تخمین هدر رفت خاک و عناصر غذایی در اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی با استفاده از باران‌ساز مصنوعی

مریم یوسفی‌فرد، احمد جلالیان و حسین خادمی[۱]

چکیده

عدم توجه انسان به نحوهٔ بهره‌برداری از منابع طبیعی از جمله خاک باعث تخریب و فرسایش آن می‌گردد. فرسایش آبی یکی از عوامل مهم تخریب خاک می‌باشد. در اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی به دلیل کاهش پوشش گیاهی و بهم خوردگی سطح خاک، مقاومت خاک سطحی کاهش یافته و فرسایش آبی شدیدی رخ می‌دهد. مطالعه‌ای در منطقهٔ چشمه علی (سولیجان) استان چهارمحال و بختیاری با هدف برآورد رسوب، رواناب و هدررفت عناصر غذایی در چهار کاربری اراضی انجام شد. چهار کاربری بررسی شده شامل مرتع با پوشش گیاهی تقریباً خوب (۲۰٪ <)، مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (۱۰٪ >)، دیمزار و دیمزار رها شده بود. نمونه‌های خاک از عمق ۱۰ - ۰ سانتی‌متر در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار برداشته شد. به منظور برآورد رسوب، رواناب و هدررفت عناصر غذایی از اندازه‌گیری صحرایی فرسایش خاک تحت شرایط استاندارد از باران‌ساز مصنوعی استفاده شد. درصد مواد آلی، ازت کل، فسفر قابل دسترس، توزیع اندازه ذرات رسوب و خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بیشترین تخریب در این منطقه از فرسایش آبی بوده و عوامل متعددی در گسترش آن نقش داشته‌اند از جمله چرای بی‌رویه در مرتع، حساسیت سازندهای زمین‌شناسی و مهم‌ترین آن تغییر کاربری اراضی مرتعی به دیمزارهای کم بازده را می‌توان نام برد. بیشترین مقدار رواناب در کاربری دیمزار رها شده و کمترین مقدار رواناب در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب ایجاد گردید. بیشترین مقدار رسوب درکاربری دیمزار مشاهده شد. مقدار رسوب در کاربری‌های دیمزار، دیمزار رها شده و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف به ترتیب ۵۴/۵، ۲۱ و ۱۰/۴ برابر مرتع با پوشش گیاهی خوب بود. کمترین مقدار رواناب و رسوب در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب ایجاد گردید. نسبت غنی شدن ذرات خاک در رسوب در جزء سیلت ریز (۵ μm - ۲) و سپس رس بیشترین و در مورد شن کمترین مقدار بود. درصد هدررفت مواد آلی، ازت کل ومقدار فسفر قابل دسترس همراه با رسوب در ساعت اول بارندگی نسبت به ساعت دوم بارندگی بیشتر بود که علت آن انتقال ذرات ریزتر در ابتدای واقعهٔ بارندگی است. هدررفت کل این سه فاکتور اندازه‌گیری شده در رسوب طی ۲ ساعت بارندگی در کاربری دیمزار بیشترین، در کاربری مرتع با پوشش گیاهی ضعیف و دیمزار رها شده در حد متوسط و در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب کمترین مقدار بود. نسبت غنی شدن مادهٔ آلی، ازت کل و فسفر در رسوب در چهار کاربری بیشتر از یک است که دلیلی بر انتقال مادهٔ آلی و این دو عنصر غذایی همراه با رسوب می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت تغییر کاربری اراضی از عرصه‌های منابع طبیعی نظیر مرتع به کاربری‌های دیگر که تحت سیستم مدیریت انسان باعث افزایش فرسایش، هدررفت تشدیدی خاک و انتقال عناصر غذایی همراه با آن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: باران‌ساز، تغییر کاربری، فرسایش، مرتع، هدررفت

---

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

مقدمه

انسان تعداد زیادی از اکوسیستم‌ها را تغییر داده است. در بیشتر کشورهای جهان سوم جمعیت روستایی برای امرار معاش به زمین وابسته می‌باشند. این جمعیت روستایی خیلی سریع رشد کرده و اثرهای زیادی روی منابع می‌گذارند. از این اثرات می‌توان تغییر کاربری و پوشش زمین را نام برد. تخریب منابع طبیعی از جمله مرتع و جنگل منتج به کاهش سطح این نواحی و تبدیل آنها به کاربری‌های دیگر می‌شود که تحت سیستم مدیریت انسان می‌باشند (۵). بیشترین افزایش زمین‌های کشاورزی درآسیا در ۳۰ سال گذشته و به خصوص دهۀ قبل بوده است که قسمت‌هایی از آسیا به علت چرای بیش از حد و کشت و کار بیابانی شده‌اند (۷).

وقتی انسان اقدام به بهره‌برداری بی‌رویه از منابع می‌کند، اصطلاح تخریب، قابل کاربرد است. لَل (۱۵) تخریب خاک را کاهش در میزان تولید بالقوه و بالفعل خاک و یا کاهش در بهره‌دهی خاک که در اثر عوامل طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی به‌وجود می‌آید تعریف می‌کند. فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که تأثیرات مخربی بر تمام اکوسیستم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در سال‌های اخیر به دلیل کاربری نامناسب اراضی، شدت یافته است (۴). متأسفانه آمار دقیقی از میزان فرسایش خاک در ایران وجود ندارد. جلالیان و همکاران بر اساس تجزیه و تحلیل آماری ۱۲۰ ایستگاه رسوب‌سنجی و هیدرومتری میزان فرسایش را ۲۵ تن در هکتار در سال تخمین زده‌اند (۱).

شرایط محیطی، نوع و میزان فرسایش ایجاد شده در یک منطقۀ خاص را تعیین می‌کند. این شرایط شامل اقلیم، توپوگرافی، خاک و پوشش اراضی و تغییر کاربری اراضی می‌باشند. تخریب پوشش گیاهی می‌تواند باعث توسعۀ فرسایش شود که نهایتاً تولید محصول را محدود می‌کند. انسان با شخم و شیار در اراضی شیبدار، بسیار سریع‌تر و مؤثرتر از حیوانات حفار موجب به هم خوردن و هوادیدگی خاک می‌گردد و با این اعمال در حقیقت تمامی پدیده‌های فیزیکی که فرسایش یکی از آنها است، تشدید می‌شود. در مجموع فعالیت‌های کشاورزی معمولاً همراه با تشدید فرسایش بوده که در شرایط خاص محسوس می‌باشد (۴). افق سطحی خاک اغلب دارای مقدار مشخصی از مواد آلی است که باعث بهبود نفوذ و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب می‌شود. علاوه براین حمل افق سطحی می‌تواند باعث افزایش فرسایش افق‌های زیرین خاک شود (۱۸).

