

مقایسه و برآورد پتانسیل تولید رواناب و رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف با استفاده از بارانساز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز نومه رود)

محمد رضا جوادی¹، غلامرضا زهتاییان²، حسن احمدی³، شمس الله ایوبی⁴، محمد جعفری⁵

تاریخ دریافت: 89/10/15 تاریخ پذیرش: 90/2/14

چکیده

امروزه در اکثر مناطق جهان فرآیند فرسایش آبی و پیامدهای حاصل از آن از مهمترین مسایل زیست محیطی به شمار می رود که لزوم مطالعه این فرآیند امری ضروری به نظر می رسد. از این رو حوزه آبخیز نومه رود با مساحتی معادل 50 کیلومتر مربع در شمال ایران و در بخش جنوبی شهرستان نور انتخاب شده است. در این تحقیق از تلفیق نقشه های کاربری اراضی، طبقات شیب، جهت، نوع خاک و ژئومورفولوژی، نقشه واحدکاری به دست آمده است. سپس در هر یک از واحدهای کاری، به اندازه گیری میزان رواناب و رسوب معلق تولیدی حاصل از ایجاد رگباری با شدت 52/8 میلی متر بر ساعت و تداوم 30 دقیقه ای توسط دستگاه شبیه ساز باران در پلات 0/0625 مترمربعی و در سه تکرار مبادرت گردید. تجزیه و تحلیل های آماری که با استفاده از تحلیل آنالیز واریانس انجام شد نشان داد که اختلاف معنی داری بین واحدهای کاری مختلف از نظر مقدار رواناب و رسوب معلق در سطح اطمینان 0/05 وجود دارد. به طور کلی در این بین، اراضی مرتعی از نظر تولید مقدار رواناب و رسوب معلق در رتبه اول و اراضی کشاورزی رها شده در رتبه دوم اهمیت قرار دارند.

واژه های کلیدی: حوزه آبخیز نومه رود، فرسایش آبی، بارانساز، رواناب، رسوب معلق.

1- دانش آموخته مقطع دکتری آبخیزداری - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

M_Javadi @ iaunour.ac.ir

2- عضو هیات علمی دانشگاه تهران

3- عضو هیات علمی دانشگاه تهران

4- عضو هیات دانشگاه صنعتی اصفهان

5- عضو هیات دانشگاه تهران

مقدمه

چنانچه به ارزش اقتصادی خاک و اهمیت زیاد آن در حیات انسان توجه گردد معلوم می‌شود که این گوهر گرانبهای طبیعت سرمنشا تمامی مایحتاج اولیه بشر و تامین‌کننده نیازهای کلیه موجودات زنده می‌باشد که زندگی انسان به نوعی وابسته به آنان است (4). بهره‌برداری‌های بی‌رویه از اراضی منابع طبیعی که در نتیجه عملیات‌هایی نظیر کشاورزی، جنگل‌تراشی، چرای مفرط دام در مراتع و جاده‌سازی صورت می‌گیرد منجر به برهم‌زدن تعادل طبیعی در این اراضی شده که این امر باعث از بین رفتن پوشش گیاهی، توان و حاصلخیزی خاک و در نهایت هدررفت خاک می‌شود (8). مطالعات انجام شده در طی یک قرن اخیر نشان دهنده افزایش رشد نامعقول جمعیت بشری و متعاقب آن نیاز روزافزون به منابع غذایی جهت رفع مایحتاج زندگی جمعیت انسانی فوق شده است. وجود چنین شرایطی سبب شده است که جوامع بشری به‌طور آگاهانه و یا ناآگاهانه برای رفع نیازهای خود، بدون در نظر گرفتن توان طبیعی محیط اطراف، اقدام به استفاده غیراصولی از این اراضی بصورت بهره‌برداری‌هایی در قالب دامداری سنتی از طریق چرای دام و فشار بر پوشش گیاهی موجود و یا از طریق کشاورزی و توسعه بی‌رویه و غیراصولی آنها نمایند که این امر منجر به افزایش مقادیر فرسایش خاک در حال و آینده می‌گردد (3). نگاهی گذرا به مساله فرسایش خاک و هدر رفت منابع آب و خاک حاصل از آن در

سراسر جهان، مشخص می‌سازد که این موضوع از مهمترین معضلات زیست‌محیطی در تمامی نقاط دنیا و در اکثر موارد می‌باشد. به طوری که تاثیر تخریبی آن بر اکوسیستم‌های مرتعی، جنگلی و کشاورزی (بویژه رهاشده) از طریق کاهش توان تولیدی و حاصلخیزی خاک و در اکوسیستم‌های آبی از طریق کاهش کیفیت آب و افزایش منابع آلوده‌کننده آنها قابل درک است (7). بخشی از مواد فرسایش یافته ممکن است وارد سیستم زهکشی حوزه آبخیز شود و بصورت مواد معلق انتقال یابد و در نهایت توسط جریان رودخانه به مخازن وارد شده و از حجم مفید آنها می‌کاهد که این عمل منجر به کاهش آب قابل دسترس و استفاده برای نیروگاه‌های برق آبی، آبیاری، کاربردهای صنعتی و نیازهای خانگی می‌گردد (4). از طرف دیگر حفظ کیفیت آب از نظر وجود املاح و رسوبات مختلف، استفاده به‌منظور شرب، کشاورزی، شیلات و صنعت بسیار بااهمیت می‌باشد. از این رو، تخمین رسوب تولیدی در یک حوزه آبخیز از جهات مختلف بسیار بااهمیت بوده و کمک قابل ملاحظه‌ای به متخصصین امر در زمینه فرسایش خاک و آبخیزداری می‌نماید (2). در یک حوزه آبخیز، از جمله اقدامات ضروری در مباحث فرسایش خاک شناخت و کمی نمودن قدرت و توان تولید رواناب و رسوب معلق در بخش‌های مختلف آن می‌باشد. منظور از انجام این کار، آن است که بخشی از اراضی که حداکثر مقدار تولید رواناب و رسوب معلق در اثر تخریب و متلاشی شدن

