

بررسی تأثیر کاه و کلش گندم بر هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در ردیف‌های کشت در مراحل مختلف رشد گندم دیم

علی‌رضا واعظی¹ و محدثه حیدری

استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان؛ vaezi.alireza@gmail.com

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان؛ moh.hy68@gmail.com

دریافت: 96/11/2 و پذیرش: 98/4/12

چکیده

کشت‌زارهای دیم واقع در اراضی شیب‌دار تحت انواع فرسایش آبی به‌ویژه فرسایش شیاری قرار دارند. شدت فرسایش شیاری در مراحل مختلف رشد گیاه تغییر پیدا می‌کند. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر کاه و کلش گندم بر مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در مراحل رشد گندم دیم انجام گرفت. آزمایش صحرائی در کشت‌زار دیم با شیب 10 درصد با هفت سطح کاه و کلش گندم (صفر، 25، 50، 75، 100، 125 و 150 درصد پوشش سطح) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. زمین به موازات شیب شخم زده شد و مقادیر مختلف کاه و کلش به‌طور جداگانه با خاک مخلوط شدند. مصرف مالچ در تیمار 100 درصد برابر با 0/5 کیلوگرم در هر متر مربع بود. شیارهایی مستقیم به‌عرض 20 سانتی‌متر و به طول 10 متر در سه تکرار برای هر سطح مالچ به وسیله دستگاه کشت مشابه با جویچه‌های کشت گندم دیم ایجاد شد. فرسایش شیاری در پنج مرحله رشد گندم (کاشت، سبز شدن، پنجه‌زنی، ساقه‌روی و خوشه‌دهی) با استفاده از جریانی با دبی 2 لیتر بر دقیقه اندازه‌گیری شد. هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در تیمارهای مصرف کاه و کلش تحت تأثیر مرحله رشد گندم قرار گرفت ($P < 0/05$). هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در تیمار 100 درصد مصرف کاه و کلش در تمام مراحل رشد کمترین بود و به‌طور متوسط به اندازه 79 درصد کمتر از تیمار شاهد بود. بین تیمار 100 درصد کاه و کلش گندم با سطوح بالاتر کاه و کلش (125 و 150 درصد پوشش سطح) تفاوتی معنی‌دار از نظر شدت فرسایش شیاری یافت نشد. در هر هفت سطح کاه و کلش گندم مرحله سبز شدن حساس‌ترین مرحله رشد بین کل مراحل رشد به فرسایش شیاری بود. این نتیجه به‌دلیل ضعف پوشش گیاهی و رطوبت بالای خاک در این مرحله بود. در این مرحله از رشد مصرف 100 درصد کاه و کلش معادل با 5 تن در هکتار منجر به کاهش حدود 71 درصد فرسایش شیاری (0/009 گرم بر متر مربع بر ثانیه یا 0/34 تن در هکتار در هر رخداد باران یک ساعتی) در جویچه‌های کشت شد.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، رشد گندم، رطوبت خاک

¹ نویسنده مسئول، آدرس: زنجان، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک

مقدمه

فرسایش شیاری عامل اصلی هدررفت خاک از زمین‌های زراعی است که در کنار تغییرات مکانی دچار تأثیر تغییرات زمانی نیز می‌باشد. منظور از تغییرات زمانی فرسایش شیاری، تغییرات شدت هدررفت خاک از شیاریها در زمان‌های مختلف طی سال است (واعظی و همکاران، 1387). تغییرات فرسایش شیاری طی سال تابع تغییرات محیطی مانند میزان پوشش گیاهی، محتوای رطوبت خاک و ویژگی‌های باران است (دوجو و همکاران، 2004). پوشش گیاهی از یک سو باعث کاهش وقوع جریان‌های سطحی می‌شود و از سوی دیگر به دلیل حفظ خاک توسط ریشه‌ها، در مهار فرسایش شیاری مؤثر می‌باشد. پوشش گیاهی، میزان فرسایش آبی را از طریق ذخیره آب در منافذ خاک، حفظ حاصلخیزی خاک، توقف رواناب در سطح خاک و تثبیت خاک توسط ریشه کاهش می‌دهد (گیسسل و همکاران، 2005).

تأثیر گیاهان زراعی بر کاهش فرسایش خاک متفاوت است، برخی از گیاهان زراعی که مترکم بوده و پوشش یکنواختی ایجاد می‌کنند، فرسایش را تا حدود زیادی مهار می‌کنند؛ درحالی‌که گیاهان ردیفی مانند گندم فقط قسمتی از خاک را می‌پوشانند، بنابراین تأثیر آن‌ها در کاهش فرسایش کم‌تر است. تحقیقات نشان داده است حداقل 70 درصد پوشش گیاهی روی سطح زمین برای حفظ خاک مناسب است، با این حال وجود 40 درصد پوشش در سطح خاک هم نقش چشم‌گیری در حفظ خاک دارد (سردا، 1999). اثر گیاه در حفاظت خاک همگام با رشد و نمو آن تغییر می‌یابد. معمولاً میزان فرسایش در مراحل انتهایی رشد گیاه کم‌تر از مراحل اولیه رشد است. شدت فرسایش خاک در اوایل دوره رشد گیاهان به دلیل کامل نشدن تاج پوششی گیاه (سایه انداز) زیاد است. تغییرات زمانی فرسایش شیاری علاوه بر عوامل فوق به میزان رطوبت و دمای خاک و نیز به نوع مدیریت زراعی بستگی دارد (بیات موحد و همکاران، 1390). مطالعات مختلفی به نقش پوشش گیاهی در کاهش فرسایش شیاری پرداخته‌اند. سان و همکاران (2016) در پژوهشی با بررسی سه گونه گیاهی گزارش کردند که با مخلوط شدن شاخ و برگ گیاهی با خاک، جریان‌های سطحی مهار می‌شود. ظرفیت جدا شدن ذرات خاک و فرسایش شیاری به‌شدت با افزایش مقدار شاخ و برگ گیاهی در خاک کاهش می‌یابد. مقدار 0/35 کیلوگرم بر متر مربع به عنوان آستانه مهار جریان‌های سطحی است. کانتالیک و همکاران (2017) گزارش کردند که با افزایش پوشش گیاهی طی دوره رشد، مقاومت گیاه در برابر جریان متلاطم بیشتر

شده و تأثیر عمده‌ای بر کاهش جدا شدن ذرات خاک و فرسایش شیاری داشته است.

بقایای گیاهی مانند کاه و کلش گیاهان (گندم، برنج و...) به عنوان نهاده‌هایی ارزشمند برای تقویت خصوصیات فیزیکی خاک، بهبود حاصلخیزی خاک و مهار فرسایش می‌باشند. مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها، نگهداری آب و نفوذپذیری خاک مؤثر است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاه و کلش گیاهان همچنین در حفظ رطوبت خاک و افزایش تولید محصول نقشی اساسی دارد (داهیا و همکاران، 2007؛ فطری و همکاران، 1395). بیات موحد و همکاران (1389) با بررسی تأثیر مصرف کاه و کلش گندم بر هدررفت خاک نشان دادند که مصرف پنج تن در هکتار کاه و کلش گندم در شیب‌های کم‌تر از 12، 12 تا 20 و 20 تا 40 درصد به ترتیب موجب کاهش 37، 11 و 57 درصد هدررفت خاک شد. عادل‌پور و همکاران (1385) با بررسی تأثیر جریان-های سطحی بر فرسایش خاک نشان دادند که با نگهداری کاه و کلش روی خاک، تنش برشی جریان کاهش و مقاومت برشی خاک افزایش پیدا می‌کند. صادقی و همکاران (1393) نشان دادند که مصرف کاه و کلش برنج موجب کاهش معنی‌دار هدررفت آب و خاک در کرت-های تحت شبیه‌ساز باران شد. دونجیدی و تین‌سانچالی (2016) در آزمایشی با بارش شبیه‌سازی شده در پنج سطح مالچ (1، 2، 5/2 و 7/5 تن در هکتار) گزارش کردند که میزان فرسایش خاک با افزایش مالچ کاه و کلش کاهش می‌یابد.