سالانه ۷۵ میلیارد تن خاک در سطح جهان فرسایش می‌یابد که ارزش آن معادل ۴۰۰ میلیارد دلار می‌باشد (۱۸). بر اساس مطالعات جلالیان وهمکاران (۱۳) خسارت ناشی از فرسایش خاک و از دست رفتن عناصر غذایی در ایران بالغ بر ۷/۲ میلیارد دلار در سال برآورد شده است و مقدار فرسایش خاک در ایران ۲۰ تا ۳۰ برابر حد قابل قبول آن می‌باشد.

بهتر است شیب‌های تند و خاک‌های مستعد فرسایش به کاربری‌های جنگل و مرتع اختصاص داده شوند (۱۰). خاک مراتع به دلیل دارا بودن مواد آلی فراوان و ساختمان مناسب همواره مورد توجه بوده است ولی تغییر در مدیریت و کاربری آن و اعمال خاک‌ورزی تأثیر زیادی بر مقدار مواد آلی و دیگر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی آن دارد. نهایتاً تضعیف این خصوصیات باعث فرسایش و تخریب مراتع می‌شود (۲).

فرسایش یک فرایند انتخابی است و تمایل به انتقال ریزترین و کوچک‌ترین ذرات دارد که این ذرات غنی از عناصر غذایی هستند. هدررفت عناصر غذایی به علت فرسایش با نسبت‌های غنی‌شدن قابل ارزیابی می‌باشد و برابر با مقدار عناصر غذایی در رسوب نسبت به خاک اصلی است (۱۲). یافته‌های تحقیقی در مورد ارتباط بین هدررفت خاک و حاصلخیزی مشخص می‌کند که فرسایش دلیل اصلی از بین رفتن حاصلخیزی خاک و محصول است. مطالعات زیادی روی هدررفت خاک و عناصر غذایی به علت فرسایش خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

در بارندگی‌ها انجام شده است. بعضی از مطالعات میزان عناصر غذایی محلول یا همراه با رسوب را در پلات‌های کوچک یا در حوزه‌های کوچک با کاربری‌های متفاوت کشاورزی، مرتع، بوته‌زار و جنگل (۸) و یا این‌که با آزمایش‌های شبیه‌سازی باران (۹) اندازه‌گیری کردند. این مطالعات نشان داده است که تغییرات زیاد در هدرروی عناصر غذایی، مربوط به اختلاف در کاربری و اعمال مدیریت است. اگر چه در طی فرایند فرسایش مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی خاک از دست می‌رود، ولی با کاربرد کودهای شیمیایی می‌توان کمبود آنها را جبران نمود .در مقابل، علی‌رغم اهمیت قابل توجه مواد آلی در ارتباط با خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک از جمله پایداری خاکدانه‌ها و ظرفیت نگه‌داری آب، هدر رفت مواد آلی خاک طی فرایند فرسایش به‌سادگی قابل جبران نمی‌باشد (۱۲).

خاک‌های مراتع استان چهار محال و بختیاری به علت پستی و بلندی، ساختمان ضعیف و کم بودن مواد آلی عموماً در معرض تخریب از جمله فرسایش آبی می‌باشند. تبدیل این مراتع به زمین‌های کشاورزی و انجام عملیات خاک‌ورزی، شدت تخریب پذیری در این خاک‌ها را افزایش می‌دهد. به‌علاوه رشد سریع جمعیت در این استان به خصوص جمعیت روستایی، فشار زیادی را بر اکوسیستم‌ها وارد کرده و باعث نیاز به اراضی کشاورزی بیشتری برای تولید غذا شده است. این جمعیت روستایی اقدام به تخریب مرتع و جنگل و تغییر کاربری اراضی به دیمزار کرده است. به علت شیب زیاد مرتع و جنگل، تغییر کاربری اراضی باعث فرسایش تشدیدی، هدررفت خاک سطحی و کاهش حاصل‌خیزی خاک شده و پس از مدتی دیمزار از حیز انتفاع خارج و به صورت زمین بایر رها می‌شود. این تحقیق تأثیر تغییر کاربری اراضی مرتعی را روی هدررفت خاک و عناصر غذایی همراه با رسوب در هر کاربری مورد مطالعه قرار داده است. این چنین اطلاعاتی باعث افزایش آگاهی عمومی بین کارشناسان، کشاورزان و مسئولان ذی‌ربط در مورد آثار تغییر کاربری اراضی روی فرسایش خاک و باردهی مرتع می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه و کاربری‌های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز کارون شمالی است که در استان چهار محال و بختیاری، شهرستان بروجن و در مجاورت روستای سولیجان واقع شده است. طول جغرافیایی منطقه ″۵۸ ′۱۵ °۵۱ تا ″۱۹ ′۱۶ °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی آن بین ″۳۶ ′۳۷ °۳۱ تا ″۴۲ ′۳۷ °۳۱ شمالی می‌باشد. ارتفاع متوسط حوزه ۲۲۶۶ متر از سطح دریا است. طبقه‌بندی خاک Clayey, mixed, active, mesic, Calcic Haploxeralfs طبق کلید تاکسونومی ۱۹۹۸ و Calcic Luvisols در رده بندی WRB (World Reference Base) است. پوشش گیاهی غالب منطقه شامل گون (*Astragalus* sp.)، آویشن (*Anthemis* sp.) و ارنجیم (*Erangium* sp.) می‌باشد. اقلیم این منطقه معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک است و متوسط بارندگی سالیانه ۴۱۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

چهارکاربری مورد مطالعه شامل مرتع با پوشش گیاهی تقریباً خوب (بیش از۲۰ درصد)، مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (کمتر از۱۰ درصد)، دیمزار و دیمزار رها شده می‌باشد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از اهالی دیمزار رها شده ۱۰ سال کشت گردید و اخیراً رها شده است.

ویژگی‌های باران‌ساز

باران ساز مورد استفاده (شکل ۱) از نوع قطره‌ساز بوده، در ساختن آن از قطره چکان‌های شرکت پل ایران (Pol Iran)، مورد استفاده در آبیاری قطرای بهره گرفته شده است. این نوع قطره چکان قابلیت تنظیم شدت و یک‌نواختی بارندگی را دارد. قطرات باران بدون سرعت اولیه از قطره چکان جدا شده، بر اثر نیروی ثقل آزادانه سقوط می‌کنند. صفحهٔ ریزش باران از ۳۸۴ قطره چکان قابل تنظیم تشکیل شده است که اجازهٔ تنظیم شدت باران را می‌دهند. لوله‌های پلی اتیلنی که قطره چکان‌ها به فواصل ۵×۵ سانتی‌متر و به صورت دوطرفه روی آنها نصب

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]



شکل ۱. باران‌ساز مصنوعی در حال آماده‌سازی

شده‌اند، با لوله‌های رابط به نحوی متصل شده‌اند که یک شبکهٔ بسته ایجاد کرده و به صورت چرخهٔ بسته عمل می‌کنند. مخزن آب حدود یک متر بالاتر از سطح صفحهٔ ریزش باران قرار گرفته و در مدت آزمایش سطح آب حدود یک متر بالاتر از سطح صفحهٔ ریزش باران قرار گرفته و سطح آب در مخزن ثابت نگه داشته می‌شود. ارتفاع دستگاه از سطح زمین ۱/۶۵ متر است و پایه‌های جلو برای استقرار روی شیب، تا دو متر قابل گسترش هستند. به منظور محصور کردن قسمت مورد آزمایش و جمع‌آوری رواناب از کرتی به مساحت یک متر مربع استفاده شده است.