کاملاً مشابه با شرایط طبیعی می‌باشد. بررسی‌های انجام شده در ارتباط با نقش کاربری‌های مختلف بر روی تولید رواناب و رسوب دلالت بر آن دارد که مقادیر رواناب و رسوب معلق در کاربری‌های مختلف می‌تواند اختلاف معنی‌داری داشته باشد که این موضوع با شناخت و درک کامل از فرآیند فرسایش خاک و نیز دقت در نحوه اندازه‌گیری و برآورد مقدار آن میسر است (30). به این منظور، تحقیق حاضر نیز با هدف برآورد و ارزیابی مقادیر تولید رواناب و رسوب معلق در دو نوع کاربری مرتعی و کشاورزی رهاشده در حوزه آبخیز نومه رود به انجام رسیده است. در ارتباط با برآورد مقادیر رواناب و رسوب معلق در کاربری‌های مختلف از طرق مختلف مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است که بخشی از آن به شرح زیر است:

محمدپور و همکاران (1387) به تغییرپذیری رواناب در پلات‌های کوچک مستقر در تیمارهای مرتعی قرق کوتاه‌مدت و چرا در طی فصل تابستان در مراتع ییلاقی کدیر پرداختند. به این منظور از بارانساز جهت ایجاد بارانی با شدت 1/6 میلی‌متر در دقیقه در پلات‌های آزمایشی 0/25 مترمربع و در تداوم 27 دقیقه‌ای استفاده گردید. نتایج بیان‌کننده اختلاف معنی‌دار رواناب در تیمار چراي آزاد و قرق کوتاه‌مدت در طی تابستان در سطح اطمینان 0/01 بوده است (16). صادقی و همکاران (1384)، تولید رسوب و رواناب در کاربری کشاورزی رهاشده و مرتع فقیر را مورد بررسی قراردادند. در این مطالعه مقدار رواناب و رسوب ناشی از بارانی با شدت

خاک دارند را مورد شناسایی قرار داد تا بتوان برای کنترل فرسایش نیز از راه‌کارهای مناسب‌تر و اقتصادی‌تری بهره گرفت (4). همچنین از جمله عوامل موثر در فرسایش و تولید رواناب و رسوب در یک حوزه آبخیز می‌توان به خصوصیات فیزیکی آن نظیر مساحت، پستی و بلندی، اقلیم، لیتولوژی و نوع کاربری اشاره نمود. نکته قابل‌ذکر آن است که به نظر می‌آید که امروزه نوع کاربری اثرات قابل ملاحظه‌تری را در مقدار فرسایش داشته باشد. به گونه‌ای اگر از زمین استفاده نامطلوبی به عمل آید ممکن است میزان فرسایش چندین برابر افزایش یابد (26). روش‌های بررسی فرآیند فرسایش آبی به چهار بخش عمده طبقه‌بندی می‌شود که عبارتند از: 1- مشاهدات عینی و بررسی‌های میدانی 2- استفاده از دستگاه بارانساز 3- بررسی‌ها و مطالعات آزمایشگاهی 4- استفاده از پلات‌های استاندارد جهت جمع‌آوری رواناب و رسوب در عرصه‌های طبیعی. هر یک از روش‌های ذکر شده در بالا دارای معایب و مزایایی می‌باشند که استفاده از آنها را با مشکلاتی مواجه ساخته است اما به طور کلی برای دستیابی به اطلاعات مناسب در مدت زمان کوتاه و نیز به منظور کنترل سایر شرایط در حین تحقیق، در اکثر مطالعات علمی از بارانسازها استفاده می‌گردد. زیرا استفاده از این وسیله نه تنها موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود بلکه می‌توان با استفاده از آن، میزان رواناب و تولید رسوب را به همراه سایر موارد دخیل در فرسایش، مورد پایش قرارداد (12). اما در این زمینه محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که مهمترین آن عدم ایجاد رگباری

فرناندز و آوگا² (2006) در اراضی بدون پوشش گیاهی در اسپانیا به کمک بارانساز میزان فرسایش و رسوب را مورد مطالعه قرار دادند. این مطالعه در شیب 30 درصد و با کمک بارانساز در شرایط رطوبتی حداقل یعنی قبل از شروع بارندگی‌های شدید منطقه انجام شد و طی آن 15 آزمایش در اراضی بدون پوشش گیاهی و 10 آزمایش در نقاط کنترلی صورت گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه بیان‌کننده رابطه همسو بین رطوبت خاک با میزان رواناب و رسوب و رابطه منفی بین مواد آلی و تولید رواناب و رسوب داشته‌است. در نهایت نامبردگان مقدار تولید رواناب و رسوب به کمک بارانساز در پلات‌های کوچک را تابعی از نوع خاک و مدیریت آن دانسته‌اند (24).