نزیامانا و همکاران (2017) با بررسی اثر انواع مالچ به مقدار 15 تا 21 تن در هکتار در سال بر هدررفت خاک در مزارع قهوه گزارش کردند که با مصرف مالچ، چگالی ظاهری و فرسایش‌پذیری خاک کاهش و محتوای ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. کاه و کلش گندم از بقایای گیاهی مهم در کشتزارهای دیم هستند. کشتزارهای دیم گندم که در جهت موازی شیب شخم زده می‌شوند بسیار حساس به فرسایش شیاری هستند. در این کشتزارها، شخم موازی شیب، نوارهایی را به موازات شیب به وجود می‌آورد که مکانی مناسب برای حرکت جریان‌های رواناب و وقوع فرسایش آبی هستند. در چنین کشتزارهای که به ناچار در جهت شیب شخم خورده و کشت می‌شوند، حفظ خاک در برابر فرسایش آبی امری مهم برای حفظ باروری خاک و تولید محصول است. حفظ بقایای گیاهی روی سطح پس از برداشت گندم و

حرارتی کشور به ترتیب زیریک و مزیک است (زرین‌آبادی، 1393).

طرح آزمایش

آزمایش در هفت سطح مصرف کاه و کلش گندم شامل صفر، 25، 50، 75، 100، 125 و 150 درصد پوشش سطح خاک (شکل 1- الف) در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی طی سال زراعی 1395 تا 1396 انجام گرفت. مبنای مصرف کاه و کلش، ایجاد پوشش روی سطح خاک بود؛ به طوری که مقدار مالچ کاه و کلش گندم در تیمار 100 درصد به اندازه‌ای بود که 100 درصد سطح خاک و در تیمار 50 درصد، 50 درصد سطح خاک با کاه و کلش گندم پوشانده شد. مقدار مصرف کاه و کلش در تیمار 100 درصد، 0/5 گرم بر متر مربع برابر با 5 تن در هکتار کاه و کلش گندم بود. از آنجا که مطالعه‌ای دقیق در مورد مقدار کاه و کلش مناسب برای مهار فرسایش خاک در کشتزارهای دیم وجود ندارد، سعی شد مقادیر بالاتر از 100 درصد نیز مورد مصرف قرار گیرد تا مناسب‌ترین سطح مصرف کاه و کلش تعیین شود. در زمان اجرا آزمایش قیمت یک تن کاه و کلش گندم برابر با 3500000 ریال بود. برای اجرای آزمایش، ابتدا زمین در جهت موازی با شیب به وسیله دستگاه گاواهن برگردان‌دار شخم زده شد. پس از آماده‌سازی بستر بذر، سطوح کاه و کلش گندم به سطح خاک اضافه شد. سپس در اواخر مهر سال 1395 کشت گندم به وسیله دستگاه خطی کار مدل SDM225/11 با تراکم 120 کیلوگرم در هکتار انجام گرفت. فاصله ردیف کشت در دستگاه خطی کار 20 سانتی‌متر و عمق شیارها یا نوارهای کشت 5 سانتی‌متر و فاصله آنها از یکدیگر 20 سانتی‌متر بود. برای هر سطح مالچ سه شیار به عنوان سه تکرار در کنار هم در نظر گرفته شد. در مجموع 21 شیار مورد بررسی قرار گرفت. هر واحد آزمایشی (یک قطعه شیار یا نوار کشت) را می‌توان به عنوان کرت فرسایشی در نظر گرفت. طول شیارها با توجه به رعایت یکنواختی شیب در راستای شیار و بر اساس برخی مطالعات پیشین (ویرتز و همکاران، 2013)، 10 متر انتخاب شد. با در نظر گرفتن عرض زمین مربوط به هر شیار (20 سانتی‌متر) و طول شیار، مساحت سطح هر شیار 2 متر مربع بود.

نهایتاً مخلوط کردن آن‌ها با خاک می‌تواند روش مؤثری برای کاهش فرسایش شیب‌های در کشتزارهای دیم باشد. در ایران 5/715 میلیون هکتار معادل با 50/24 درصد از اراضی کشاورزی به کشت گندم اختصاص دارند که از این مقدار 3/630 میلیون هکتار زیر کشت گندم دیم قرار دارد (امامی، 1386). مناطق نیمه‌خشک مانند استان‌های کردستان و آذربایجان شرقی از مهمترین مناطق اقلیمی تحت کشت گندم دیم در ایران هستند. فرسایش آبی مهمترین مسئله تخریب زمین در اراضی دیم کشور است. کشتزارهای دیم که در مناطق شیب‌دار قرار دارند، غالباً به موازات شیب شخم زده می‌شوند. در چنین شرایطی، فرسایش شیب‌های عامل مهم هدررفت آب و خاک در نوارهای کشت می‌باشد. اطلاع از تغییرات زمانی هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیب‌های در نوارهای کشت طی فصل زراعی نه تنها در اتخاذ نوع و نحوه انجام کارهای حفاظتی مفید است بلکه در برآورد مدل‌های فرسایش خاک و رواناب کاربرد دارد. اطلاعات دقیق در مورد تغییرات هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیب‌های در مراحل مختلف رشد گندم دیم و نقش مخلوط کردن کاه و کلش در مهار فرسایش آبی وجود ندارد. بنابراین هدف اصلی این تحقیق اندازه‌گیری و بررسی تغییرات زمانی فرسایش شیب‌های تحت تأثیر کاه و کلش گندم در طی فصل رشد گندم دیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در کشتزار دیم با شیب جنوبی 10 درصد واقع در محدوده دانشگاه زنجان در 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 طی فصل زراعی 96 - 1395 انجام گرفت. برای انتخاب این دامنه، اراضی دیم منطقه که در شرایط آیش قرار داشتند و شیب آن نزدیک به شیب کرت استاندارد توصیف شده در مدل USLE (9 درصد) بود، مورد توجه قرار گرفت (ویشمایر و اسمیت، 1978). منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش سالانه 270 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه 11 درجه سانتی‌گراد است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم سرد و خشک است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک بر اساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و



(ب)



(الف)

شکل 1- اضافه کردن کاه و کلش گندم به سطح خاک (الف) و جاگذاری لوله و مخزن رسوب در مرحله کاشت (ب)

اندازه‌گیری فرسایش شیاری

مورد آزمایش قرار گرفتند. در انتهای هر شیار ظرفی برای جمع‌آوری رواناب و رسوب قرار داده شد (شکل 1-ب). بعد از جداسازی آب (خشک شدن) میزان رسوب جمع شده در مخزن رسوب (ظرف‌های انتهای شیار) توزین و ثبت شد. شدت فرسایش شیاری با توجه به مفهوم ظرفیت جدا شدن خاک از شیار در مدل پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی (Water Erosion Prediction Project) به دست آمد (فوستر و همکاران، 1995). بر این اساس شدت فرسایش شیاری بر اساس هدررفت خاک (گرم) در واحد سطح شیار (مترمربع) و واحد زمان (ثانیه) بر حسب گرم بر متر مربع بر ثانیه به دست آمد.