آزمایش‌های باران‌ساز با چهار تکرار در قالب طرح تصادفی در شیب ۲۵ – ۳۰ درصد انجام شد. مدت زمانی که از استقرار دستگاه در هر پلات تا خاتمهٔ آزمایش به طول انجامید (با این پیش فرض که بتواند حداقلی از رواناب و رسوب را برای انجام تجزیه و تحلیل نتایج ایجاد نماید)،۱۲۰ دقیقه بود. در این مدت، رواناب تولید شده در زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه جمع‌آوری و مقدار هدررفت خاک نیز هر ۳۰ دقیقه یک بار با تبخیر رواناب و توزین رسوب در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید.

شدت بارندگی استفاده شده در این مطالعه ۵ ± ۶۰ میلی‌متر بر ساعت بود. انتخاب شدت بارندگی با در نظر گرفتن منحنی‌های شدت– مدت بارندگی در منطقه و آمارهای موجود انجام شد.

از نقاط مجاور هر کرت از خاک سطحی (۱۰ – ۰ سانتی‌متر) نمونه‌برداری شد و به آزمایشگاه انتقال یافت و برخی از فاکتورها در خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسهٔ میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD انجام شد.

تجزیه آزمایشگاهی خاک و رسوب

توزیع اندازهٔ ذرات خاک و رسوب پس از حذف مواد آلی به روش پی‌پت تعیین شد. مواد آلی خاک و رسوب با روش اکسیداسیون تر والکی– بلک، نیتروژن کل به روش کلدال و فسفر قابل دسترس به روش اولسن اندازه‌گیری گردید (۱۷). نسبت غنی شدن ذرات خاک، مادهٔ آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس از تقسیم مقدار آن در خاک به میزان آنها در رسوب محاسبه شد.

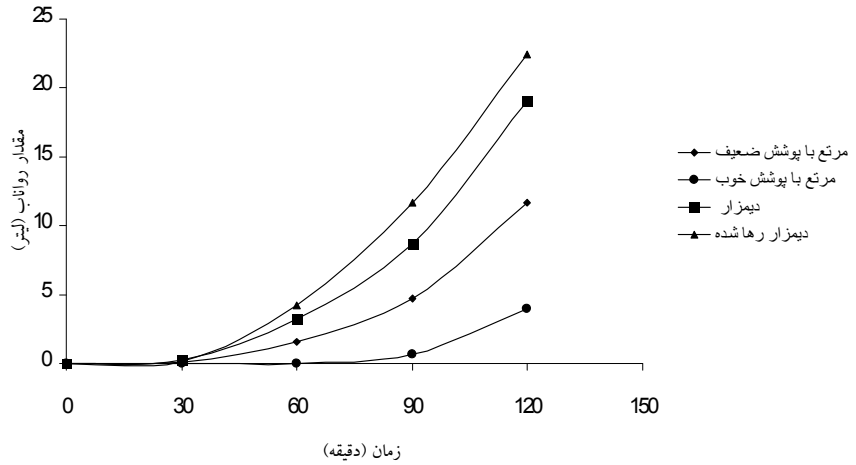
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

جدول ۱. تأثیر چهار کاربری بر مقدار رواناب طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی *

نوع کاربری	رواناب (لیتر بر متر مربع)				
	۰–۳۰min	۳۰–۶۰min	۶۰ – ۹۰min	۹۰–۱۲۰min	۰ – ۱۲۰min
مرتع با پوشش گیاهی خوب	–	–	۰/۴^{d}	۳/۵۵^{d}	۳/۹۵^{d}
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۰/۰۸^{c}	۱/۵۳^{c}	۳/۰۹^{c}	۶/۰۰^{c}	۱۱/۷۰^{c}
دیمزار	۰/۱۳^{b}	۳/۳۲^{b}	۵/۱۱^{b}	۱۰/۳۴^{b}	۱۸/۹۰^{b}
دیمزار رها شده	۰/۲۵^{a}	۴/۰۷^{a}	۷/۵۲^{a}	۱۰/۷۰^{a}	۲۲/۵۴^{a}

* : در هر ستون اعداد با حرف مشابه طبق آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۲. تأثیر چهار کاربری و زمان بر انباشتگی رواناب طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی

نتایج و بحث

میزان رواناب تولید شده

مقدار رواناب ایجاد شده در چهار زمان اندازه‌گیری شده در دیمزار رها شده بیشتر از کاربری‌های دیگر است (جدول۱). به‌طوری‌که مقدار آن در دیمزار رها شده ۵/۷۱ برابر مقدار رواناب در مرتع با پوشش گیاهی خوب است. در دیمزار رها شده در سال‌های کشت و کار و پس از آن رها شدن زمین، افق A خاک که دارای مواد آلی بیشتر، وضعیت ساختمانی بهتر و نفوذپذیری بیشتر نسبت به افق B است، طی فرسایش از بین رفته و افق B با مقاومت کمتر در برابر عوامل فرساینده در سطح قرار گرفته است. علاوه‌بر این، درکاربری دیمزار رها شده سله‌بندی در قسمت سطحی خاک مشاهده می‌شود. بنابراین پس از زمان کوتاهی از شروع بارندگی، رواناب در این کاربری ایجاد شده است و همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، منحنی انباشتگی رواناب با زمان در کاربری دیمزار رها شده نسبت به کاربری‌های دیگر بالاتر قرار گرفته است.