مواد و روش‌ها

- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نومه رود در دامنه شمالی رشته کوه‌های البرز و در فاصله حدوداً 40 کیلومتری شهرستان نور واقع است. این حوزه آبخیز از شمال به شهرستان نور و دریاچه خزر از شرق به حوزه آبخیز وازرود از غرب به حوزه آبخیز نور رود و از طرف جنوب به حوزه آبخیز هراز محدود است. مساحت این حوزه آبخیز در حدود 50 کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاع حداقل آن 650 متر در خروجی و ارتفاع حداکثر آن برابر با 3405 متر در قلعه زاغن کوه است. اقلیم کل منطقه بر اساس دمارتن اصلاح شده مرطوب سرد است که

40 میلی‌متر در ساعت در کرت‌های آزمایشی در فواصل زمانی 5 دقیقه در ظرف مخصوص جمع-آوری و حجم و وزن هر کدام اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان تلفات خاک در زمین با کاربری مرتع فقیر 0/07 برابر بیشتر از میزان آن در زمین‌های کشاورزی رها شده می‌باشد. مقدار رواناب ناشی از کرت‌های مستقر در مرتع فقیر نیز به مراتب بیشتر و 3/8 برابر اراضی کشاورزی رها شده برآورد شده‌است (14).

شارپلی¹ و همکاران (2003)، از دو بارانساز که باران را در دو پلات‌هایی به ترتیب با مساحت 2 و 36/6 مترمربعی ایجاد می‌نمودند برای برآورد جریان سطحی و انتقال فسفر در سه کاربری پوشیده از گراس (علف)- بدون کشت محصول (ذرت) و مزارعی که به‌تازگی تحت کنترل قرار گرفته بودند، استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مقدار رواناب در پلات کوچکتر بیشتر از پلات بزرگتر است که علت آن است که در پلات بزرگتر مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا خاک به حد اشباع برسد و برعکس در مورد رسوب و انتقال انتخابی ذرات ریز خاک (کوچکتر از 2 میلی‌متر) باید گفت که این مقادیر در پلات با طول 2 متر نسبت به پلات با طول 10/7 متر بطور معنی‌داری کمتر بوده‌است. در نهایت نامبردگان مقدار تولید رواناب و رسوب به کمک بارانساز در پلات‌های کوچک را تابعی از نوع خاک و مدیریت آن دانسته‌اند (29).

² - Fernandez and Aovga

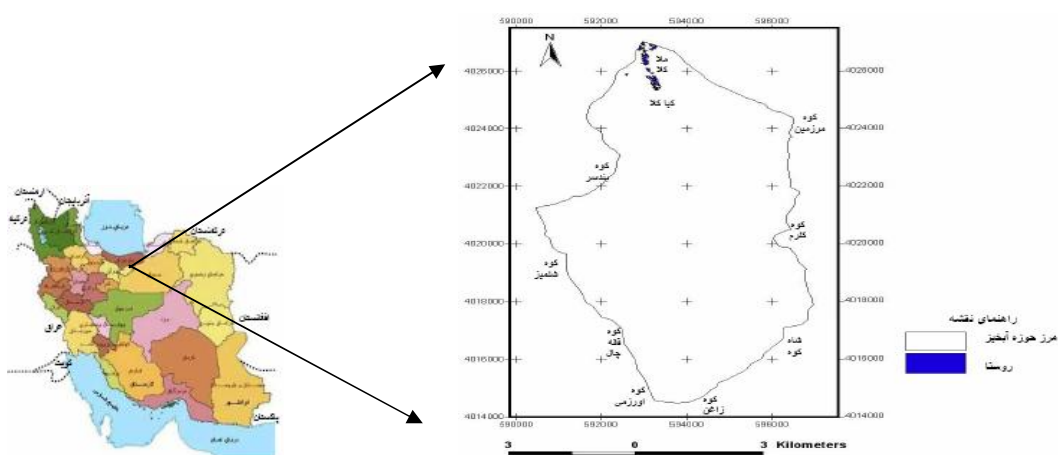
¹ -Sharply

ج - جنگل تنک (10 تا 39 درصد تاج پوشش)
 با مساحتی در حدود 51/3 هکتار
 د - مرتع با مساحتی در حدود 917/8 هکتار
 ر - اراضی کشاورزی رها شده در اطراف روستا
 با مساحتی در حدود 198/16 هکتار
 ل - مناطق مسکونی با مساحتی در حدود 16/9
 هکتار

در منطقه مورد مطالعه عمده خاک‌های موجود شامل رگوسل - لیتوسل - کمبی سل - چرنوزم و کاستانوزم می‌باشند که هر یک در انواع خاصی از کاربری‌ها بر اساس شرایط موجود، قابل مشاهده می‌باشند.

در ارتفاعات به مرطوب کوهستانی تغییر می‌کند. مقدار بارندگی متوسط سالانه در آن 613 میلی‌متر است. خصوصیات سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل سازند نسن - شمشک و الیکا می‌باشد که مساحت تحت تاثیر آنها به ترتیب حدود 1، 66 و 33 درصد از کل منطقه است. وسعت اراضی با کاربری‌های مختلف در منطقه به شرح زیر می‌باشد:

الف - جنگل انبوه (70 تا 100 درصد تاج پوشش) با مساحتی در حدود 3129/48 هکتار
 ب - جنگل نیمه‌انبوه (40 تا 69 درصد تاج پوشش) با مساحتی در حدود 623 هکتار



شکل 1) موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و مازندران

توان از آن، جهت مطالعات فرسایش خاک استفاده نمود. مزایای این نوع دستگاه، قابلیت حمل آن در صحرا است که امکان استفاده از آن را در طبیعت بر روی خاک دست‌نخورده و طبیعی فراهم می‌نماید و به این منظور استفاده از آن در بخش سطحی خاک در صحرا روش استاندارد محسوب می‌گردد (27).