تعیین ویژگی‌های خاک

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار در نمونه‌های برداشت شده از خاک در ابتدای فصل رشد تعیین شدند. چگالی ظاهری خاک با استفاده از استوانه فلزی به قطر 5 سانتی‌متر و ارتفاع 10 سانتی‌متر تعیین شد. پایداری خاکدانه‌ها در آب به روش الک تر (بودر، 1936)، در خاکدانه‌های با قطر دو تا چهار میلی‌متر تعیین و به صورت میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار بیان شد. برای اندازه‌گیری سایر ویژگی‌های خاک از نمونه خاک دست‌خورده استفاده شد. برای این منظور سه نمونه خاک از نقاط مختلف زمین مورد آزمایش از عمق صفر تا 30 سانتی‌متر برداشت و نهایتاً یک نمونه مرکب تهیه شد. در نمونه خاک مرکب، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (دی، 1965)، سنگریزه به روش جرمی (گی و بودر، 1986)، درصد آهک به روش خنثی‌سازی با استفاده از اسیدکلریدریک نرمال (سادوسکی، 1987) و ماده آلی خاک به روش والکی و بلک (1934) اندازه‌گیری شد. درجه شوری خاک بر مبنای رسانایی الکتریکی عصاره گل اشباع به‌وسیله دستگاه EC سنح اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری همزمان با کشت گندم دیم (اوایل آبان 1395) شروع شد. آزمایش‌ها در پنج مرحله رشد گیاه شامل: کاشت (از اوایل آبان تا اواخر آن)، سبز شدن (از اوایل آذر تا اواخر آن)، پنجه‌زنی (از اوایل دی تا اواسط فروردین)، ساقه‌روی (از اواسط فروردین تا اواخر اردیبهشت) و خوشه‌دهی (از اوایل خرداد تا اواخر آن) انجام گرفت و نهایتاً محصول گندم در اواخر خرداد 1396 برداشت شد. برای اندازه‌گیری هدررفت خاک به وسیله رواناب لازم بود که از یک دبی ثابت برای آزمایش استفاده شود. به همین منظور یک مخزن آب (تانکر 3000 لیتری) به همراه دستگاه پمپ آب در محل آزمایش قرار داده شد. بر روی هر یک از شیارها، به‌وسیله یک دستگاه موتور پمپ آب مربوط به شرکت ایتالیایی PEDROLLO، مقدار دبی ثابت 2 لیتر بر دقیقه در ابتدای هر شیار اعمال گردید. دبی 2 لیتر بر دقیقه براساس حداکثر شدت بارندگی در 20 سال گذشته انتخاب شد. برای این منظور بارانی با شدت 120 میلی‌متر بر ساعت که به مدت یک ساعت می‌بارد، به عنوان معیار ایجاد چنین دبی جریان در نظر گرفته شد. گرچه احتمال وقوع چنین بارانی در سال بسیار اندک است اما باید پذیرفت که گسترش شیارها در اثر چنین باران‌هایی در طبیعت رخ می‌دهد. نتایج پیش‌آزمایش در دبی‌های پایین (کمتر از 2 لیتر بر دقیقه) نشان داد که عملاً جریان‌های ضعیف، فرساینده نیستند. مدت آزمایش، از لحظه رسیدن جریان سطحی آب به انتهای شیارها تا یک ساعت پس از آن در نظر گرفته شد (لی بیسنیس و همکاران، 1995). سرعت جریان خروجی به طور متوسط 0/09 متر در ثانیه بود و نیز عمق جریان خروجی 8 میلی‌متر بود. در هر روز، هفت شیار مربوط به هفت سطح مالچ مورد آزمایش قرار گرفت و در طی سه روز پیاپی 21 شیار

تحلیل‌های آماری

تحلیل داده‌های مربوط به هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری با استفاده از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه صورت گرفت. برای این منظور تغییرات شدت فرسایش شیاری در مقادیر مختلف کاه و کلش گندم برای هر یک از مراحل رشد گندم به طور جداگانه با استفاده از آزمون دانکن بررسی شد. همچنین تأثیر مرحله رشد گندم دیم (کاشت، سبز شدن، پنجه‌زنی، ساقه‌روی و خوشه-دهی) بر هدررفت خاک، برای هر یک از سطوح مصرف کاه و کلش گندم به طور جداگانه با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. از توابع ریاضی نیز به منظور بررسی رابطه بین فرسایش شیاری و مقدار کاه و کلش استفاده شد. رسم نمودار از محیط نرم‌افزاری Excel نسخه 2010 صورت گرفت و برای تجزیه آماری از نرم-افزار SPSS نسخه 20 استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک کشت‌زار

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار در جدول (1) ارائه شده است. با توجه به میانگین

درصد شن (60/16 درصد)، سیلت (20/59 درصد) و رس (19/25 درصد) و وجود سنگریزه نسبتاً زیاد (19 درصد)، بافت خاک کشت‌زار لوم شنی سنگریزه‌دار بود. چگالی ظاهری خاک به دلیل فراوانی ذرات درشت نسبتاً بالا (1/52 گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود. با توجه به مقدار آهک (15/61 درصد)، خاک کشت‌زار در گروه خاک‌های آهکی (یا بیش‌تر 10 درصد کربنات کلسیم معادل) قرار دارد (فائو، 2006). میانگین هدایت الکتریکی 2/57 دسی‌زیمنس بر متر بود و خاک از نظر شوری در گروه خاک-های غیر شور ($EC < 4 \text{dS.m}^{-1}$) قرار گرفت (چارتر و همکاران، 2013). خاک کشت‌زار به لحاظ داشتن محتوای ماده آلی کم (کم‌تر از 1/5 درصد) و ذرات پیوند دهنده مانند رس، دارای خاکدانه‌های کوچک‌تر و به نوبه خود دارای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار پایین‌تری (1/1 میلی‌متر) بود (بوجیلا و گالالی، 2008) که احتمال فروپاشی خاکدانه‌ها تحت تأثیر نیروی آب را افزایش می‌دهد. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (11/74 میلی‌اکی والان بر 100 گرم) پایین بود.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار

انحراف معیار	میانگین	ویژگی خاک	انحراف معیار	میانگین	ویژگی خاک
0/12	1/52	چگالی ظاهری (g/cm^3)			
3/43	15/61	آهک (%)	3/64	60/2	شن (%)
0/25	1/43	ماده آلی (%)	3/99	20/6	سیلت (%)
0/43	2/57	هدایت الکتریکی (dS/m)	3/19	19/2	رس (%)
0/08	7/32	واکنش	5/07	18/9	سنگریزه (%)
			0/36	1/1	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب (mm)

تأثیر کاه و کلش بر فرسایش شیاری طی مراحل رشد گندم

نیز درصد پوشش سطح خاک افزایش و با ایجاد مانع در مقابل رواناب، فرصت بیشتری برای نفوذ آب به خاک فراهم شد. بررسی نشان می‌دهد که سرعت جریان با افزایش تاج پوشش گیاهی و لاش‌برگ‌های حاصل از گیاهان زراعی کاهش یافته (مورگان، 2005)، موجب کاهش مقدار رواناب و رسوب می‌شود. سان و همکاران (2016) گزارش کردند که فرسایش شیاری به صورت معنی‌دار با افزایش پوشش گیاهی، کاهش می‌یابد. کانتالیک و همکاران (2017) گزارش کردند که رشد پوشش گیاهی تأثیر مهمی بر کاهش فرسایش خاک، غلظت رسوب و میزان جدا شدن ذرات خاک دارد.