شدت رواناب با گذشت زمان افزایش یافته و سپس به مقدار ثابتی می‌رسد. دلیل رسیدن به حالت ثابت تشکیل سله در اثر برخورد قطرات باران با سطح خاک و تخریب ساختمان و در نهایت کاهش نفوذپذیری خاک می‌باشد (۱۶). چِن و همکاران (۶) بر اساس داده‌های مشاهده شدهٔ رواناب، منحنی رواناب را به سه قسمت تقسیم کردند: ۱ – مرحلهٔ اول شروع بارندگی تا نقطهٔ شروع اولین قطرات رواناب است. ۲ – مرحلهٔ افزایش رواناب که با تداوم بارندگی سریعاً میزان رواناب

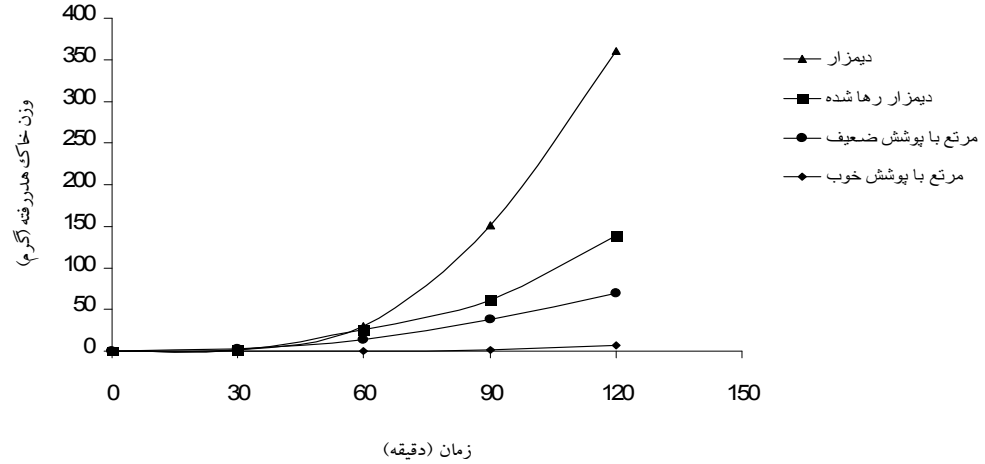
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

جدول ۲ . تأثیر چهار کاربری بر مقدار رسوب طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی *

نوع کاربری	رسوب (گرم بر متر مربع)				
	۰ – ۳۰min	۳۰– ۶۰min	۶۰–۹۰min	۹۰–۱۲۰min	۰ –۱۲۰min
مرتع با پوشش گیاهی خوب	–	–	۱/۹۸^{d}	۴/۶۲^{d}	۶/۶۰^{d}
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۱/۴۰^{b}	۱۱/۳۰^{b}	۲۵/۰۵^{c}	۳۱/۱۹^{c}	۶۸/۹۴^{c}
دیمزار	۲/۰۱^{a}	۲۸/۰۴^{a}	۱۲۰/۹۹^{a}	۲۰۹/۹۶^{a}	۳۶۰/۰۰^{a}
دیمزار رها شده	۱/۴۸^{b}	۲۴/۷۹^{a}	۳۴/۸۹^{b}	۷۷/۶۱^{b}	۱۳۸/۷۷^{b}

در هر ستون اعداد با حرف مشابه طبق آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۳ . تأثیر چهار کاربری و زمان بر انباشتگی رسوب طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی

افزایش می‌یابد، در این مرحله سله در سطح خاک در حال تشکیل شدن است. ۳ – مرحلهٔ ثبات رواناب، که سله روی سطح خاک تشکیل شده است و شدت رواناب به حد ثابتی می‌رسد. مَور و سینگر (۱۶) مرحلهٔ بعد از بارندگی را نیز اضافه کردند که این مرحله بسیار کوتاه است. پس از توقف بارندگی تا زمانی که رواناب از پلات خارج می‌شود و یا به داخل خاک نفوذ می‌کند، ادامه می‌یابد و می‌تواند در ته‌نشین کردن رسوبات معلق در رواناب نقش مهمی داشته باشد. در این تحقیق با دو ساعت بارندگی مصنوعی رواناب در مرحلهٔ دوم (افزایش رواناب) بود و به مرحلهٔ ثبات نرسید.

میزان رسوب تولید شده

بیشترین مقدار رسوب در چهار زمان اندازه‌گیری شده در کاربری دیمزار مشاهده می‌شود (جدول ۲). حداکثر مقدار کل رسوب در این نوع کاربری ۳/۶ تن در هکتار طی ۲ ساعت بارندگی است. با تغییر کاربری اراضی مرتعی با پوشش گیاهی خوب، مقدار هدررفت خاک در دیمزار، دیمزار رها شده و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف به ترتیب ۵۴/۵، ۲۱ و ۱۰/۴ برابر شده است. رانگویی و تیسن (۲۰) نیز هدررفت خاک را طی تغییر کاربری مرتع به زمین کشت تا ۹۲٪ خاک سطحی گزارش دادند. این افزایش رسوب در منحنی انباشتگی رسوب با زمان در چهار کاربری، طی دو ساعت بارندگی (شکل۳) به خوبی مشخص است. منحنی کاربری دیمزار حداکثر هدررفت را داشته و با اختلاف زیادی نسبت به سه منحنی دیگر بالاتر قرار گرفته است.

هدررفت بیشترخاک طی تغییر کاربری اراضی مرتعی به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

جدول ۳ . تأثیر چهار کاربری بر مقدار گل آلودگی طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی *

نوع کاربری	گل آلودگی (گرم در لیتر)				
	۰ – ۳۰ min	۳۰ –۶۰min	۶۰– ۹۰min	۹۰–۱۲۰min	۰ –۱۲۰min
مرتع با پوشش گیاهی خوب	–	–	۳/۰۶^{d}	۱/۳۱^{d}	۱/۶۶^{c}
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۱۷/۷۱^{a}	۷/۴۰^{ab}	۸/۱۱^{b}	۴/۴۶^{c}	۵/۹۰^{b}
دیمزار	۱۶/۶۴^{a}	۸/۴۲^{a}	۲۳/۶۸^{a}	۲۰/۳۳^{a}	۱۸/۹۸^{a}
دیمزار رها شده	۵/۹۶^{b}	۶/۱۷^{b}	۴/۶۶^{c}	۷/۲۵^{b}	۶/۱۹^{b}

* : در هر ستون اعداد با حرف مشابه طبق آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۴. تأثیر چهار کاربری بر بعضی از شاخص‌های شیمیایی خاک *

کاربری	مواد آلی(درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر قابل جذب (mg/kg)
مرتع با پوشش گیاهی خوب	۳/۱۷^{a}	۰/۲۱^{a}	۴۷/۹^{a}
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۲/۳۲^{b}	۰/۲۱^{a}	۴۳/۳^{b}
دیمزار	۰/۹۹^{d}	۰/۱۲^{b}	۲۳/۵^{d}
دیمزار رها شده	۱/۲۴^{c}	۰/۱۲^{b}	۲۸/۱^{c}

* : در هر ستون اعداد با حرف مشابه طبق آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

دلیل تخریب پوشش گیاهی و در ادامه کاهش مواد آلی خاک منتهی به عدم پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. کشت و کار و عملیات خاک‌ورزی باعث تخریب خاکدانه‌های درشت به خاکدانه‌های ریزتر شده که این خاکدانه‌ها بنوبه خود هنگام برخورد قطرات باران متلاشی و خلل و فرج خاک را مسدود می‌کنند و بدین ترتیب باعث کاهش نفوذپذیری و ایجاد رواناب می‌شوند. ضمناً با افزایش زمان بارندگی نیروی برشی رواناب زیاد شده و خاک زیادی را با خود حمل می‌کند. بیشتر بودن هدررفت خاک در دیمزار نسبت به دیمزار رها شده، احتمالاً به دلیل تراکم بسیار زیاد دیمزار رها شده و سله‌های سطحی زیاد قبل از بارندگی است که باعث ایجاد یک لایهٔ آب روی سطح خاک شده و از برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک جلوگیری می‌کند. علاوه براین، شخم و شیار در دیمزار نیز باعث افزایش هدررفت خاک شده است.