- ویژگی‌های دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده در تحقیق:
 به منظور اندازه‌گیری مقادیر رواناب و رسوب معلق از یک دستگاه شبیه‌ساز باران قابل حمل در صحرا استفاده شده است. از خصوصیات این مدل بارانساز آن است که هم در شرایط میدانی و هم در شرایط آزمایشگاهی قابل استفاده است و می‌-

رسوب قرارگیرد. در مرحله بعد پس از پرمودن آب پاش درب منفذ پرکننده آن با چوب پنبه بسته شده، آب پاش برگردانده شده و روی پایه مستقر در پلات قرار می‌گیرد تا در زمان شروع آزمایش قطرات آب بر روی خاک موجود در سطح پلات پاشیده شود (7).

از آنجایی که انرژی جنبشی حاصل از شدت بارندگی 30 دقیقه‌ای در میزان فرسایش موثر شناخته شده است (8) و همچنین باتوجه به این که در عملیات‌های اصلاحی آبخیزداری به منظور اقدامات کنترلی فرسایش و رسوب، بارندگی‌هایی با دوره بازگشت 10 تا 20 ساله موردنظر است (2) لذا در این رابطه از شدت بارندگی 30 دقیقه‌ای و با دوره بازگشت 20 ساله استفاده شده است که مقدار آن در منطقه برابر با 52/8 میلی‌متر در ساعت می‌باشد. به منظور ایجاد چنین شدتی توسط بارانساز، قبل از بکارگیری آن در صحرا ابتدا طی آزمایشی برای ایجاد این مقدار شدت مورد نظر، ارتفاع لوله هواده به اندازه‌های مختلفی در نظر گرفته شده و سپس در هر ارتفاع بلافاصله پس از برداشتن چوب‌پنبه زمان تخلیه آب اندازه‌گیری و با توجه به حجم آب تخلیه شده و سطح موثر بارانساز شدت بارش شبیه سازی شده برای ارتفاع لوله هواده مورد نظر تعیین و سپس از طریق میان‌یابی ارتفاع لازم برای ایجاد شدت مورد نظر تعیین شد. به این منظور میانگین ارتفاع بارش حاصل از بارانساز، قطر قطرات تولید شده، جرم قطره و انرژی جنبشی به ترتیب 390، 5/9 میلی‌متر، 0/106 گرم و 35/4 ژول بر میلی‌متر در- نظر گرفته شد.

بخش‌های تشکیل دهنده این دستگاه عبارتند از الف: قسمت پاشنده باران (با تنظیم‌کنندگی فشار داخلی) برای تولید بارش استاندارد ب: اسکلت بارانساز و پایه قسمت پاشنده باران جهت قرارگرفتن بخش پاشنده بر روی آن و همچنین حفاظت در برابر باد ج: قاب و پلات فلزی که در داخل خاک و یا رسوب کوبیده می‌شود و از حرکات جانبی آب در کورت آزمایشی به خاک اطراف جلوگیری می‌کند و از طرفی موجب هدایت رواناب و رسوب به داخل بطری نمونه‌گیری می‌شود. آب پاش شامل یک مخزن ذخیره آب استوانه‌ای شکل مدرج شده با ظرفیت 1200 میلی‌متر است که با سر آب پاش که حاوی 49 لوله موئینه بوده و آب از آنها خارج می‌شود و خود ظرفیتی معادل 600 میلی‌لیتر آب را شامل می‌گردد در ارتباط است. به‌طور کلی مجموع کل ظرفیت بخش استوانه‌ای شکل و آب پاش 1800 میلی‌لیتر می‌باشد. فشار آب در لوله‌های موئینه را می‌توان با حرکت دادن لوله هواده‌ای که در بخش بالایی مخزن استوانه‌ای قرار دارد و با حرکت دادن آن به سمت بالا و یا پایین افزایش و یا کاهش داد که این عمل موجب تغییر در شدت بارش تولیدی و کنترل آن خواهد شد. اندازه قطر قطرات باران تولیدی توسط یک قطعه لوله کوتاه که در بخش انتهایی سوراخ‌های موئین قراردارد کنترل می‌شود. قبل از پر کردن آب پاش، پلات فلزی با شیب مناسب و در جهت عمود بر شیب تراز در سطح خاک قرارداده شده و با چکش کمی به داخل خاک کوبیده می‌شود. سپس در انتهای آن چاله‌ای احداث می‌گردد تا در آن، ظرف نمونه‌گیری به منظور جمع‌آوری رواناب و



(ج)



(ب)



(الف)

شکل 2) نحوه استقرار بارانساز و جمع‌آوری مقادیر رواناب و رسوب معلق در صحرا و آزمایشگاه
(الف: کاربری اراضی کشاورزی رها شده ب: کاربری مرتعی ج: برآورد رواناب و رسوب معلق در آزمایشگاه)

روش مطالعه

(جدول 1). همان‌طور که گفته شد به‌منظور نصب بارانساز و تهیه نمونه رواناب و رسوب از نقشه واحدهای کاری استفاده شده‌است. به‌طوری‌که در هر واحدکاری، آزمایش حداقل در سه تکرار انجام شد. ضمن آنکه سعی گردید که به‌منظور یکنواخت سازی در سطح پلات در ارتباط با عوامل موثر در تولید رواناب و رسوب، نقاطی انتخاب گردند که تقریباً معرف و بیان‌گر شرایط عمومی در هر واحدکاری از نظر پوشش گیاهی، سنگ و سنگریزه و.... باشند. تا با این کار بتوان اثر شرایط عمومی در هر واحدکاری را نیز در تولید رواناب و رسوب اعمال نمود (5). همچنین در ارتباط با زمان نمونه‌گیری باید خاطر نشان نمود که زمان نمونه‌گیری در طی فصل بهار و در شرایطی که حداقل 5 روز قبل از انجام آزمایش بارندگی رخ نداده و به‌عبارت دیگر خاک دارای رطوبتی معادل ظرفیت زراعی بوده، تعیین شده است.