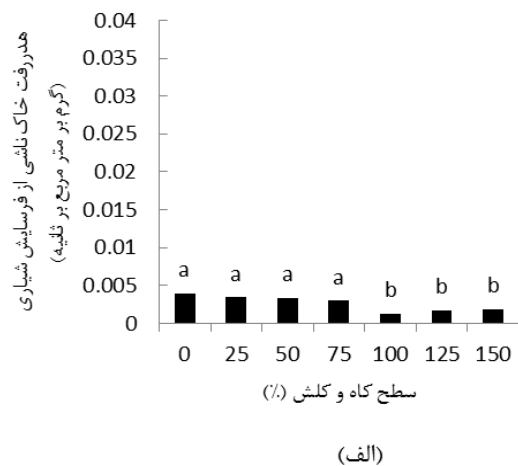
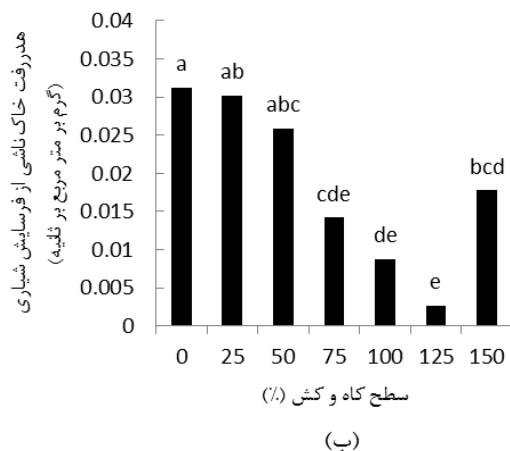
نتایج تجزیه واریانس تأثیر کاه و کلش گندم بر تغییرات هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری طی مراحل رشد در جدول (2) ارائه شده است. مصرف کاه و کلش گندم باعث تغییرات معنی‌دار فرسایش شیاری در هر یک از مراحل مختلف رشد گندم دیم شد. در مرحله کاشت بیش‌ترین مقدار هدررفت خاک در تیمار شاهد (0/003 گرم بر متر مربع بر ثانیه) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار 100 درصد مصرف کاه و کلش (0/001 گرم بر متر مربع بر ثانیه) مشاهده شد، بنابراین با افزایش سطح کاه و کلش گندم مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری کاهش یافت. در مراحل بعدی رشد گندم

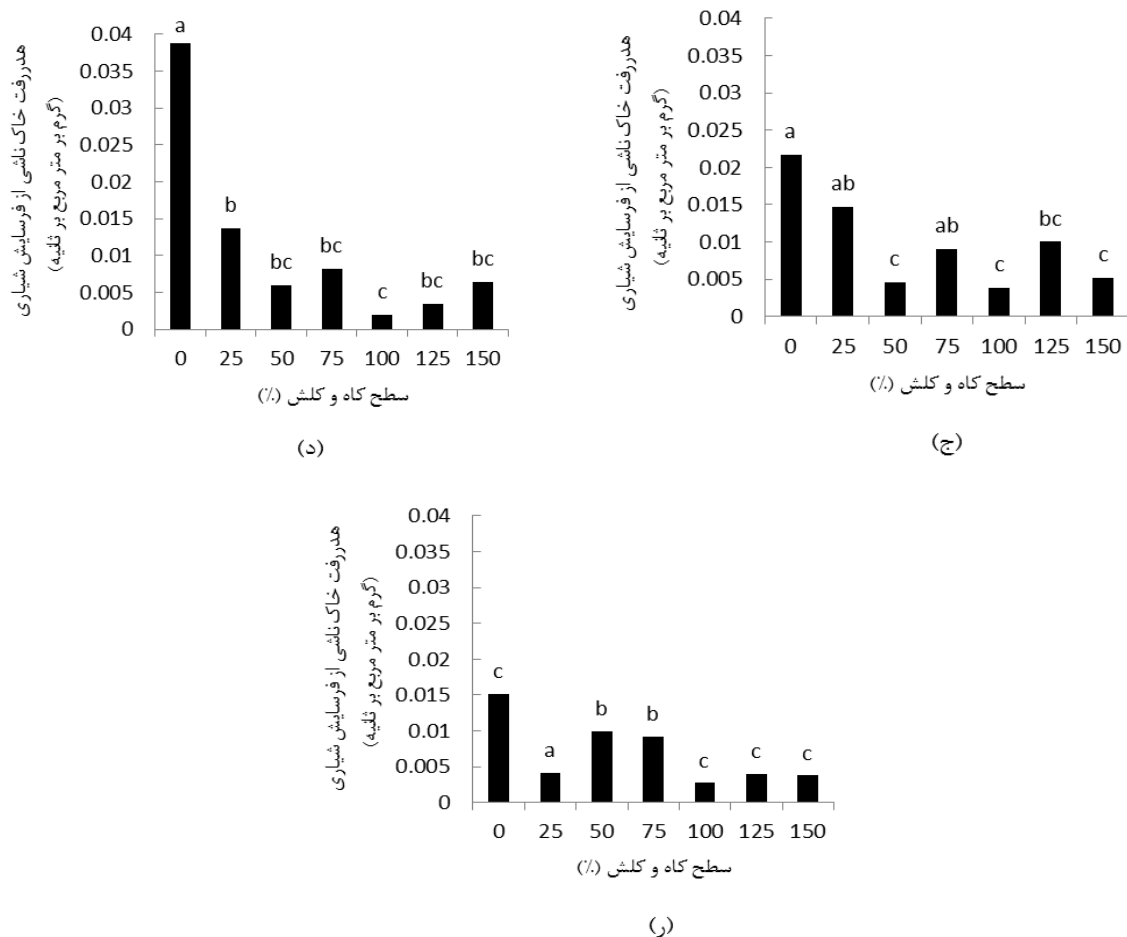
جدول 2- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف کاه و کلش گندم بر هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در مرحله رشد گندم دیم

P	F	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
0/012	4/29	0/001	6	کاشت
0/001	7/15	0/002	6	سبز شدن
0/006	4/96	0/001	6	پنجه زنی
0/000	15/70	0/003	6	ساقه‌روی
0/006	5/04	0/001	6	خوشه‌دهی

نشانهگر افزایش مقدار فرسایش شیاری در تیمار شاهد به اندازه 4/87 برابر نسبت به تیمار 100 درصد مصرف کاه و کلش است. در سطوح بالاتر از 100 درصد مصرف کاه و کلش، افزایش جزئی در هدررفت خاک مشاهده شد. به نظر می‌رسد گرچه افزایش مصرف کاه و کلش در حد متعارف موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند ساختمان و تخلخل درشت می‌شود اما در سطوح بالاتر از آن، مصرف کاه و کلش پیامدهای منفی به دنبال دارد. علت این موضوع افزایش پدیده آبگریزی خاک و در نتیجه کاهش نفوذ آب به خاک است که در پی آن تولید رواناب و هدررفت خاک نیز بیش‌تر می‌شود.