مقدار گل آلودگی در چهار کاربری تفاوت معنی‌داری را نشان داده است (جدول ۳). مقدار گل‌آلودگی در تمامی زمان‌های اندازه‌گیری شده در کاربری دیمزار بیشتر از کاربری‌های دیگر بوده است. بیشترین مقدار گل آلودگی کل در ۲ ساعت بارندگی مربوط به کاربری دیمزار و کمترین آن مربوط به کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب می‌باشد.

مقدار مادهٔ آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس در خاک

جدول ۴ نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی مرتعی تأثیر معنی‌داری بر مقدار مواد آلی خاک دارد. مقدار مادهٔ آلی بین ۳/۱۷ درصد (کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب) و ۰/۹۹ درصد (کاربری دیمزار) می‌باشد که کاهشی برابر با ۶۸/۸ درصد را نشان می‌دهد.

مادهٔ آلی آثار زیادی روی اغلب خصوصیات شیمیایی و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

فیزیکی خاک دارد که نتیجهٔ نهایی آن در خاک، کاهش فرسایش می‌باشد. بالا بودن درجه دانه‌بندی و ثبات خاکدانه‌ها بعلت وجود مادهٔ آلی در افق سطحی خاک‌ها سبب افزایش تخلخل، کم شدن جرم مخصوص ظاهری، افزایش نفوذپذیری، کاهش رواناب و نهایتاً کاهش فرسایش خاک خواهد شد. مهم‌ترین عاملی که در تسریع کاهش مواد آلی در خاک تأثیر دارد، کشت و کار می‌باشد که باعث افزایش تجزیهٔ مواد آلی خاک طی عملیات شخم می‌شود. عامل دیگری که در کاهش مواد آلی خاک سطحی نقش دارد، تشدید فرسایش دیمزار است. با افزایش فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری اراضی، مادهٔ آلی همراه با خاک سطحی منتقل می‌شود. علاوه بر این، عملیات خاکورزی سبب مخلوط شدن لایه‌های پایین خاک با درصد کربن آلی کمتر با خاک رویی شده و در نتیجه کربن آلی خاک سطحی نسبت به حالت اولیه کاهش خواهد یافت.

مقدار نیتروژن کل طی تغییر کاربری اراضی مرتعی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. حداکثر نیتروژن در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب به مقدار ۰/۲۱ درصد و حداقل آن در کاربری دیمزار به مقدار ۰/۱۲ درصد می‌باشد که کاهشی معادل ۴۲/۹ درصد را نشان می‌دهد (جدول ۴).

مقدار فسفر قابل دسترس خاک کاهشی معادل ۵۰/۹ درصد در کاربری دیمزار نسبت به مرتع با پوشش گیاهی خوب نشان داد (جدول ۴). نظر به این‌که بخش عمده فسفر کل خاک، فسفر متصل به ترکیبات آهن، آلومینیوم و کلسیم است، لذا غلظت فسفر قابل دسترس کم است و در نتیجه آبشویی فسفر به استثنای خاک‌های شنی و خاک‌های با مقدار مواد آلی بالا و نفوذپذیری زیاد ناچیز می‌باشد. در نتیجه با توجه به رسی بودن خاک در منطقه مطالعه شده، آبشویی نمی‌تواند دلیل کاهش آن باشد. فرسایش خاک تقریباً مهم‌ترین مکانیسم برای انتقال فسفر از مزارع به محیط‌های آبی است. هم‌چنین در تثبیت فسفر رس‌های سیلیکاتی، مواد آلی و اکسیدهای آهن و آلومینیوم نقش دارند. مقدار فسفر معدنی نیز با کاهش اندازهٔ ذرات افزایش می‌یابد که علت آن سطح بیشتر ذرات ریزتر است (۲۱). علاوه براین بیشتر فسفر خاک در ذرات سطحی خاک قرار دارد.

توزیع اندازهٔ ذرات در خاک و رسوب

درصد ذرات در رسوب و خاک هر کاربری در اندازه‌های متفاوت تفاوت معنی‌داری را نشان داده است (جدول ۵). درصد ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرون (رس) در رسوب حاصل از فرسایش سه کاربری مرتع با پوشش گیاهی ضعیف، دیمزار و دیمزار رها شده نسبت به خاک اصلی بیشتر است. نسبت غنی شدن ذرات رس در رسوب حاصل از این سه کاربری بالاتر از یک است (جدول ۶). علت این امر انتقال ترجیحی ذرات ریزتر در فرایند فرسایش می‌باشد. کوئینتن و همکاران (۱۹) مشاهده کردند که ذرات رس در رسوب نسبت به خاک بیشتر است. هم‌چنین ارسکین و همکاران (۱۱) این نسبت را برای ذرات رس در رسوب ۳/۶۱ گزارش داده‌اند.

توزیع ذرات سیلت در دو اندازه ریز (۵ – ۲ μm) و متوسط و درشت (۵۰ – ۵ μm) بررسی شد. درصد ذرات سیلت ریز در رسوب به طور مشخصی نسبت به خاک، در چهار کاربری بیشتر بود و نسبت غنی شدن برای این ذرات بیشتر از ذرات دیگر بود (جدول ۶). در مورد ذرات سیلت متوسط و درشت این نسبت در سه کاربری کمتر از یک می‌باشد و علت آن افزایش اندازهٔ ذرات است. ذرات سیلت به علت اندازهٔ کوچک و عدم وجود نیروهای چسبنده، حساس‌ترین ذرات نسبت به فرسایش هستند. ذرات سیلت متوسط و درشت هدررفت کمتری را نسبت به ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرون نشان دادند. علت هدررفت کمتر ذرات سیلت متوسط و درشت نسبت به ذرات رس، جرم مخصوص بیشتر آنها می‌باشد. علاوه بر این، تحقیق در سطح یک متر مربع انجام شد و نیروی برشی رواناب آنقدر افزایش نیافت که بتواند بر نیروی مقاومت حاصل از جرم مخصوص ذرات سیلت متوسط و درشت غلبه کرده و آنها را انتقال دهد. انتقال ذرات شن (۲۰۰۰ – ۵۰ μm) بسیار کم بود و کمترین نسبت غنی شدن را در بین ذرات حمل شده به خود اختصاص داده‌اند(جدول ۶). علت کمتر بودن نسبت غنی شدن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۵ . تأثیر چهار کاربری بر توزیع اندازهٔ ذرات (درصد) در خاک و رسوب*