درابتدا، محدوده حوزه آبخیز موردنظر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی 1:25000 به شماره‌های 6362ISE ، 6462IVSW به ترتیب مربوط به دونکو و لویج مشخص شد. سپس در محیط نرم‌افزاری ArcView، مدل رقومی ارتفاعی زمین به‌دست آمد. پس از آن با استفاده از برنامه‌های جانبی نقشه طبقات شیب و جهت تهیه گردید. تهیه نقشه‌های سنگ‌شناسی، ژئومورفولوژی و کاربری اراضی نیز به‌این صورت انجام گرفته‌است. درنهایت با تلفیق نقشه‌های طبقات شیب، جهت، ژئومورفولوژی و نوع کاربری، نقشه واحدکاری تهیه گردید. در این‌جا لازم به‌ذکر است که به‌دلیل آن‌که تمرکز مطالعه بر روی کاربری مرتعی و کشاورزی رهاشده (در اطراف روستا) بود، از انجام مطالعه در سایر کاربری‌ها صرف‌نظر گردید. به‌طوری‌که کلیه آن‌ها بعنوان محدوده غیرمطالعاتی در نظر گرفته شدند.

جدول 1) مشخصات واحدهای کاری در منطقه مورد مطالعه

کد واحدکاری	جهت	شیب (درصد)	کاربری	سنگ شناسی	رخساره ژئومورفولوژی	کد رخساره
1-1	شمالی	15 تا 30	کشاورزی رها شده	شمشک	واریزه تثبیت شده	1
1-2	شمالی	30 تا 60	کشاورزی رها شده	شمشک	واریزه تثبیت شده	
1-3	شمالی	15 تا 30	کشاورزی رها شده	الیکا	واریزه تثبیت شده	
1-4	شمالی	30 تا 60	مرتع	شمشک	واریزه تثبیت شده	
1-5	شرقی	بیش از 60	مرتع	الیکا	واریزه تثبیت شده	
2-1	شمالی	بیش از 60	مرتع	شمشک	واریزه فعال	2
3-1	شمالی	بیش از 60	مرتع	شمشک	برونزد سنگی	3
3-2	شمالی	30 تا 60	مرتع	شمشک	برونزد سنگی	
3-3	شمالی	بیش از 60	مرتع	الیکا	برونزد سنگی	
3-4	شمالی	30 تا 60	مرتع	الیکا	برونزد سنگی	
4-1	شرقی	30 تا 60	مرتع	شمشک	زمین لغزش قدیمی	4
5-1	شمالی	بیش از 60	مرتع	شمشک	میکروتراس	5
5-2	شمالی	30 تا 60	مرتع	شمشک	میکروتراس	
6-1	شمالی	15 تا 30	کشاورزی رها شده	شمشک	فرسایش شیاری	6
6-2	شمالی	12 تا 15	کشاورزی رها شده	الیکا	فرسایش شیاری	
6-3	شمالی	15 تا 30	کشاورزی رها شده	الیکا	فرسایش شیاری	
6-4	شمالی	بیش از 60	مرتع	شمشک	فرسایش شیاری	
6-5	شمالی	30 تا 60	مرتع	شمشک	فرسایش شیاری	
6-6	شمالی	بیش از 60	مرتع	الیکا	فرسایش شیاری	
7-1	شمالی	15 تا 30	مرتع	شمشک	فرسایش آبراهه‌ای برفی	7
7-2	شمالی	30 تا 60	مرتع	شمشک	فرسایش آبراهه‌ای برفی	
8-1	شمالی	بیش از 60	مرتع	شمشک	دامنه منظم	8
8-2	شمالی	30 تا 60	مرتع	شمشک	دامنه منظم	
8-3	شمالی	بیش از 60	مرتع	الیکا	دامنه منظم	
8-4	شمالی	30 تا 60	مرتع	الیکا	دامنه منظم	

رسوب معلق، میزان رسوب معلق بر حجم رواناب تقسیم شد و غلظت رسوب معلق برحسب گرم برلیتر به دست آمد (22). برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده در این مطالعه از نرم‌افزارهای Excel 2007 و MINITAB استفاده گردیده است.

نتایج

مقادیر کمی رواناب و مقدار رسوب معلق و غلظت آن در واحدهای کاری مختلف در حوزه آبخیز نومه‌رود با استفاده از دستگاه بارانساز قابل حمل انجام گردید که نتایج آن در جدول شماره 2 آورده شده است.