تغییرات مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری تحت تأثیر مقدار مصرف کاه و کلش گندم برای هر یک از مراحل رشد گندم در شکل (2) نشان شده است. در هنگام کاشت، در تیمار 100 درصد مصرف کاه و کلش، کمترین مقدار هدررفت خاک ناشی از (0/001) گرم بر متر مربع بر ثانیه) مشاهده شد. این مقدار معادل با 0/34 تن در هکتار در هر واقعه یک ساعتی بود. مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در تمام مراحل رشد به جز مرحله سبز شدن، در تیمار 100 درصد مصرف کاه و کلش کمترین مقدار بود در حالی که تیمار شاهد در تمام مراحل رشد گندم بیش‌ترین مقدار (به طور میانگین 0/018 گرم بر متر مربع بر ثانیه) را نشان داد. این مقدار





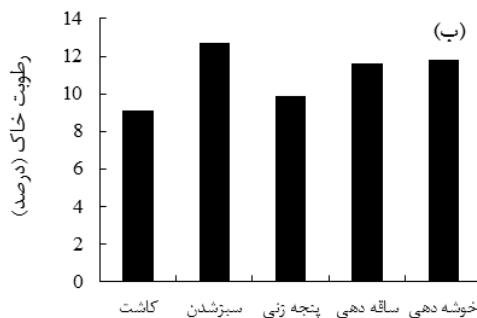
شکل 2- تغییرات هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیبی تحت تأثیر کاه و کلش گندم در هر یک از مراحل رشد گندم دیم: هنگام کاشت (الف)، سبز شدن (ب)، پنجه‌زنی (ج)، ساقه‌روی (د) و خوشه‌دهی (ر)

بهبود یافته، از خطر فرسایش شیبی کاسته می‌شود. در پژوهش دونجادی و تین‌سانچالی (2016) نتایج مشابهی گزارش کردند که در آن میزان فرسایش خاک با افزایش مقدار مصرف مالچ کاهش می‌یابد در پژوهش آنها استفاده از کاه و کلش برنج به مقدار 5 تن در هکتار موجب شد که میزان رواناب و رسوب به ترتیب حدود 47/5 و 62/9 درصد کاهش یابد.

مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیبی در تیمارهای تحت مصرف کاه و کلش گندم (از 25 درصد تا 125 درصد) نسبت به تیمار شاهد در هر یک از مراحل رشد گندم مقایسه شد. بر اساس نتایج، بیش‌ترین میزان تأثیر مصرف کاه و کلش در کاهش هدررفت خاک، در مرحله ساقه‌روی گندم (0/066 گرم بر متر مربع بر ثانیه) بود که نسبت به تیمار شاهد به طور میانگین 83 درصد کاهش در فرسایش شیبی را نشان داد. کمترین میزان تأثیر مصرف کاه و کلش در کاهش هدررفت خاک

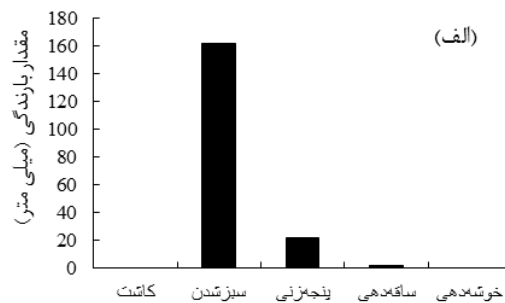
هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیبی تحت تأثیر مقدار مصرف کاه و کلش گندم روند کاهشی در مراحل مختلف رشد گیاه داشت؛ به طوری که در هر مرحله از رشد گیاه، با مصرف کاه و کلش گندم هدررفت خاک کاهش یافت. این نتایج می‌تواند به دلیل نقش کاه و کلش گندم در تقویت ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک و در نتیجه افزایش مقاومت خاک در برابر جدا شدن ذرات خاک توسط جریان آب باشد (نزیامانا و همکاران، 2017). همچنین کاه و کلش گندم، به علت پوشش حفاظتی، موجب جلوگیری از تخریب سطح خاک در اثر فرسایش ناشی از باران‌های طبیعی می‌باشد (قهرمانی و همکاران، 2011) که در طی دوره رشد اتفاق افتادند. علاوه بر این، کاربرد بقایای گیاهی موجب کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت خاک می‌گردد (گینت و همکاران، 2010)؛ به طوری که با افزایش محتوای رطوبتی خاک در شرایط دیم، رشد گیاه

3- الف نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در طول فصل رشد گندم مجموعاً 183 میلی‌متر بارندگی رخ داد. بیش‌ترین مقدار آن در مرحله سبز شدن (161 میلی‌متر) هم‌زمان با وقوع باران‌های پاییزی و پیش از شروع فصل یخبندان بود (شکل 3-ب). در این مرحله از رشد که هنوز پوشش گیاهی مناسبی روی سطح خاک شکل نگرفته است، بقایای گیاهی نقشی اساسی در کاهش سرعت جریان‌های شیاری و در نتیجه کاهش هدررفت خاک دارد.



شکل 3- تغییرات زمانی مقدار بارندگی (الف) و محتوای رطوبتی خاک (ب) در مراحل رشد گندم

ناشی از فرسایش شیاری نیز در مرحله کاشت (0/024 گرم بر متر مربع بر ثانیه) مشاهده شد که به‌طور میانگین 37 درصد نسبت به تیمار شاهد کم‌تر بود. علت تغییرات فرسایش شیاری، افزایش رشد پوشش گیاهی طی مراحل رشد رویشی گندم بود. یکی از علل دیگر تغییرات فرسایش شیاری در مراحل مختلف رشد گندم، تغییرات بارش‌های آسمانی بود که بر مقدار رطوبت خاک طی دوره رشد اثر گذاشت. گزارش‌های ایستگاه باران‌سنجی درباره بارش‌های اتفاق افتاده طی دوره پژوهش در شکل

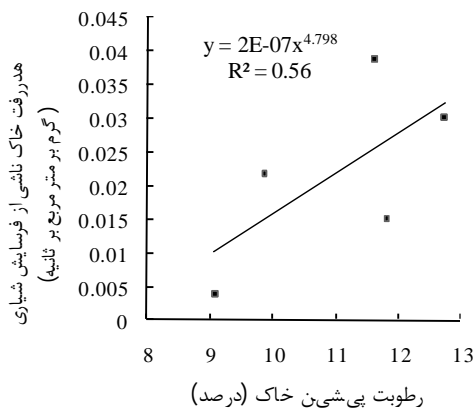


مقدار آن در پایین‌ترین سطح رطوبت اولیه (4 درصد) رخ می‌دهد. در مطالعه‌ای ساچس و سارا (2017) اثرات دمای آب و رطوبت خاک را بر رواناب و هدررفت خاک در شرایط آزمایشگاهی در خاک رسی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که مقدار فرسایش در خاک با رطوبت ظرفیت زراعی سه برابر بیشتر از خاک خشک (با رطوبت هیگروسکوپیک) بود. همچنین نقش دما در هدررفت آب و خاک تنها در خاک مرطوب نمایان می‌شود.

تغییرات فرسایش شیاری در مراحل رشد گندم

نتایج تجزیه واریانس تغییرات هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در مراحل رشد گندم دیم در هر یک از سطوح مصرف کاه و کلش در جدول (3) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در هر سطح مصرف کاه و کلش، بین مراحل رشد گندم دیم از نظر فرسایش شیاری تفاوت معنی‌داری ($P < 0/05$) وجود داشت (جدول 3).