نوع کاربری	< ۲µm		۲ – ۵µm		۵ – ۵۰µm		۲ – ۵۰µm		۵۰ – ۲۰۰۰µm	
	خاک	رسوب	خاک	رسوب	خاک	رسوب	خاک	رسوب	خاک	رسوب
مرتع با پوشش گیاهی خوب	۳۶/۷	–	۱۴/۰	–	۲۶/۴	–	۴۰/۴	–	۲۵/۱	–
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۳۷/۷^{b}	۴۸/۵^{a}	۱۳/۹^{b}	۲۸/۴^{a}	۲۳/۱^{a}	۱۹/۳^{b}	۳۷^{b}	۴۷/۷^{a}	۲۳/۲^{a}	۴/۰^{b}
دیمزار	۴۴/۴^{b}	۵۱/۷^{a}	۱۶/۷^{b}	۲۲/۵^{a}	۲۸/۴^{a}	۲۴/۱^{b}	۴۵/۱^{a}	۴۶/۷^{a}	۱۰/۵^{a}	۲/۵^{b}
دیمزار رها شده	۴۰/۷^{b}	۵۲/۱^{a}	۱۷/۵^{b}	۳۰/۴^{a}	۳۱/۴^{a}	۱۶/۸^{b}	۴۸/۹^{a}	۴۷/۲^{a}	۱۰/۹^{a}	۱/۳^{b}

* در هرخانه از جدول اعداد با حرف مشابه طبق آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۶. تأثیر چهار کاربری بر نسبت غنی شدن ذرات در رسوب طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی

نوع کاربری	< ۲µm	۲ – ۵µm	۵ – ۵۰µm	۲ – ۵۰µm	۵۰ –۲۰۰۰µm
مرتع با پوشش گیاهی خوب	–	–	–	–	–
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۱/۲۹	۲/۰۵	۰/۸۴	۱/۲۹	۰/۱۶
دیمزار	۱/۱۶	۱/۳۶	۰/۸۶	۱/۰۳	۰/۲۵
دیمزار رها شده	۱/۲۸	۱/۷۳	۰/۵۳	۰/۹۶	۰/۱۲

جدول ۷ . تأثیر چهار کاربری بر هدررفت مادهٔ آلی، نیتروژن کل و فسفر درساعت اول ودوم بارندگی مصنوعی *

نوع کاربری	مادهٔآلی (درصد)		نیتروژن کل (درصد)		فسفر (mg/kg)	
	ساعت اول	ساعت دوم	ساعت اول	ساعت دوم	ساعت اول	ساعت دوم
مرتع با پوشش گیاهی خوب	–	۳/۶۴^{a}	–	۰/۳۵^{a}	–	۶۵/۰۲^{a}
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۳/۱۹^{Aa}	۲/۵۳^{Bb}	۰/۲۷^{Aa}	۰/۲۵^{Bb}	۶۶/۶۹^{Aa}	۶۱/۸۳^{Ba}
دیمزار	۱/۳۶^{Ac}	۱/۱۹^{Bd}	۰/۱۵^{Ac}	۰/۱۵^{Bc}	۳۰/۱۰^{Ac}	۳۱/۲۷^{Bb}
دیمزار رها شده	۱/۵۷^{Ab}	۱/۳۹^{Bc}	۰/۱۷^{Ab}	۰/۱۳^{Bd}	۳۵/۱۲^{Ab}	۲۶/۰۸^{Bc}

* : اعداد در هر ستون و خانهٔ با حروف مشابه طبق آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ذرات شن اندازهٔ درشت این ذرات می‌باشد که رواناب قادر به حمل آنها نمی‌باشد. نسبت غنی شدن ذرات برای کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب به علت عدم کفایت رسوب ایجاد شده محاسبه نشد.

انتقال مادهٔ آلی و عناصر غذایی در رسوب

الف) هدر رفت مادهٔ آلی در رسوب

اختلاف معنی‌داری در درصد مادهٔ آلی هدر رفته در رسوب طی ساعت اول و دوم بارندگی در چهار کاربری مشاهده شد. درصد هدررفت مادهٔ آلی در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب (به جزء ساعت اول بارندگی) سپس مرتع با پوشش گیاهی ضعیف بیشترین مقدار است (جدول ۷) که دلیل آن مقدار مادهٔ آلی بیشتر در این دو کاربری می‌باشد (جدول۴).

درصد مادهٔ آلی هدر رفته در رسوب طی ساعت اول بارندگی در سه کاربری مرتع با پوشش گیاهی ضعیف، دیمزار و دیمزار رها شده نسبت به درصد مادهٔ آلی هدررفته در ساعت دوم بارندگی بیشتر می‌باشد (جدول۷). علت بیشتر بودن مادهٔ آلی در رسوب در ساعت اول بارندگی را می‌توان به انتقال بیشتر رس نسبت داد. تیگزرا و میسرا (۲۲) گزارش دادند که ذرات ریزتر ترجیحاً در دقایق اولیهٔ واقعهٔ فرسایشی بیشتر انتقال می‌یابد. دلیل انتقال ذرات رس در اوایل واقعهٔ فرسایشی خرد شدن خاکدانه‌های سطحی که غنی از عناصرند، می‌باشد (۲۳). خاک سطحی معمولاً دارای مقدار بیشتری مواد آلی است که این مواد به صورت کمپلکس با ذرات رس می‌باشند و با انتقال رس طی فرسایش منتقل می‌شوند. با ادامهٔ فرسایش و مسدود شدن خلل و فرج خاک، نیروی برشی رواناب زیاد شده و علاوه بر ذرات رس ذرات درشت‌تر را نیز انتقال می‌دهد. با حمل ذرات درشت‌تر نسبت مقدار رس هدررفته به کل خاک هدررفته درساعت دوم بارندگی کمتر می‌شود و نتیجهٔ آن کمتر شدن درصد مادهٔ آلی در ساعت دوم بارندگی است. درکاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب به علت نبود رسوب در ساعت اول بارندگی مقایسه‌ای انجام نگرفت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

جدول ۸ . تأثیر چهار کاربری بر نسبت غنی شدن مادهٔ آلی، نیتروژن و فسفر در ساعت اول و دوم بارندگی مصنوعی

نوع کاربری	مادهٔ آلی		نیتروژن		فسفر	
	ساعت اول	ساعت دوم	ساعت اول	ساعت دوم	ساعت اول	ساعت دوم
مرتع با پوشش گیاهی خوب	–	۱/۳۲	–	۱/۶۴	–	۱/۳۶
مرتع با پوشش گیاهی ضعیف	۱/۳۸	۱/۰۹	۱/۳۶	۱/۲۳	۱/۵۴	۱/۴۳
دیمزار	۱/۳۶	۱/۲۰	۱/۲۹	۱/۰۹	۱/۲۸	۱/۱۱
دیمزار رها شده	۱/۲۷	۱/۱۲	۱/۳۹	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۱۱