رواناب و رسوب تولیدی حاصل از هر بار آزمایش در بطری‌هایی که از قبل تهیه شده بودند، جمع‌آوری و اطلاعات محیطی آن محل نیز یادداشت گردید. جهت برآورد مقادیر کمی فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی، حجم و رسوب به دست آمده در پایان هر آزمایش در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در ابتدا حجم رواناب از طریق اندازه‌گیری مستقیم توسط استوانه‌های مدرج بدست آمد. سپس رسوب تولیدی نیز پس از گذراندن رواناب جمع‌آوری شده، از کاغذ صافی وات من 40 و سپس با قرار دادن نمونه رسوب باقی‌مانده در کاغذ صافی و قراردادن آن در آون با دمای 100 درجه سانتی-گراد مقدار رسوب خشک پس از توزین بدست آمد (13). همچنین برای به دست آوردن غلظت

جدول 2) مقادیر رواناب، رسوب معلق و غلظت آن در واحدهای کاری مختلف در منطقه مورد مطالعه

واحد کاری	مقدار رواناب (لیتر)			تکرار	مقدار رسوب (گرم)			تکرار	غلظت رسوب (گرم در لیتر)			تکرار
	تکرار				تکرار				تکرار			
	1	2	3		1	2	1		1	2	3	
1-1	0/186	0/11	0/259	0/185	0/004	0/000	0/008	0/004	0/02	0/000	0/03	0/017
1-2	0/738	0/12	0/43	0/429	0/221	0/000	0/086	0/102	0/3	0/000	0/2	0/167
1-3	2/11	1/22	1/67	1/667	0/781	3/876	2/923	2/527	0/37	3/23	1/75	1/783
1-4	2/02	1/96	2/18	2/053	6/161	1/156	22/519	9/945	3/05	0/59	10/33	4/657
1-5	2/1	1/987	2/02	2/036	22/05	7/948	21/654	17/217	10/5	4	10/72	8/407
2-1	2/1	2/05	2/22	2/123	6/069	0/092	20/313	8/825	2/89	0/45	9/15	4/163
3-1	2/15	2/6	2/07	2/273	0/494	0/0678	0/373	0/312	0/23	0/26	0/18	0/223
3-2	0/13	1/968	0/93	1/009	0/104	26/647	1/934	9/562	0/8	13/54	2/08	5/473
3-3	2/95	3/1	3/24	3/097	44/545	47/74	52/164	48/15	15/1	15/4	16/1	15/53
3-4	2/52	2/86	2/738	2/706	25/679	30/831	33/267	29/926	10/19	10/78	12/15	11/04
4-1	2/81	1/05	2/1	1/987	33/299	2/016	14/91	16/742	11/85	1/92	7/1	6/957
5-1	3/1	1/75	2/42	2/423	39/525	14/000	24/20	25/908	12/75	8	10	10/250
5-2	2/96	1/58	2/21	2/250	11/84	16/59	28/509	18/98	14	10/5	12/9	12/47
6-1	2/55	2/67	2/59	2/603	0/179	0/267	2/331	0/926	0/07	0/1	0/09	0/087
6-2	2/235	2/32	2/5	2/352	3/084	6/38	5/000	4/821	1/38	2/75	2	2/043
6-3	2/74	2/85	2/92	2/837	10/52	110/68	12/41	11/537	3/84	4/1	2/25	4/063
6-4	2/331	1/86	2/592	2/261	11/655	8/37	15/184	11/736	5	4/5	5/2	4/9
6-5	1/776	2/018	2/174	1/989	7/37	8/88	10/218	8/823	4/15	4/4	4/7	4/417
6-6	2/71	2/52	1/98	2/403	17/615	15/12	9/9	14/212	6/5	6	5	5/83
7-1	3/06	1/922	3/33	2/771	17/411	9/033	17/483	14/642	5/69	4/7	5/25	5/213
7-2	1/844	2/04	1/915	1/933	1/199	1/754	1/494	1/482	0/65	0/86	0/78	0/763
8-1	2/97	1/51	2/13	2/203	29/106	7/701	13/632	16/813	9/86	5/1	6/4	7/12
8-2	2/764	0/944	1/924	1/877	31/51	1/624	13/43	15/521	11/4	1/72	6/98	6/7
8-3	2/99	1/325	2/25	2/188	37/375	7/95	16/20	20/508	12/5	6	7/2	8/567
8-4	2/82	1/11	2/15	2/027	44/838	8/325	23/65	25/604	15/9	7/5	11	11/47

حجم رواناب در سطح معنی دار ($P = 0/001$) می‌باشد. مقایسه میانگین توسط آزمون توکی نشان داد که واحدهای کاری 1-1 و 1-2 (به- ترتیب با میانگین رواناب 0/185، 0/429 لیتر) و واحدهای کاری 3-3، 3-6، 1-7 (به ترتیب با

نتایج حاصل از بررسی حجم رواناب در واحدهای کاری مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس که در جدول 3 آورده شده است، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین واحدهای کاری مختلف از نظر

میانگین 3/097 ، 2/837 ، 2/771 لیتر) بیشترین مقدار رواناب را به ازای بارش ایجاد شده تولید نموده‌اند.

جدول 3) آنالیز واریانس مربوط به مقایسه حجم رواناب در واحدهای کاری مختلف

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
واحدهای کاری	32/661	24	1/361	5/04	0/000
خطا	13/493	50	0/270	-	-
کل	46/154	74	-	-	-

رسوب 0/004 ، 0/102 ، 0/212 ، 0/926 گرم) کمترین رسوب تولیدی را داشته و از این نظر اختلاف معنی‌داری ندارند. همچنین بین واحدهای کاری 3-3 ، 3-4 ، 5-1 ، 8-4 که بیشترین مقدار رسوب را دارند (به ترتیب با میانگین رسوب 48/15 ، 29/92 ، 25/91 ، 25/6 گرم) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما با سایر واحدهای کاری اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

نتایج حاصل از بررسی مقدار رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف

بررسی انجام شده در ارتباط با نتایج تجزیه واریانس مقدار رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف در جدول 4 موجود است. نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین واحدهای کاری مختلف از نظر مقدار رسوب در سطح معنی‌دار ($P = 0/001$) می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی نشان‌داد که واحدهای کاری 1-1 و 1-2 (به ترتیب با میانگین

جدول 4) آنالیز واریانس مربوط به مقایسه میزان رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
واحدهای کاری	9010/9	24	375/5	4/67	0/000
خطا	4016/8	50	80/3	-	-
کل	13027/7	74	-	-	-

و واحدهای کاری 3-3 ، 5-2 ، 8-4 ، 3-4 ، 5-1 ، 1-5 (به ترتیب با میانگین غلظت رسوب 15/53 ، 12/467 ، 11/467 ، 11/040 ، 10/25 ، 8/56 ، 8/407 گرم در لیتر) بیشترین مقدار غلظت رسوب معلق را از خود نشان داده‌اند.

