش سرعت، قدرت، تنش برشی و شعاع هیدرولیکی و در نتیجه کاهش تولید جریان در شیارها دارد.

جدول۳- همبستگی بین ویژگی‌های خاک، خصوصیات جریان و سطوح مصرف افزودنی کاه و کلش گندم در کشتزار گندم دیم

Table 3. Correlation between soil properties, flow characteristics and wheat straw mulch levels in wheat rainfed land

Hydraulic factors of flow	Straw mulch level	Field capacity	Infiltration rate	Flow starting time	Flow velocity	Hydraulic radius	Shear stress	Stream power	Flow volume
Straw mulch level	1								
Field capacity	0.89**	1							
Infiltration rate	0.90**	0.75**	1						
Flow starting time	0.65**	0.75**	0.58*	1					
Flow velocity	-0.90**	0.75**	-0.86**	-0.46	1				
Hydraulic radius	-0.90**	-0.78**	-0.80**	-0.43	0.96**	1			
Shear stress	-0.90**	-0.78**	-0.80**	-0.43	0.96**	0.98**	1		
Stream power	-0.70**	-0.65**	-0.68**	-0.63	-0.47	-0.50	-0.50	1	
Flow volume	-0.86**	-0.82**	-0.75**	-0.58*	0.83**	0.88**	0.88**	-0.78*	1

** معنی‌دار در سطح احتمال۹۹/۹ درصد و * معنی‌دار در سطح احتمال۹۵ درصد

**: Significant at P<0.01, *: Significant at P<0.05

نتیجه گیری کلی

افزودنی کاه و کلش گندم، سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود نفوذپذیری خاک می‌شود. همچنین افزودنی کاه و کلش گندم زبری سطح خاک را بیشتر کرده، به عنوان مانعی در برابر جریان سطحی عمل می‌کند و در نتیجه فرصت نفوذ آب به خاک را افزایش می‌دهد. همبستگی مثبت معنی‌دار بین مقدار افزودنی کاه و کلش گندم و زمان آغاز جریان وجود داشت در حالی که همبستگی بین مقدار افزودنی و سایر خصوصیات جریان شامل شعاع هیدرولیکی، سرعت ، قدرت و حجم تولید جریان منفی بود. این نتایج نشان می‌دهد که با مصرف افزودنی کاه و کلش گندم، سرعت جریان در شیارها به شدت افت کرده و زمان وقوع جریان به تأخیر می‌افتد و در نتیجه شعاع هیدرولیکی، تنش برشی و قدرت جریان در شیارها کاهش می‌یابد. در تیمار ۱۰۰ درصد افزودنی کاه و کلش (۶ تن در هکتار) بیشترین افزایش در ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک مشاهده شد و به این دلیل کمترین تولید جریان را نشان داد. در این تیمار ویژگی‌های مختلف جریان مانند شعاع هیدرولیکی، سرعت، تنش برشی و قدرت جریان نیز دچار افت شدیدی نسبت به تیمار شاهد شدند اما تفاوت آن از این نظر با تیمار ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش (۴/۵ تن در هکتار) معنی‌دار نبود. با توجه به بیشترین تأثیر سطح ۷۵ درصد افزودنی کاه و کلش در کاهش شعاع هیدرولیکی، سرعت، تنش برشی و قدرت جریان در شیارها و نیز عدم تفاوت معنی‌دار آن از نظر تولید جریان با تیمار ۱۰۰ درصد، می‌توان نتیجه گرفت که مصرف ۷۵ درصد کاه و کلش در کشتزارهای دیم گندم برای مهار جریان‌های رواناب مناسب است.

References

Alberts E. E. and Neibling W. H. 1994. Influence of crop residues on water erosion. *Managing Agricultural Residues*. Lewis, Boca Raton, United States of America, 13: 19–39.

Bayat Movahhed F., Nikknami D., Tokasi M., Moradi P. and Daghigh H. 2001. Effect of wheat straw mulch application on soil and organic carbon loss in rainfed hill slope lands. *Watershed Engineering and Management,* 3(4): 223-230. (In Persian)

Brady N. and Weil R. 2002. The Nature and Properties of Soils (13th Ed). Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 960 p.