نسبت غنی شدن مادهٔ آلی (به استثنای ساعت اول بارندگی) در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب در دو ساعت بارندگی بیشتر از یک است (جدول ۸) و دلیلی بر بیشتر بودن مقدار مادهٔ آلی در رسوب حاصل از فرسایش نسبت به خاک سطحی سایر کاربری‌ها می‌باشد. حداکثر مقدار مادهٔ آلی هدررفته همراه با رسوب ۴۳/۵۹ کیلوگرم بر هکتار در کاربری دیمزار و حداقل ۲/۳۹ کیلوگرم بر هکتار در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی می‌باشد (شکل ۴). علت هدرروی بیشتر مادهٔ آلی در دیمزار با وجود هدررفت درصد کمتر مادهٔ آلی نسبت به کاربری‌های دیگر، هدررفت کل خاک می‌باشد (شکل ۳).

ب) هدر رفت نیتروژن در رسوب

درصد نیتروژن کل هدر رفته در رسوب طی ساعت اول بارندگی در مرتع با پوشش گیاهی ضعیف، دیمزار و دیمزار رها شده نسبت به نیتروژن هدررفته در ساعت دوم بارندگی بیشتر می‌باشد (جدول۷). علت آن، هدررفت رس و مادهٔ آلی(جدول ۷) بیشتر در ساعت اول بارندگی است. در این تحقیق اختلاف معنی‌داری در درصد نیتروژن هدر رفته در رسوب طی ساعت اول و دوم بارندگی در چهار کاربری مشاهده شد. درصد هدررفت نیتروژن در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب (به جزء ساعت اول بارندگی) و بعد از آن مرتع با پوشش گیاهی ضعیف بیشترین مقدار است (جدول ۷). علت آن همانند مادهٔ آلی بیشتر بودن نیتروژن در خاک این کاربری‌ها می‌باشد (جدول۴).

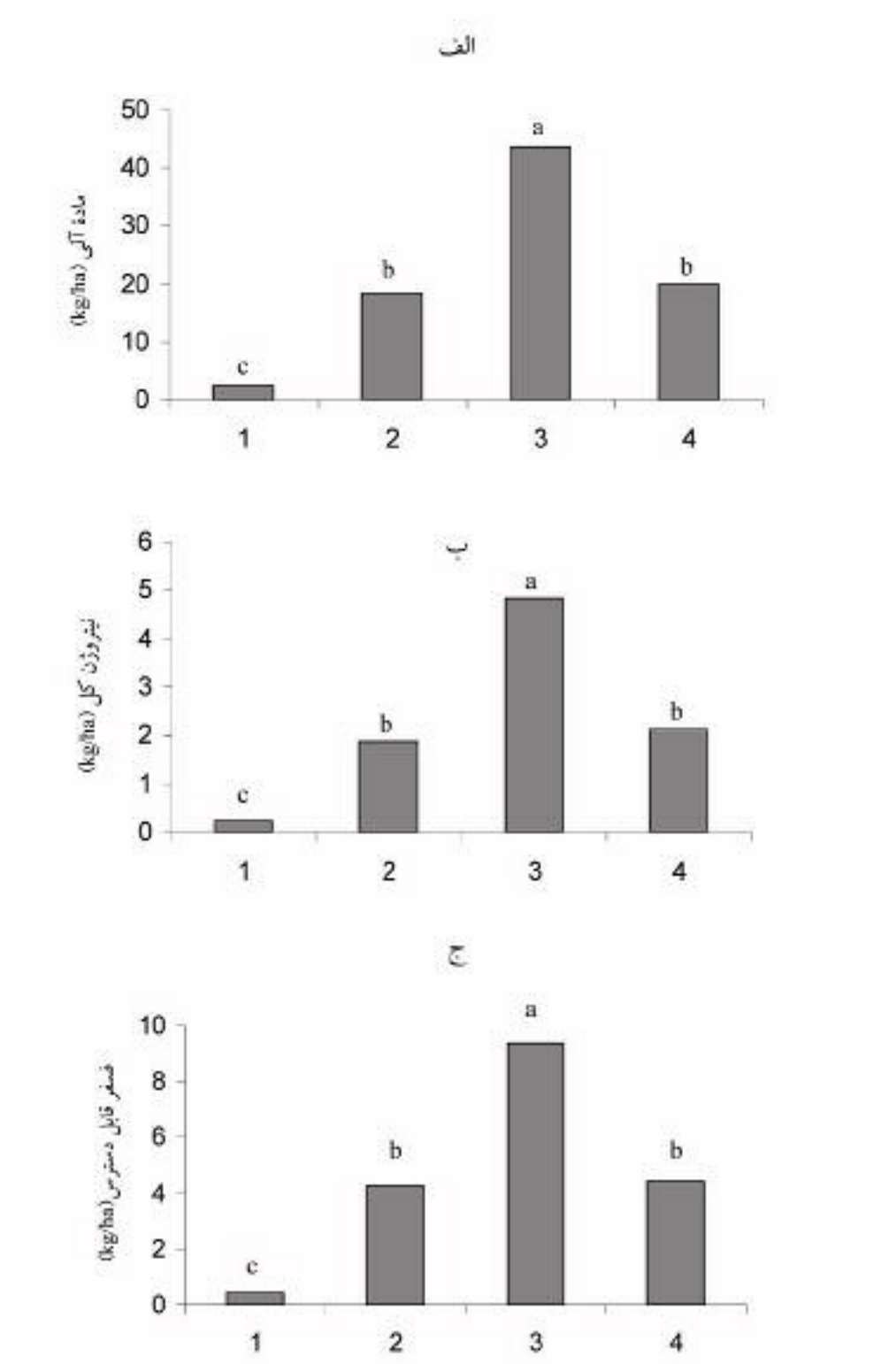
نسبت غنی شدن نیتروژن در چهار کاربری، طی ساعت اول و دوم بارندگی (به استثنای مرتع با پوشش گیاهی خوب) در ساعت اول بیشتر از یک می‌باشد (جدول۸). نسبت غنی شدن بیشتر از یک نشان دهندهٔ کاهش نیتروژن به مرور زمان در خاک سطحی کاربری‌ها به علت فرسایش می‌باشد و نتیجهٔ فرسایش تشدیدی خاک طی تغییر کاربری اراضی، کاهش حاصلخیزی خاک به مرور زمان است. لَل (۱۴) نیز نسبت غنی شدن نیتروژن در رسوب را برای بعضی از خاک‌های نیجریه ۱/۶ گزارش داده است. حداکثر نیتروژن هدررفته همراه با رسوب در کاربری دیمزار با مقدار۴/۸۳ کیلوگرم در هکتار و حداقل آن ۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب می‌باشد (شکل ۴). علت بیشتر بودن آن در کاربری دیمزار علی‌رغم هدررفت درصد کمتر آن در رسوب، هدررفت زیاد خاک در این کاربری می‌باشد (شکل ۳).