نتایج حاصل از بررسی مقدار غلظت رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف

بین واحدهای کاری مختلف از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P = 0/001$). مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون توکی نشان داد که واحدهای کاری 3-3 ، 8-4 ، 3-4 ، 5-1 ، (به ترتیب با میانگین غلظت رسوب 0/017 ، 0/87 ، 0/223 ، 025/167 گرم در لیتر) کمترین

جدول 5) آنالیز واریانس مربوط به مقایسه غلظت رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
واحدهای کاری	1293/95	24	53/91	6/5	0/001
خطا	414/7	50	8/29	-	-
کل	1705/65	74	-	-	-

بحث و نتیجه گیری

لگدکوبی مداوم دام باعث برهم خوردن ساختمان خاک شده و بسیاری از خصوصیات خاک را از حد مطلوب خارج می نماید و خاک در زمان بارندگی واکنش هیدرولوژی سریعی از خود نشان می دهد که بخش اعظم بارش را تبدیل به رواناب می کند. اما در کاربری اراضی کشاورزی رها شده به دلیل بهتر بودن شرایط خاک نسبت به کاربری مرتع، واکنش خاک به تولید رواناب و رسوب کمتر خواهد بود که این امر را می توان در افزایش خلل و فرج، ماده آلی بیشتر، شیب کمتر و پوشش علفی مناسب تر دانست. نتایج این بخش از مطالعه با نتایج شاه کرمی (1380)، اعتراف (1384) و کیانی (1386) مطابقت دارد. با مدنظر قراردادن نتایج حاصل از این مطالعه می توان به این امر اشاره نمود که در بین واحدهای کاری مختلف و همچنین انواع کاربری ها در منطقه مورد نظر اختلاف معنی داری بین حجم رواناب، مقدار رسوب معلق و غلظت آن وجود دارد که این امر می تواند ناشی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، پوشش سطحی آن (سنگ و سنگریزه، پوشش علفی و...)، خصوصیات توپوگرافی و ژئومورفولوژی منطقه و... باشد.

در این تحقیق واحدهای کاری مختلف در قالب دو کاربری مرتعی و کشاورزی رها شده شناسایی شدند و پتانسیل تولید رواناب و رسوب معلق در هر یک از آنها مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که نتایج نشان داد، مقدار رواناب، رسوب معلق و غلظت آن در خاک های مربوط به واحدهای کاری مختلف متفاوت است که این امر با نتایج کامفورست (1987)، الدریج و کوئن (1993)، دیمویانس و همکاران (2001)، فرناندز و آوگا (2006)، فضل الهی (1385)، آرمین (1386) و صادقی (1387) مبنی بر وجود اختلاف معنی دار در مقدار رواناب و رسوب معلق و غلظت های آن برای خاک های مختلف مطابقت دارد. کاربری مرتعی از نظر میزان رواناب و رسوب معلق و غلظت آن نسبت به کاربری کشاورزی رها شده از مقادیر بالاتری برخوردار است که این نتیجه با نتایج مطالعات یانگ و موتلر (1977)، ناواس (1993)، گومز (2005)، صادقی (1384)، سیاه منصور (1386)، صادقی (1387) و محمدپور (1387) مبنی بر تاثیر پذیری میزان رواناب و رسوب معلق از تخلخل خاک، میزان و نحوه پوشش سنگریزه سطحی، بافت خاک و ... مطابقت دارد. وجود چنین شرایطی را می توان در چرای مفرط از مرتع، عدم تناسب تعداد دام و ظرفیت مرتع دانست. همچنین فشردگی خاک حاصل از