تغییرات رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد گندم در شکل (3-ب) نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار رطوبت خاک در مرحله سبز شدن (12/73 درصد) مشاهده شد (شکل 3-ب) که این افزایش منطبق بر وقوع بارش‌های فصلی در منطقه بود. رطوبت اولیه خاک عامل محدود کننده نفوذ آب به خاک و در نتیجه عامل مهم ایجاد رواناب و فرسایش خاک است. بررسی رابطه بین هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری و محتوای رطوبتی خاک نشان داد که حدود 56 درصد از تغییرات هدررفت خاک طی دوره رشد با رطوبت پیشین خاک قابل توجه است (شکل 4). با افزایش محتوای رطوبتی خاک و در نتیجه کاهش نفوذ آب به خاک، هدررفت خاک نیز افزایش یافت. از این رو برای ارزیابی و پیش‌بینی فرسایش خاک طی دوره رشد گیاه، لازم است هم‌زمان تغییرات زمانی پوشش گیاهی و رطوبت اولیه خاک و تأثیر آن بر فرسایش خاک نظر گرفته شود (لی و همکاران، 2015). در پژوهشی ورمنگ و همکاران (2009) نشان دادند که بیش‌ترین مقدار هدررفت خاک در بالاترین سطح رطوبت اولیه خاک (12 درصد) و کم‌ترین



شکل 4- رابطه بین هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری و رطوبت خاک

مراحل رشد گندم در تیمار 100 درصد مصرف کاه و کلش کمترین بود. در این تیمار بیش‌ترین مقدار هدررفت خاک در مرحله سبز شدن گندم برابر با 0/009 گرم بر متر مربع بر ثانیه (0/34 تن در هکتار در هر رخداد باران یک ساعتی) و کم‌ترین مقدار آن در مرحله کاشت (0/001 گرم بر متر مربع بر ثانیه) رخ داد.

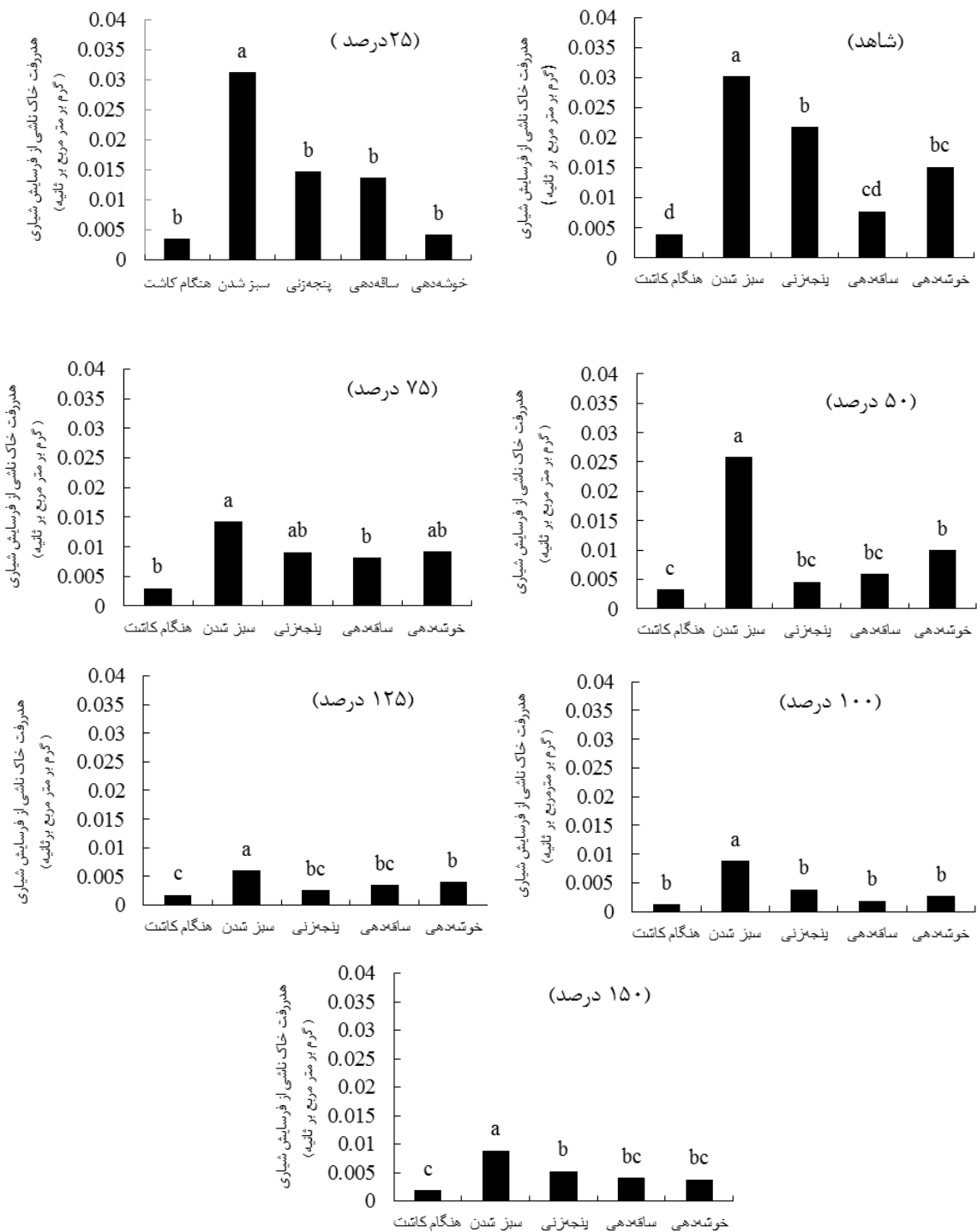
تغییرات زمانی هدررفت خاک در مراحل مختلف رشد گندم در شکل (5) نشان داده شده است. مرحله سبز شدن حساس‌ترین مرحله وقوع فرسایش شیاری در تمام تیمارهای مورد بررسی (صفر تا 150 درصد مصرف کاه و کلش) بود. این دوره هم‌زمان با وقوع باران‌های پاییزی و افزایش محتوای رطوبتی خاک بود. هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در تمام

جدول 3- تجزیه واریانس تأثیر مرحله رشد گندم بر هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در سطوح کاه و کلش

P	F	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
0/000	16/86	0/00131	4	صفر درصد
0/003	8/72	0/00212	4	25 درصد
0/000	23/62	0/00141	4	50 درصد
0/039	3/82	0/00005	4	75 درصد
0/010	6/04	0/00003	4	100 درصد
0/004	7/62	0/00004	4	125 درصد
0/001	12/07	0/00002	4	150 درصد

مقدار هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری از مرحله سبز شدن تا انتهای دوره رشد، روندی کاهشی نشان داد. این نتیجه از یک سو به دلیل کاهش بارش‌های آسمانی و از سوی دیگر به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه بود که باعث ایجاد مانع در برابر جریان آب و کاهش سرعت جریان شد (وایلنبر و همکاران، 2012). همچنین گسترش توده ریشه‌ای گندم طی دوره رشد باعث حفظ ذرات خاک شد. به طور کلی پوشش گیاهی در مراحل مختلف رشد اثرات متفاوتی در کاهش رواناب و هدررفت خاک دارد؛ به‌طوری که فاشچین و باوادر (2001) با بررسی هشت گونه گیاهی و نشان دادند که گیاهانی که در

مرحله ساقه‌روی بیش‌ترین میزان زیتوده را در کوتاه‌ترین زمان تولید می‌کنند، از شدت فرسایش شیاری جلوگیری می‌کنند. دی‌بایت و پوسن (2010) نتایج مشابهی نشان دادند که با گسترش ریشه گیاه و در نتیجه کاهش تنش برشی جریان، ظرفیت جدا شدن ذرات خاک و فرسایش شیاری به‌صورت تصاعدی کاهش می‌یابد. یو و همکاران (2014) گزارش کردند تغییرات زمانی ظرفیت جدا شدن خاک توسط جریان زمینی تحت چهار محصول (سیب-زمینی، سویا، ذرت و ارزن) روند کاهشی دارد. علل کاهش ظرفیت جدا شدن ذرات خاک، رشد ریشه گیاه و تغییرات خصوصیات خاک در طول زمان رشد است.