ج) هدر رفت فسفر در رسوب

مقدار فسفر هدر رفته در رسوب طی ساعت اول بارندگی نسبت به مقدار فسفر هدررفته در ساعت دوم بارندگی روندی مشابه مادهٔ آلی و نیتروژن نشان داد. هدررفت فسفر در ساعت اول و دوم بارندگی در چهار کاربری تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۷). دلیل بیشتر بودن مقدار هدررفت فسفر در کاربری‌های مرتع همانند نیتروژن و مادهٔ آلی بیشتر بودن آن در خاک این کاربری می‌باشد. نسبت غنی شدن فسفر در چهار کاربری مطالعه شده طی ساعت‌های اول و دوم بارندگی به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]



شکل ۴. تأثیر چهار کاربری بر هدررفت مادهٔ آلی کل (الف)، نیتروژن کل (ب) و فسفر قابل دسترس (ج) طی ۲ ساعت بارندگی مصنوعی.
(۱ – مرتع با پوشش گیاهی خوب، ۲ – مرتع با پوشش گیاهی ضعیف، ۳ –دیمزار و ۴ – دیمزار رهاشده)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

استثنای ساعت اول بارندگی برای کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب بیشتر از یک است (جدول ۸) که دلیلی بر هدررفت فسفر در رسوب می‌باشد. مقدار فسفر هدررفته در دیمزار، دیمزار رها شده، مرتع با پوشش گیاهی ضعیف به ترتیب ۲۱/۷، ۱۰/۳ و۹/۹ برابر فسفر هدررفته در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب می‌باشد (شکل۴).

به طور کلی می‌توان گفت تغییر کاربری اراضی مرتعی با پوشش گیاهی خوب به دیمزار نقش مهمی در افزایش حساسیت خاک سطحی به فرسایش و تخریب داشته است و باعث افزایش میزان رواناب و رسوب شده است. هم‌چنین طی تغییر کاربری اراضی میزان هدررفت مادهٔ آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس خاک در کاربری دیمزار به علت هدررفت خاک زیاد بیشتر از کاربری‌های دیگر بوده که یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت خاک بر اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. جلالیان، ا.، ا. محمدی قهساره و ح. ر. کریم زاده. ۱۳۷۳. فرسایش و رسوب و علل آن در حوزه‌های آبخیز کشور و ارائه نتایج موردی در بعضی از حوزه‌های آبخیز ایران. چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. حاج عباسی، م.ع.، ا. جلالیان، ج. خواجه الدین و ح. کریم زاده. ۱۳۸۱. مطالعهٔ موردی تأثیر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی ، حاصلخیزی و شاخص کشت‌پذیری خاک در بروجن. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۱): ۱۶۰-۱۴۹.

۳. رحمتی، م.۱۳۷۴. جمعیت، توسعه، فرسایش. مجموعه مقالات کنفرانس ملی فرسایش و رسوب، معاونت آبخیزداری، چاپ اول، صفحات ۱۷۹-۱۹۲.

۴. شکل آبادی، م.،ح. خادمی و ا. چرخابی. ۱۳۸۲. تولید رواناب در خاک‌های با مواد مادری متفاوت در حوزهٔ آبخیز گل آباد، اردستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷(۲):۸۵-۱۰۱.

5. Bewket, W. and L. Stroosnijder. 2003. Effects of agro-ecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. Geoderma 111: 85-98.
6. Chen, Y., J. Tarchitzky, J. Brouwer, J. Morin and A. Banin. 1980. Scanning electron microscope observation on soil crust and their formation. J. Soil Sci. 130: 49-55.
7. Chuluun, T. and D. Ojima. 2002. Land use change and carbon cycle in arid and semi -arid land use East and Central Asia. Scie. in China (series C) 45: 48-54.
8. Correll, D. L., T. E. Jordan and D. E. Weller. 1999. Precipitation effects on sediment and associated nutrient discharges form Rhode River watershed. J. Environ. Qual. 28: 1897-1907.
9. Eghball, B. and J. E. Gilley. 1999. Phosphorus and nitrogen in runoff following beef cattle manure or compost application. J. Environ. Qual. 28: 1201-1210.
10. Ellies, A. 2000. Soil erosion and its control in Chile, An overview. Acta Geologica Hispanica 35 (3-4): 279-284.
11. Erskine, W. D., A. Mahmoudzadeh and C. Myers. 2002. Land use effects on sediment yields and soil loss rates in small basins of Triassic sandstone near Sydney , NSW, Australia. Catena 49: 271-287.
12. Gachen, C. K. K., N. J. Jarvis, H. Unner and J. P. Mbuvi. 1997. Soil erosion on soil properties in highland area of central Kenya. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61: 559-564.
13. Jalalian, A., A. M. Ghahsareh and H. R. Karimzadeh. 1996. Soil erosion estimates for some watersheds in Iran. International Conference on Land, Degradation. Adana Turkey.
14. Lal, R. 1976. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria. IV: Nutrient losses in runoff and eroded sediments. Geoderma 16: 403-417.
15. Lal, R. 1999. Soil quality and food security: the global prespective. *In*: Lal, R. (Ed.), Soil Quality and Soil Erosion. Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
16. Moore, C. P. and M. J. Singer. 1990. Crust formation effects on soil erosion processes. Soil Sci. Soc. Amer. J. 54: 1117-1123.
17. Page, A. L. 1992. Methods of Soil Analysis. ASA and SSSA Pub., Madison, WI.
18. Pimental, D. C., H. P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. Mc Nair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]

and R. Blair. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science 267: 1117-1123.
19. Quinton, J. N., G. A. Catt and T. M. Hess. 2001. The selective removal of phosphorus from soil: Is event size important? J. Environ. Qual. 30: 538-545.
20. Ronggui, Wu. and H. Tiessen. 2002. Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, China. Soil Sci. Soc. Amer .J. 66: 1648-1655.
21. Solomon, D., J. Lehman, T. Mamo, F. Fritzsche and W. Zech. 2002. Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub-humid Ethiopian highlands. Geoderma 50: 21-48.
22. Teixeira, P. C. and R. K. Misra. 1997. Erosive sediment characteristics of cultivated forest soils as affected by the mechanical stability of aggregates. Catena 30: 119-134.
23. Wany, E. L. and S. A. Swaify. 1998. Flow-induced transport and enrichment of erosional sediment from a well-aggregated and uniformly textured Oxisol. Geoderma 75: 251-265.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.8.3]