Chanson H. 1999.The Hydraulics of open channel flow. An Introduction. John Wiley and sons Inc. New York. USA, 495 p.

Chiew Y., and Tan S. 1992. Friction resistance of overland flow on tropical turfed slope. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(1):92-97.

Gardner W. R. 1970. Field measurements of soil water diffusivity. *Soil Science Society of American Proceeding*, 34: 832–833.

Gee G. W., Bauder J. W. and Klute A. 1986. Particle-size analysis Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods, pp. 383-411.

Ghahramani A., Ishikawa Y., Gomi T., Shiraki K. and Miyata S. 2011. Effect of ground cover on splash and sheetwash erosion over a steep forested hillslope: A plot-scale study. *Catena*, 85: 34–47.

Gilley J.E., Elliot W.J. and Lafle J. M. 1993. Critical shear stress and critical flow rates for interaction of rilling. *Journal of Hydrology*, 142: 251-271.

Gholami L., Sadeghi S.H.R. and Homaee M. 2000. Effect of rice straw mulch on runoff threshold and coefficient from rainfall. *Iranian Water Researches Journal*, 8(15): 33-40.

Gholami L., Kazimierz B., Sadeghi S.H., Khaledi Darvishan A. and Hejduk L.2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. *Journal of Water and Land Development*, 22(1):51-60.

Govers G., Gimenez R and Oost W.K. 2007. Rill erosion: Exploring the relationship between experiments modeling and field observation. *Earth-Science Reviews*, 84:87-102.

Keesstra S.D., Rodrigo-Comino J., Novara A., Giménez-Morera A., Pulido M., Prima S. Diand Cerdà A. 2019. Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain: An assessment using rainfall simulation experiments**.** *Catena*, 174: 95 - 103.

Haise H. R., Donnan W. W., Phelan J.T., Lawhon L. F. and Shockley D. G. 1956. The Use of Cylinder Infiltrometers to Determine the Intake Characteristics of Irrigated Soils. Publ. ARS 41-7. Agricultural Research Service and Soil Conservation Service. Washington DC.

Jordán A., Zavala L. M. and Gil J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81: 77–85.

Jones E. P. 2001. Circulation in the Arctic Ocean. *Polar Research*, 20(2): 139-146.

Kalehhouei M., Kavian A., Gholami L. and Jafarian Z. 2018. Impact of colza straw (Brassica napus L.) on runoff and soil loss control using rainfall simulation. *Watershed Management Research*, 31(1): 73-82.

Klute A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods (2nd Ed.). American Society of Agronomy, Madison, WI, 1188p.

Knapen A., Poesen J., Govers G., Gyssels G. and Nachtergaele J. 2007. Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 80: 75-109.

Li S., Wang Z., Gao Y. and Tian X. 2013. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dry-land areas of China. *Agriculture and Water Management*, 116: 39–49.

MacRae R.J. and Mehuys G.R. 1985. The Effect of Green Manuring on the Physical Properties of Temperate-Area Soils. Advances in Soil Science. Springer, Verlag, New York Inc., pp. 71-94.

Mclean E.O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 199-224.

Miller W. P. and Sumner M. E. 1996. Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 65-94.

Miyata S., Kosugi K., Gomi T. and Mizuyama T. 2009. Effects of forest floor coverage on overland flow and soil erosion on hillslopes in Japanese cypress plantation forests. *Water Resources Research*, 45: 1-17.

Niknami D. 1996. Soil Erosion in Rainfed Lands. Soil conservation and watershed institute press. Tehran, Iran, 36p. (In Persian)

Prosdocimi M., Jordán A., Tarolli P., Keesstra S., Novara A. and Cerdà A. 2016. The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Science of the Total Environment*, 547: 323-330.

Sadeghi S.H.R., Sharifi Moghadam E. and Gholami L. 2014. Effect of rice straw on surface runoff and soil loss in small plots. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 3(4): 73-82. (In Persian)

Sensoy H. and Kara Ö. 2014. Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. *Forest-Biogeosciences and Forestry*, 7(2): 110.

Seutloali K. E. and Beckedahl H. R. 2015. Understanding the factors influencing rill erosion on road cuts in the south eastern region of South Africa. *Solid Earth*, 6: 633-641.

Shabani H. and Delavar M. A. 2014. Assessment of macronutrients spatial variation in the University of Zanjan, Iran. *Journal of Research and Construction*, 29(110):75-82. (In Persian)

Shi Z. H., Yue B. J., Wang L., Fang N. F., Wang D. and Wu F. Z. 2012. Effects of mulch cover rate on interrill erosion processes and the size selectivity of eroded sediment on steep slopes. *Soil Science Society of America Journal*, 77:257– 267.

Tan Z. and Lal R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment*, 111(1):140-152.

Tümsavaş Z., 2017. Use of wheat straw as mulching material to control surface runoff and soil loss. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12):7384-7392.

Veazi A.R., Bagher M. and 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.

Vaezi A. R., Sadeghi S. H. R., Bahrami H. A. and Mahdian M. H. 2008. Modeling the USLE K factor for calcareous soils in northwestern Iran. *Geomorphology*, 97: 414-423.

Veazi A.R. and Heidari M. 2019. The effect of wheat straw on flow characteristics and rill erosion in wheat rainfed field. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 5(1): 53-63.

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.

Western R. L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis: Soil Science Society of America journal (3rd Ed.). Madison Wisconsin. USA. 784 p.

Weiyu W., Kashif A., Guangxin R., Gaihe Y., Yongzhong F. and Liuyan Y. 2019. Impact of straw management on seasonal soil carbon dioxide emissions, soil water content and temperature in a semi-arid region of China**.** *Science of the Total Environment*, 652: 471-482.

Wirtz S., Seeger M. and Ries J. B. 2012. Field experiments for understanding and quantification of rill erosion processes. *Catena*, 91(1): 21-34.

Zanjan Water Organization. 2011. Study Reports of Zanjan Plain. Zanjan Water Organization Press, Zanjan, Iran, pp. 27-54. (In Persian)

Effect of Wheat Straw Mulch on Flow Characteristics in Wheat Furrows under Rainfed Condition

Ali Reza Vaezi[1*], Samira Rezaeipour[2], Ouldouz Bakhshirad[3]

(Received: January 2019 Accepted: January 2020)

Abstract

Wheat grain yield in semi-arid regions is negatively affected by water deficit resulted by low precipitation and soil and water loss caused by water erosion. Limited information is available on methods of controlling runoff in rain fed furrows. Therefore, this study was carried out to investigate the effects of different levels of wheat straw mulch on flow characteristics in a semi-arid region in west of Zanjan. Five levels of wheat straw mulch including 0, 25%, 50%, 75% and 100% of land surface cover (equal to 0.1.5, 3, 4.5 and 6 ton per hectare) were applied using the randomized complete block design at three replications in a rain fed wheat land. Totally, fifteen, 2m×5m. plots were installed in the field and flow characteristics including the starting time, velocity, shear stress, power and hydraulic radius were determined using a constant flow rate of 2 lit min^{-1}. Based on the results, soil properties and flow characteristics were strongly affected by straw mulch level ($p< 0.01$). Soil properties (field capacity and infiltration rate) improved by application of straw mulch. Straw mulch also decreased flow velocity, shear stress, hydraulic radius and runoff volume in the furrows. At the 100% wheat straw mulch level, field capacity (15.6%) and infiltration rate (12.1 cm h^{-1}) increased 74% and 2.4 times in comparison with the control treatment. The runoff volume was 3.7 times less than the control treatment in this level of straw mulch. No significant difference was found between 75% and 100% straw mulch level in improving soil properties and controlling flow characteristics. This study indicated that application of 75% straw mulch level equal to 4.5 ton per hectare is an effective level to improve soil properties and decrease flow velocity in wheat furrows under rain fed condition.

Keywords: Field capacity, Flow characteristics, Infiltration rate, Soil resistance, Surface roughness

Ali Reza Vaezi A.R., Rezaeipour S., Bakhshirad O. 2021. Effect of wheat straw mulch on flow characteristics in wheat furrows under rainfed condition. *Applied Soil Research*. 8(4):14-27.

1. Full 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. bPh.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
Corresponding Author Email: vaezi.alireza@znu.ac.ir