منابع

- 8- رفاهی، حسینی، 1385، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران. 90-110
- 9- ر. سیاه منصور، م. جعفری، ر. کرمان، ع. محمدیان، 1386، بررسی اثر چرای متعادل - چرای بی‌رویه و شخم در جهت شیب بر میزان تولید رسوب و رواناب در کرت‌های ویشمایر، مجموعه مقالات چهارمین همایش آبخیزداری ایران، کرج. 12-16
- 10- ع. شاه کرمی، ک. خادمی، ر. سیاه منصور، 1380، بررسی تأثیر شدت چرا بر تولید رواناب و رسوب با دو روش اندازه‌گیری مستقیم و مدل RUSLE، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک. 22-25
- 11- ف. کیانی، ا. جلالیان، ع. پاشایی، ح. خادمی، 1386، نقش جنگل‌تراشی و تغییر کاربری اراضی بر میزان فرسایش‌پذیری خاک اراضی لسی در حوزه آبخیز پاسنگ استان گلستان، مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک، کرج. 26-30
- 12- ع. فضل الهی، 1385، بررسی فرسایش‌پذیری سازندهای کواترنریا کمک باران‌ساز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. 40-55
- 13- ن. غضنفری، ح. مرادی، س. فیض‌نیا، 1386، بررسی حساسیت به فرسایش کاربری اراضی در منطقه سجزی-کوهپایه اصفهان، مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک، کرج. 17-20
- 14- س. ح. صادقی، ر. رئیس‌یان، س. ل. رضوی، 1384، مقایسه تولید رسوب و رواناب در کاربری کشاورزی رها شده و مرتع فقیر، مجموعه مقالات سومین همایش فرسایش و رسوب، یزد. 13-17
- 1- ع. تلوری، ع. نجفی‌نژاد، و. قربان‌نیا، 1386، تعیین اثر شیب دامنه - تداوم باران و بافت خاک در مقدار فرسایش خاک با استفاده از باران ساز مدل FEL₃، مجموعه مقالات چهارمین همایش آبخیزداری، کرج. 1-3
- 2- ا. اسمعیلی، خ. عبداللهی، 1389، آبخیزداری و حفاظت خاک. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. 63-80
- 3- ح. اعتراف، ع. تلوری، 1384، بررسی پوشش گیاهی و مدیریت چرای دام در فرسایش خاک مراتع لسی مراوه‌تپه، مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، یزد. 7-10
- 4- ع. بافکار، ح. مجردی، 1385، حفاظت آب و خاک، انتشارات دانشگاه رازی. 70-90
- 5- س. ه. حسینی، 1386، بررسی میزان فرسایش و رسوب در مارن‌های منطقه طالقان با استفاده از باران ساز، رساله دکتری علوم آبخیز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. 40-70
- 6- م. حسن‌زاده نفوتی، 1385، بررسی ویژگی‌های مؤثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها، رساله دکتری علوم آبخیز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. 50-60
- 7- م. ر. جوادی، 1389، بررسی تغییرپذیری مکانی فرسایش‌پذیری خاک در کاربری‌های مختلف اراضی با استفاده از بارانساز، رساله دکتری علوم آبخیز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. 70-95

- 21) Dimoyiannis, D.G, S.Valims, P.Vyrlas. 2001, A Rainfall simulation study of erosion of some calcareous soil. Global Nest: the int.j. Vol, 3. No 3. PP: 179-183.
- 22) Dongsheng, Y., S.Xuezheng & D.C.Weindorf. 2006. Relationsheeps between permeability and erodibility of cultivated arisols and Cambisols in Subtropical china, soil science society of china, 16(3):304-311.
- 23) Eldrige, D.J, T.B. Koen. 1993, Run-off and sediment trend from a semi-arid woodland in eastern Australia II. Variation in some soil hydrological properties along gradients in soil surface condition.
- 24) Fernandez, C, Jack. Vega. 2006, Run off and soil erosion after rainfall simulations in burned soil. Forest ecology and management. PP: 375-377.
- 25) Gomeze, J.A. 2005, Run off and sediment losses from rough and smooth soil surface in elaborator experiment. Catena, Vol, 59. PP: 253-266.
- 26) Harrison, C.G, 1994. Rares of continental erosion and mountain building. J.Rundsh, 83:431-447.
- 27) Kamphorst, A., 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, Netherland Journal of Agricultural Science 35:407-415.
- 28) Navas. A. 1993. Soil losses under simulated rainfall in semi arid shrublands of the Ebro Valley, Spain.
- 29) Sharply. A. Peter.Kleinman. 2003, Effect of Rainfall Simulator and Plot on over land flow and Phosphorous transport. Journal of Environ Quall, Vol, and 32pp:2172-2179.
- 30) Toy, T.J., G.R.Foster & K.G.Renard. 2002. soil erosion processes, Prediction, Measurement and control. John Wiley and Sons, Inc, Newyork 338pp.
- 31) Young, R.A , C.K.Muthler. 1977, Erodibility of some Minnesota soils, Journal of soil and water conservation. Vol, 32. PP: 180-182.
- 15- س.ح صادقی، ر. هدایتی‌زاده، ح. نادری، م. حسینعلی‌زاده، 1387، مقایسه تولید رواناب و رسوب در سازندهای مختلف کواترنر در مراتع سر چاه عماری بیرجند، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال دوم، شماره چهارم، زمستان 463-449.
- 16- ک. محمدپور، س.ح صادقی، ق. دیانتي- تیلکی، 1387، تغییرپذیری رواناب در پلات‌های کوچک مستقر در تیمارهای مرتعی قرق کوتاه مدت و چرا در طی فصل تابستان، مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آب‌بخیزداری ایران، گرگان. 3-1
- 17- م. دلبری، م. خیاط خلقى، م. مهدیان، 1383، ارزیابی روش‌های زمین آماری در برآورد هدایت هیدرولیکی خاک در مناطق شیب آب و پشت آب پایین دشت سیستان. مجله علوم کشاورزی ایران - جلد 35 - شماره 1. 12-1
- 18- مورگان، ترجمه: علیزاده، 1368، فرسایش و حفاظت خاک، انتشارات آستان قدس رضوی. 40-30
- 19- م. مسعود، م. کلباسی، ا. جلالیان، ح. خادمی، 1388، ارزیابی اثر تغییر کاربری و چرای بی‌رویه بر تولید رواناب و رسوب و هدر رفت فسفر خاک در زیرحوزه سولگان- مجله منابع طبیعی ایران- دوره 62- شماره 1. 151-137
- 20- م. یوسفی‌فرد، ا. جلالیان، ح. خادمی، 1386، تخمین هدررفت خاک و عناصر غذایی در اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی با استفاده از باران‌ساز مصنوعی در سوليجان استان چهارمحال و بختیاری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره چهارم (الف). 107-