شکل 5- تغییرات زمانی هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری در سطوح مختلف کاه و کلش در مراحل مختلف رشد گندم دیم

در اثر بارندگی یا آزمایش‌های پیشین جریان آب، کاهش یافت و در پایان دوره رشد به سه و نیم سانتی‌متر رسید. بنابراین شکل مقطع نوار به صورت سهمی عریض و کم عمق تغییر یافت و با کاهش عمق مقطع شیار و در نتیجه افزایش سطح تماس آب با خاک، میزان هدررفت خاک

از علل دیگر کاهش هدررفت خاک طی دوره رشد می‌توان به تغییر شکل مقطع عرضی شیار اشاره کرد. در مرحله کاشت، نوار کشت مقطعی سهمی با عمق پنج سانتی‌متر داشت. با گذشت زمان عمق نوارهای کشت به دلیل ریزش دیواره‌ها یا پشته‌های مجاور نوارهای کشت

سطوح بالاتر از 100 درصد مصرف کاه و کلش به دلیل افزایش پدیده آبریزی خاک و در نتیجه کاهش نفوذ آب به خاک، فرسایش شیاری به طور جزئی افزایش یافت. تغییرات معنی‌دار از نظر هدررفت خاک بین مراحل مختلف رشد گندم وجود داشت. مرحله سبز شدن حساس‌ترین مرحله وقوع فرسایش شیاری بود. وقوع بارندگی‌های فصلی و افزایش محتوای رطوبتی خاک از علل افزایش شدت هدررفت خاک در این مرحله از رشد گندم بود. مقدار هدررفت خاک از مرحله سبز شدن تا انتهای دوره رشد، روندی کاهشی نشان داد. این نتیجه از یک سو به دلیل کاهش بارش‌های آسمانی و از سوی دیگر به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه بود که باعث ایجاد مانع در برابر جریان آب و کاهش سرعت جریان شد. از علل دیگر کاهش هدررفت خاک طی دوره رشد می‌توان به تغییر شکل مقطع عرضی شیاری و افزایش سطح تماس آب با خاک اشاره کرد. مقایسه مقدار هدررفت خاک بین تیمارهای تحت مصرف مالچ با تیمار شاهد نشان داد که بیش‌ترین میزان تأثیر مصرف کاه و کلش در کاهش هدررفت خاک، در مرحله ساقه‌روی گندم (0/066 گرم بر متر مربع بر ثانیه) بود که نسبت به تیمار شاهد 83 درصد کاهش نشان داد. به طور کلی این پژوهش نشان داد که مرحله سبز شدن به عنوان حساس‌ترین زمان وقوع فرسایش شیاری در کشتزار دیم گندم است و مصرف کاه و کلش تأثیر بسزایی در کاهش هدررفت خاک در هر یک از مراحل رشد گندم به ویژه در مرحله ساقه‌روی دارد. از این رو حفظ بقایای گیاهی و برگرداندن آن به خاک نقشی اساسی در مهار فرسایش شیاری در کشتزار دیم دارد.

ناشی از فرسایش شیاری کاهش یافت. واعظی و قره داغلی (1392) با بررسی علل گسترش فرسایش شیاری در خاک‌های ماری نشان دادند که عمق شیاری مشخصه مهم شیاری از نظر میزان فرسایش شیاری است. با کاهش عمق مقطع شیاری، هدررفت خاک از شیاریها کاهش می‌یابد. تغییرات مقطع شیاری طی زمان در پژوهش‌های پیشین نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا گیمز و گورز (2008) با بررسی اثر کاه و کلش مخلوط شده با خاک بر ظرفیت جدا شدن ذرات نشان دادند که کاه و کلش به صورت مانعی در برابر ظرفیت جدا شدن خاک عمل می‌کند در حالی که شیاریهای فاقد کاه و کلش مخلوط شده با خاک به دلیل انتقال ذرات از کف بستر، عمیق‌تر می‌شوند. تیان و همکاران (2017) در آزمایشی شبیه‌سازی شده تحت یک شدت بارندگی باران و شش جریان سطحی آب بیان کردند که جریان سطحی آب باعث کاهش عمق شیاری تا 22 درصد می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در هر یک از مراحل رشد گندم (کاشت، سبز شدن، پنجه‌زنی، ساقه‌روی و خوشه‌دهی)، هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری تحت تأثیر مقدار مصرف کاه و کلش گندم قرار دارد. با مصرف کاه و کلش گندم به اندازه 100 درصد پوشش سطح (0/5 کیلوگرم در هر متر مربع)، هدررفت خاک ناشی از فرسایش شیاری به شدت کاهش یافت. این مقدار حدود 4/87 برابر کم‌تر از مقدار هدررفت خاک در تیمار شاهد بود. کاهش سرعت جریان آب در شیاری و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک می‌تواند از علل مهار فرسایش شیاری در تیمارهای تحت مصرف کاه و کلش گندم باشند. در

فهرست منابع:

1. امامی، ی. 1386. زراعت غلات. ویرایش سوم. انتشارات دانشگاه شیراز. 190 صفحه.
2. بیات‌موحد، ف. نیکامی، د. و شامی، ح. 1389. بررسی راهکارهای کاهنده فرسایش خاک اراضی دیم. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، 41(4): 275-279.
3. بیات‌موحد، ف. د. نیک‌کامی، م. تکاسی و پ. مرادی. 1390. بررسی اثر کاربرد مالچ کاه و کلش گندم بر هدررفت خاک و مواد آلی در اراضی دیم شیب‌دار. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، 3(4): 223.
4. زرین‌آبادی، ا. 1393. فرسایش خاک و عملکرد گندم تحت تأثیر جهت شخم در شیب در درجه‌های مختلف. پایان‌نامه ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
5. عادل‌پور، ع. م. صوفی، و ع. ک. بهنیا. 1385. بررسی تأثیر کاه و کلش‌های دیم بر حفاظت خاک در مناطق خشک و نیمه خشک جنوبی ایران 13(2): 57-50.

6. صادقی، س.ح.ر، ا. شریفی مقدم و ل. غلامی. 1393. اثر کاه و کلش برنج بر تولید رواناب سطحی و هدررفت خاک در کرت های کوچک. نشریه حفاظت منابع آب و خاک 3(4): 73-82.
7. فطری، م.، م.الف. قبادی، م. قبادی، و غ.ر. محمدی. 1395. اثر عمق کاشت و مالچ بر ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد نخود تحت شرایط دیم. نشریه پژوهش‌های حبوبیات ایران، 7(1): 135-144.
8. واعظی، ع. و ح. قره داغلی. 1392. کمی‌سازی گسترش فرسایش شیاری در خاک‌های مارنی در حوزه آبخیز زنجان‌رود در شمال غرب زنجان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، 27(5): 871-881.
9. واعظی، ع.ر، ح.ع. بهرامی، ح.م. صادقی، و م.ح. مهدیان. 1387. تغییرات مکانی رواناب در بخشی از خاک‌های آهکی ناحیه نیمه خشک در شمال غربی ایران. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. 15(5): 213-225.
10. وزارت جهاد کشاورزی. 1395. آمارنامه کشاورزی سال زراعی 94-1393. جلد اول: محصولات زراعی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. 163 صفحه.
11. Bouajila, A. and T. Gallali. 2008. Soil organic carbon fractions and aggregate stability in carbonated and no carbonated soils in Tunisia. *J. Agron.* 7(2):127-137.
12. Cantalice, J.R.B., F.P.M. Silveira, V.P. Singh, Y.J.A.B. Silva, D.M. Cavalcante, and C. Gomes. 2017. Interrill erosion and roughness parameters of vegetation in rangelands. *Catena* 148:111-116.
13. Casermeiro, M.A., J.A. Molina, M.T. Delacruz Caravaca, M.I. Hernando Massanet, and P.S. Moreno. 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. *Catena* 57:97-107.
14. Cerda, A. 1999. Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:362-368
15. Chartier. M., C. Rostagno, and L. Videla. 2013. Selective erosion of clay, organic carbon and total nitrogen in grazed semiarid rangelands of northeastern Patagonia, Argentina. *Journal of Arid Environments.* 88:43-49.
16. Dahiya, R., J. Ingwersen, and Streck, T. 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: experimental findings and modeling. *Soil and Tillage Res.* 96(1-2):52-63.....
17. 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 analyze).* 545-567....
18. De Baets, S. and J. Poesen. 2010. Empirical models for predicting the erosion-reducing effects of plant roots during concentrated flow erosion. *Geomorphology.* 118(3-4):425-432.
19. Donjadee, S. and T. Tingsanchali. 2016. Soil and water conservation on steep slopes by mulching using rice straw and vetiver grass clippings. *Agri. Natural Reso.* 50(1):75-79.
20. Dunjo, G., G. Pardini, and M. Gispert. 2004. The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *J. Arid Environ.* 57:99-116.
21. FAO. 2006. Guidelines for Soil Descriptions, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
22. Fasching, R.A. and J.W. Bauder. 2001. Evaluation of agricultural sediment load reductions using vegetative filter strips of cool season grasses. *Water Environ. Res.* 73(5):590-596.
23. Foster, G.R. 1982. Modeling the erosion process, in *Hydrologic Modeling of Small Watersheds*, Am. Soc. Agric. Eng. Monogr., vol. 5, edited by C.T. Haan, H.P. Johnson, and D.L. Brakensiek, pp. 297-380, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Mich.
24. Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. In A. Klute (Ed.). *Methods of Soil Analysis: Part.I. Physical and mineralogical methods (2nd ed.)*. Agron. Monog. 9:383-411.

25. Ghahramani, A., Y. Ishikawa, T. Gomi, K. Shiraki, and S. Miyata. 2011. Effect of ground cover on splash and sheetwash erosion over a steep forested hillslope: A plot-scale study. *Catena* 85:34-47.
26. Giménez, R. and G. Govers. 2008. Effects of freshly incorporated straw residue on rill erosion and hydraulics. *Catena* 72(2):214-223.
27. Guenet, B., C. Neill, G. Bardoun, and L. Abbadie. 2010. Is there a liner relationship between priming effect intensity and the amount of organic matter input? *Applied Soil Ecol.* 49:436-442.
28. Gyssels, G., J. Poesen, E. Bochet, and Y. Li. 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: Are view. *Prog. Phys. Geog.* 29:189-217.
29. Le Bissonnais, Y., B. Renaux, and H. Delouche. 1995. Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. *Catena.* 25:33-46.
30. Li, J., F. Zhang, S. Wang, and M. Yang. 2015. Combined influences of wheat-seedling cover and antecedent soil moisture on sheet erosion in small-flumes. *Soil and Tillage Res.* 151:1-8.
31. Morgan, R.P.C. 2005. *Soil erosion and Conservation*, Third edition, Blach Well Publishing Ltd 13:200-210.
32. Nzeyimana, I., A.E. Hartemink, C. Ritsema, L. Stroosnijder, E.H. Lwanga, and V. Geissen, 2017. Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility in coffee farming systems of Rwanda. *Catena* 149:43-51.
33. Sachs, E. and P. Sarah. 2017. Effect of raindrop temperatures on soil runoff and erosion in dry and wet soils. A laboratory experiment. *Land Degrad. Dev.* 28(5):1549-1556.
34. Sadosky, M.C., D.L. Sparks, M.R. Noll, and G.J. Hendricks. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51(6):1460-1465.
35. Sun, L., G.H. Zhang, F. Liu, and L.L. Luan. 2016. Effects of incorporated plant litter on soil resistance to flowing water erosion in the Loess Plateau of China. *Biosys. Engr.* 147:238-247.
36. Tian, P., X. Xu, C. Pan, K. Hsu, and T. Yang, 2017. Impacts of rainfall and inflow on rill formation and erosion processes on steep hillslopes. *J. Hydrol.* 548:24-39.
37. Vermang, J., V. Demeyer, W.M. Cornelis, and D. Gabriels. 2009. Aggregate stability and erosion response to antecedent water content of a loess. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73(3):718-726.
38. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37(1):29-38.
39. Wildhaber, Y.S., D. Bänninger, K. Burri, and C. Alewell. 2012. Evaluation and application of a portable rainfall simulator on subalpine grassland. *Catena* 9:56-62.
40. Wirtz, S., M. Seeger, A. Remke, R. Wengel, J.F. Wagner, and J.B. Ries. 2013. Do deterministic sediment detachment and transport equations adequately represent the process-interactions in eroding rills? An experimental field study. *Catena* 101:61-78.
41. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*, Agric. Handbk., 537, U.S.Dep.of Agricultural Science and Educational Administration, Washington, D. C.
42. Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Agron. J.* 28(5):337-351.
43. Yu, Y.C., G.H. Zhang, R. Geng, and L. Sun. 2014. Temporal variation in soil detachment capacity by overland flow under four typical crops in the Loess Plateau of China. *Biosys. Engr.* 122:139-148.

Investigating the Effect of Wheat Straw on Soil Loss by Rill Erosion in Furrows in Different Growth Stages of Rainfed Wheat

A. R. Vaezi¹ and M. Heidari

Full Professor, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran;
E-mail: vaezi.alireza@gmail.com

MSc Student, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran;
E-mail: moh.hy68@gmail.com

Received: January, 2018 and Accepted: July, 2019

Abstract

Rainfed lands located on slopes are subjected to higher water erosion types, particularly rill erosion. Rill erosion rate can be varied in various growth stages. This study was carried out to find the effect of wheat straw on soil loss resulting from rill erosion in wheat growth stages. A field experiment was done in rainfed wheat land with 10% slope and seven wheat straw levels (0, 25, 50, 75, 100, 125 and 150% of ground cover), using the randomized complete block design with three replications. The land was plowed down slope and various straw amounts were separately incorporated into the soil. A 0.5 kg wheat straw per square meter was used in the 100% straw level. Three rills/furrows with 20-cm width and 10-m length were installed by the the planter machine similare to cultivation furrows for each straw level and rill erosion measurements were done using a discharge flow of 2 L.min⁻¹ at five growth stages (planting, emergence, tillering, stem elongation, grain filling). Based on the results, soil loss by rill erosion was significantly affected by straw amount ($P < 0.05$). Soil loss by rill erosion in 100% straw level was the lowest amount at all wheat growth stages and was about 79% lower than that in the control treatment. There was no significant difference between this treatment and higher straw levels (150% and 125% ground cover) in rill erosion. The emergence stage in each straw level, which was associated with poor vegetation cover and higher soil water content in this period, was the most susceptible stage in the rill erosion among all growing stages. In this stage, application of 100% wheat straw equal to 5 ton per hectare could decrease rill erosion by 71% (0.009 g m^{-2} equal to 0.34 ton per hectare for each 1-h rainfall event) in the cultivated furrows.

Keywords: Vegetation cover, Wheat growth, Soil moisture

¹ Corresponding author: Soil Science Department , Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan.