



مقدمه

خاک به عنوان یکی از منابع طبیعی ارزشمندی است که در مقیاس زمانی کوتاه تجدید ناپذیر می باشد. فرسایش به عنوان عامل اصلی تخریب خاک محسوب شده و اثرات آن معمولاً غیر قابل جبران می باشد [۲ و ۱۰]. اندازه گیری و تعیین مقدار فرسایش و رسوب در مقیاس کرت و حوزه آبخیز همواره به سهولت میسر نمی شود. استفاده از کرت های دائمی یا موقتی برای اندازه گیری و مطالعه عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب بسیار مفید می باشند [۲۳]. از طرف دیگر حتی در صورت وجود ایستگاه های اندازه گیری، فقط می توان متوسط رسوب دهی حوزه بالادست ایستگاه را محاسبه نمود. در صورتی که برای برنامه ریزی های منطقه ای و آمایش سرزمین، لازم است وضعیت فرسایش و عوامل موثر در تشدید آن در نقاط مختلف یک حوزه آبخیز در دسترس باشد. توی و همکاران [۳۱] دلایل اندازه گیری مقدار فرسایش خاک را تعیین اثرات محیطی فرسایش و عملیات حفاظتی، انجام پژوهش های علمی فرسایش خاک، توسعه و ارزیابی روش های مهار فرسایش، توسعه روش های پیش بینی فرسایش و در نهایت، تخصیص صحیح منابع و توسعه برنامه ها، سیاست ها و قوانین حفاظتی بیان می دارند. در این میان روش های اندازه گیری فرسایش برای اهداف پژوهشی نسبت به موارد دیگر همواره دقیق تر و هدفمند تر می باشند [۳۰]. مطالعات فرسایش در مقیاس های مختلف مکانی و زمانی قابل انجام می باشد. یکی از مقیاس های مکانی اندازه گیری فرسایش مقیاس کرت (مساحت کمتر از ۱۰۰ متر مربع) با طول بین ۴ الی ۱۰ متر می باشد که مناسب برای اندازه گیری فرسایش های شیار و بین شیار می باشد [۳۰]. در حالی که چنانچه هدف ارزیابی روش های کنترل فرسایش شیار و بین شیار باشد، به ترتیب عرض و طول کرت ها باید بین ۳ تا ۲۵ و ۱۰ تا ۲۵ متر باشد. در این مقیاس مقادیر رواناب و رسوب قابل اندازه گیری در مخازن تعبیه شده در خروجی کرت و مقدار رسوب گذاری غیر قابل اندازه گیری می باشد. بین سال های ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۲ که به اعتقاد نلسون (۱۹۵۸) (نقل از لافلن و مولدنهاور) [۱۸] سال های طلایی پژوهش های حفاظت خاک بود، ایستگاه های تحقیقاتی زیادی در زمینه مطالعات کرتی فرسایش در آمریکا و دیگر کشورهای دنیا مستقر گردید که در ادامه منجر به توسعه معادله جهانی فرسایش خاک [32] USLE^۱ و نسخه های مختلف دیگر

I- Universal Soil Loss Equation

مقایسه تولید رواناب و رسوب در تیمارهای مختلف کاربری کشاورزی

عطالله کلارستانی^۱، حسن احمدی^۲، اباذ اسمعیل عوری^۳،
محمد جعفری^۴ و جمال قدوسی^۵
تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۴

چکیده

اندازه گیری فرسایش خاک و بررسی عوامل کنترل کننده آن تحت شرایط طبیعی و یا آزمایشگاهی با استفاده از کرت های دائمی یا موقتی بسیار مفید می باشند. در پژوهش حاضر که در اراضی کشاورزی روستای رسکت در منطقه دودانگه شهرستان ساری به انجام رسید، رواناب و رسوب ناشی از رگبارهای منفرد در مقیاس کرت و تحت سناریوهای مدیریت اراضی مختلف اندازه گیری و مقایسه گردید. برای این منظور تعداد ۱۰ کرت به ابعاد ۱۲/۵ × ۲ متر با ۵ تیمار مختلف و ۲ تکرار برای هر یک از تیمارهای کشت نوری (گندم و گیاهان علوفه ای)، کشت با شخم روی خط تراس، تراس بندی، کشت با شخم در جهت شیب و دامنه شاهد با پوشش خودرو و بدون اعمال شخم در نظر گرفته شد. نتایج ۹ رخداد بارش منجر به تولید رواناب و رسوب نشان داد که بیشترین مجموع مقدار رسوب در دوره پژوهش در کرت با شخم در جهت شیب و به مقدار ۱۵۶ گرم در متر مربع به دست آمده است. همچنین کشت روی تراس با میزان رسوب ۶/۲ گرم در متر مربع کمترین تولید رسوب در دوره پژوهش را به همراه داشته است. بیشترین مقدار ضریب رواناب مربوط به تیمار شاهد بدون اعمال شخم (۲۱/۲۴٪) و کمترین ضریب رواناب مربوط به تیمار کشت روی تراس (۷/۰۸٪) بوده است. همچنین نتایج نشان داد که مراحل شخم کرت ها، اوایل رشد و تا حدودی در مرحله برداشت محصول، حساس ترین مواقع از لحاظ تولید رسوب می باشد.

واژه های کلیدی: تولید رسوب، ضریب رواناب، کرت آزمایشی، مدیریت اراضی کشاورزی، حوزه آبخیز دودانگه و استان مازندران

۱- نویسنده مسئول و استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری a.kelarestaghi@umz.ac.ir
۲ و ۴- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۵- استادیار پژوهشی سابق مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

می توان به پژوهش های دیگری که توسط سیاہ منصور [۴]، رئیسیان و اسدی [۳] و صادقی و همکاران [۶] به انجام رسیده، اشاره نمود. در بیشتر مطالعات فوق اثر انواع کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک و تولید رسوب مورد بحث قرار گرفته است. این در حالی است که ارزیابی اثر نظام های مختلف کشت و کار و تیمارهای حفاظتی کشاورزی در بسیاری از این مطالعات بررسی نشده است. امروزه در کشور توجه به مساله فرسایش خاک در اراضی کشاورزی که بطور متناوب و بدون سیستم های استراحتی و آیش مناسب تحت بهره برداری قرار می گیرند، بسیار حائز اهمیت می باشد [۲].

بدین منظور پژوهش حاضر با هدف اندازه گیری رواناب و رسوب ناشی از رگبارهای منفرد در مقیاس کرت و ارزیابی اثر تیمارهای مختلف کشت و کار و تقویم عملیات زراعی بر مقادیر رواناب و تولید رسوب انجام گرفته است.

مواد و روش ها

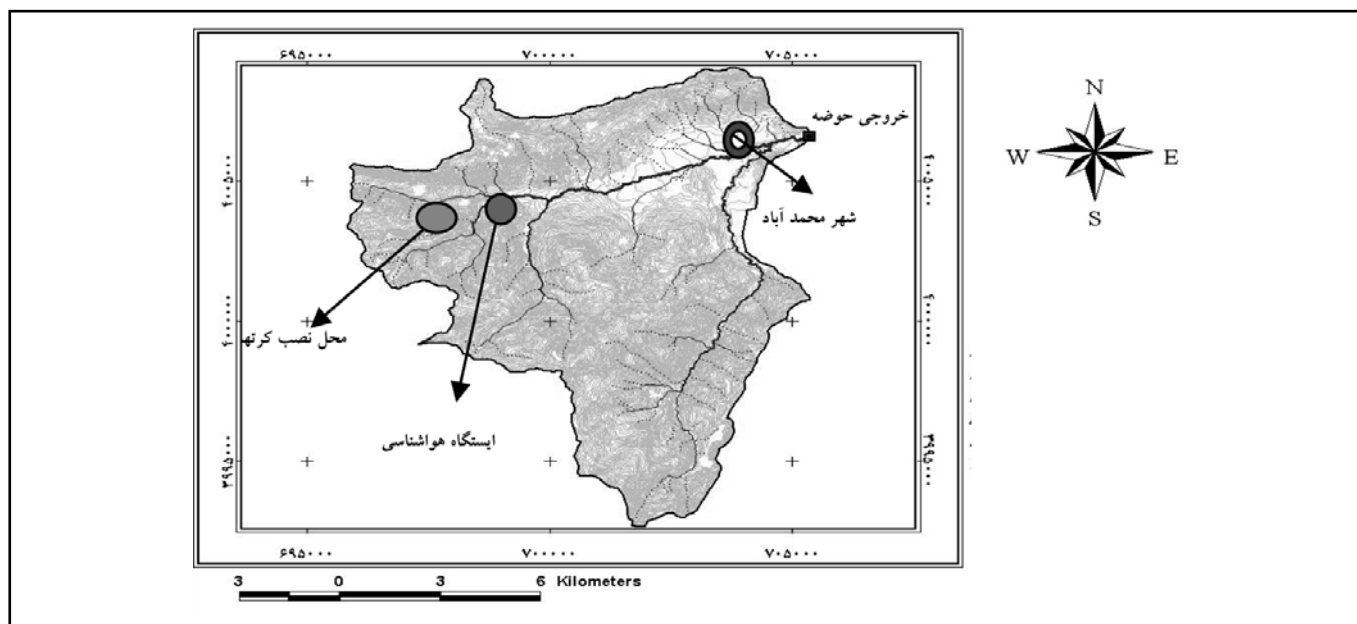
منطقه مورد بررسی

پژوهش حاضر در حوزه آبخیز دودانگه فریم و روستای رسکت از توابع بخش دودانگه در فاصله ۸۰ کیلومتری شهرستان ساری به انجام رسیده است (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا ۹۹۰ متر، بارندگی سالانه ۵۱۵/۸ میلی متر، متوسط درجه حرارت ۱۲/۴ درجه سانتی گراد، تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۱۱۰۰/۱۱ میلی متر، خاک منطقه سیلتی رسی تا رسی و آب و هوای منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده نشان دهنده اقلیم مدیترانه ای تا

آن نظیر [25] MUSLE^۱ و [27] RUSLE^۲ و نیز بعدها منجر به توسعه مدل [14] WEPP^۳ و [۲۴] گردید. هم چنین پژوهشگران زیادی در دنیا در مقیاس کرت با اهداف شناخت عوامل موثر، توسعه روش های حفاظتی و ارزیابی کارایی مدل ها به مطالعه و ارزیابی میزان رواناب و تولید رسوب پرداختند. کوک [۱۲] تاثیر چهار روش کشت آیش، تنک، تناوبی و متراکم را بر میزان هدررفت خاک بررسی کرده و اظهار داشت که مقادیر هدر رفت خاک در کشت متراکم ۱۳ گرم بر مترمربع و در کشت آیش ۱۰۳ گرم بر متر مربع می باشد. کوکال و همکاران [۱۷]، بنت [۹] و لوندکوم و همکاران [۲۰] تاثیر نظام های زراعی و روش های مختلف کشت و کار بر فرسایش خاک در مقیاس کرت را مطالعه کرده و اظهار داشتند که با اجرای عملیات مدیریت زراعی مناسب و شیوه های صحیح کشاورزی می توان با زیاد کردن پوشش سطح خاک، میزان فرسایش را بطور قابل توجهی کاهش داد. پژوهش های مختلف دیگری نیز [۱۳]، [۲۶]، [۱۶]، [۳۳]، [۳۴]، [۱۹]، [۲۸]، [۱۱] و [۱۵] در مقیاس کرت در سرتاسر جهان انجام شده است.

در ایران نیز پژوهش های آقا رضی و قدوسی [۱] نشان داد که میزان فرسایش بدست آمده از کرت ها در کاربری مرتع کمترین مقدار و در شخم رها شده بیشترین مقدار می باشد. همچنین اراضی زراعی دارای فرسایش بیشتر از مرتع و کمتر از شخم رها شده می باشد. همچنین صادقی و همکاران [۱۵]، اظهار داشتند که مقدار رسوب خروجی از قطعات آزمایشی مرتع با چرای آزاد ۲۶/۶ برابر مقدار اندازه گیری شده در کاربری مرتع دست کاشت می باشد. همچنین

شکل ۱ - نقشه حوزه آبخیز دودانگه فریم به همراه موقعیت کرت ها، ایستگاه هواشناسی و شهر محمد آباد



نیمه مرطوب می باشد [۷].

روش پژوهش

در انجام پژوهش حاضر اندازه گیری و مقایسه مقادیر رواناب و

1- Modified Universal Soil Loss Equation

2- Revised Universal Soil Loss Equation

3- Water Erosion Prediction Project

رسوب طی مراحل زیر صورت گرفت:

بررسی خصوصیات خاکشناسی

برای بررسی وضعیت خاک در محل کرت ها، اقدام به حفر نیم رخ و نمونه برداری از افق های مختلف گردید. در جدول (۱) برخی نتایج بدست آمده از تجزیه آزمایشگاهی نمونه های خاک آمده است.

مشخصات و نصب کرت ها

برای انجام پژوهش حاضر تعداد ۱۰ کرت با ۵ تیمار مختلف و ۲ تکرار برای هر یک از تیمارها در نظر گرفته شد. طراحی و ساخت کرت ها با استفاده از دستورالعمل سازمان خواروبار جهانی در منطقه و به ابعاد $2 \times 12/5$ بوده است [۱۶]. شیب دامنه ها ۳۴ درصد و جهت دامنه شمالی بود. تعداد ۸ کرت برای ۴ تیمار کشت نوازی (ترکیب یک نوار گندم و یک نوار گیاهان خودرو به عنوان تیمار حفاظتی)، کشت با شخم روی خط تراز، تراس بندی با ۳ تراس هر یک به طول ۳ متر با دیواره طبیعی، کشت با شخم در جهت شیب که همگی با گندم پائیزه رقم تاجن کشت شدند و دامنه شاهد با پوشش

جدول ۱- برخی عامل های فیزیکی شیمیایی خاک لایه سطحی کرتها (۰-۲۰ cm)

عامل	محل احداث کرتها	محل ایستگاه شاهد
درصد رس	۴۹/۷۶	۴۸/۷۶
درصد سیلت	۴۰/۰۴	۳۵/۰۴
درصد شن	۱۰/۲	۱۶/۲
درصد ماده آلی	۳/۷۴	۳/۴۹
EC	۰/۷	۰/۳
pH	۷/۰۸	۷/۴۱
ظرفیت کاتیون تبادلی	۱۸/۹۸	۱۹/۶۱

خودرو و بدون شخم که عمدتاً از گونه های غیر خوشخواراک مرتعی و علفهای هرز مزراع بوده است در نظر گرفته شد [۷]. علت انتخاب تیمارهای مذکور غلبه استفاده آنها در امور کشاورزی و موجودیت آنها در منطقه بود. جهت جلوگیری از ورود دام و انسان و حیوانات وحشی به داخل کرت ها محدوده آن با استفاده از سیم های گابیون ضخیم به ارتفاع ۱/۵ متری و با پایه های چوبی ۲ متری به فواصل ۱/۵ متر محصور گردید. برای ساخت کرت ها از ورق های گالوانیزه با ارتفاع ۳۰ سانتی متر استفاده شد که جهت جلوگیری از تراوش های جانبی از خارج به داخل کرت و بالعکس این ورق ها تا عمق ۸ سانتی متر در خاک و در حدود ۲۲ سانتی متر در بالای خاک در نظر گرفته شد به نحوی که بتواند تمامی رواناب ایجاد شده در داخل کرت را به پایین دامنه منتقل کند [۶] و [۲۸]. در پایین دامنه و در قسمت انتهایی کرتها از مخازن ۲۲۰ لیتری استفاده شد و شکل کرتها طوری طراحی گردید که همه رواناب و رسوب را به یک نقطه خروجی منتقل کند (شکل ۲). در نقطه خروجی از لوله های پلی اتیلن برای انتقال رواناب و رسوب درون کرت به مخازن جهت اندازه گیری ها استفاده شد. محل ورود به لوله خروجی کرت جهت جلوگیری از فرسایش موضعی در آن بخش سیمان کاری شد و جهت جلوگیری از رواناب ناشی از بارش مستقیم روی بخش سیمانی قسمت انتهایی کرت با استفاده از پلاستیک پوشش داده شد. پس از انتخاب مکان مورد نظر از لحاظ دسترسی، نزدیکی به محل جهت حفاظت، شرایط طبیعی نظیر شیب و جهت مناسب و از همه مهمتر نزدیکی به یک ایستگاه هواشناسی دارای باران سنج ثابت، عملیات احداث کرتها در تاریخ ۲ آبان ۱۳۸۴ شروع و پس از انجام کلیه مراحل احداث کرت های با تیمارهای مورد نظر در نهایت در تاریخ ۱۰ آذر ۱۳۸۴ کاشت گندم در کرت های تحت کشت انجام شد. شروع دوره آماربرداری از زمان شخم کرت ها بوده است.

اندازه گیری رواناب و رسوب

پس از هر رگبار منتهی به تولید رواناب اندازه گیری حجم رواناب صورت گرفته و نمونه های بار معلق پس از مخلوط نمودن و



شکل ۲- کرت های آزمایشی نصب شده در منطقه (راست) و سامانه جمع آوری نمونه (چپ)

سطح کت مقدار ارتفاع رواناب محاسبه گردید و با مقایسه آن با ارتفاع بارش ضریب رواناب محاسبه شد. هم چنین برای تجزیه و تحلیل داده های بارندگی از نمودارهای ماهانه باران سنج ثبات ایستگاه بارانسنجی سد خاکی فریم صحرا که در فاصله ۸۰۰ متری از سایت مطالعاتی واقع شده استفاده گردید. این نمودارها پس از پایان هر ماه از اداره کل آب منطقه ای استان مازندران دریافت گردید و تجزیه و تحلیل رگبارهای منفرد روی آن انجام و اطلاعات بارندگی مورد نیاز از آن استخراج شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

جهت تجزیه و تحلیل داده های بارش، رواناب و رسوب اندازه گیری شده و نیز مقایسه نتایج به دست آمده در تیمارهای مدیریتی مختلف از نرم افزارهای Excel و MiniTab.13 استفاده

همگن سازی رسوبات ته نشست شده در مخزن با رواناب موجود در مخازن برداشت گردید. سپس سه نمونه همگن به روش درون یابی عمقی برداشت گردید تا در این بخش نیز داده ها دارای تکرار مناسب باشند. نمونه ها در زمان مناسب به آزمایشگاه منتقل شده و به روش فیلتراسیون، اندازه گیری بار معلق انجام گردید. بدین ترتیب با اندازه گیری رواناب و بار معلق رسوب و با تعمیم دادن مقادیر به سطح پلات مقدار رواناب و رسوب هر رگبار استخراج گردید [۱۶]. با توجه به اندازه طول کت و نیز شیب زیاد و یکنواخت دامنه مقدار فرسایش برابر با رسوب در نظر گرفته شد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۵ ب).

در مجموع از هر کت اطلاعاتی نظیر تاریخ وقوع رواناب، حجم رواناب کل کت، حجم رواناب در واحد سطح، گل آلودگی و میزان رسوب معلق به دست آمد. هم چنین با تقسیم حجم رواناب به

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل نمودارهای باران سنج ثبات برای رگبارهای منفرد اتفاق افتاده طی دوره پژوهش

تاریخ رگبار	مدت بارش (h)	مقدار کل بارش (mm)	متوسط شدت بارش (mm/h)	حداکثر شدت بارش (mm/h)
۱۵ آبان ۱۳۸۴	۷/۷۵	۲۸	۳/۶۱	۱۱/۲
۱۷ و ۱۸ آبان ۱۳۸۴	۲۶	۳۷/۹	۱/۴۶	۵/۲
۲۶ دی ۱۳۸۴	۴	۵/۵	۱/۳۷۵	۳/۲
۲۰ اسفند ۱۳۸۴	۱۳/۲۵	۱۴/۵	۱/۰۹۴	۶
۵ اردیبهشت ۱۳۸۵	۴/۵	۶/۸	۱/۵۱	۴
۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۵	۷	۱۶/۳	۲/۳۳	۱۲
۲۷ اردیبهشت ۱۳۸۵	۵	۱۰/۳	۲/۰۶	۱۲
۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۵	۶/۵	۶/۶	۱/۰۱	۵/۲
۱۳ و ۱۴ تیر ۱۳۸۵	۱۰/۷۵	۶/۴	۰/۶	۲/۸
۲۲ شهریور ۱۳۸۵	۵/۲۵	۷/۳	۱/۳۹	۸
۲۵ شهریور ۱۳۸۵	۲	۶/۲	۳/۱	۱۱/۲
۲۶ شهریور ۱۳۸۵	۳/۵	۹/۷	۲/۷۷	۸
۴ مهر ۱۳۸۵	۱/۵	۱۲/۱	۸/۰۷	۴۰
۱۴ مهر ۱۳۸۵	۵	۷	۱/۴	۶
۲۷ مهر ۱۳۸۵	۶/۵	۱۶/۸	۲/۵۸	۳۰
۲ آبان ۱۳۸۵	۳/۷۵	۱۰	۲/۶۷	۸
۱۷ و ۱۸ آبان ۱۳۸۵	۱۰/۲۵	۷/۳	۰/۷۱	۲/۸
۲۵ آبان ۱۳۸۵	۵/۲۵	۷/۲	۱/۳۷	۱۲/۸
۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۸۵	۲۲/۷۵	۳۱/۸۵	۱/۴	۴

جدول ۳- برخی از مشخصه‌های آماری برای تعداد ۱۹ بارش اتفاق افتاده طی دوره پژوهش

مشخصات رگبارها	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	بیشینه	کمینه
شدت بارندگی (mm/h)	۲/۱۳	۱/۶۶	۰/۷۸	۸/۰۷	۰/۶
حداکثر شدت بارندگی (mm)	۱۰/۱۳	۹/۵۲	۰/۹۴	۴۰	۲/۸
مدت بارندگی (h)	۷/۹۲	۶/۵۲	۰/۸۲	۲۶	۱/۵
مقدار بارندگی (mm)	۱۱/۹۹	۸/۳۱	۰/۶۹	۳۷/۹	۵/۵

پژوهش بیش‌ترین و کم‌ترین میزان بارندگی به مقدار ۳۷/۹ و ۵/۵ میلی‌متر مربوط به تاریخ‌های ۱۷ و ۱۸ آبان ۱۳۸۴ و ۲۶ دی ۱۳۸۴ بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین شدت بارندگی به میزان ۴۰ و ۳/۲ میلی‌متر بر ساعت مربوط به تاریخ‌های ۴ مهر ۱۳۸۵ و ۲۶ دی ۱۳۸۴ می‌باشد. از میان ۱۹ رگبار رخ داده در منطقه در طی دوره پژوهش، ۹ رگبار منجر به تولید رواناب و رسوب گردید. برای هر یک از این رگبارها همان‌گونه که در روش پژوهش ارائه شده، حجم رواناب اندازه‌گیری شد. هم‌چنین عمل فیلتراسیون نمونه‌های رسوب معلق در آزمایشگاه انجام شد و مقادیر رواناب و رسوب مربوطه در جدول (۴) و شکل‌های (۳) و (۴) آمده است. نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری رواناب و رسوب (جدول ۴ و شکل‌های ۳ و ۴) نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار رواناب و رسوب در کلیه کرت‌ها مربوط به رگبار تاریخ ۲۷ مهر ۱۳۸۵

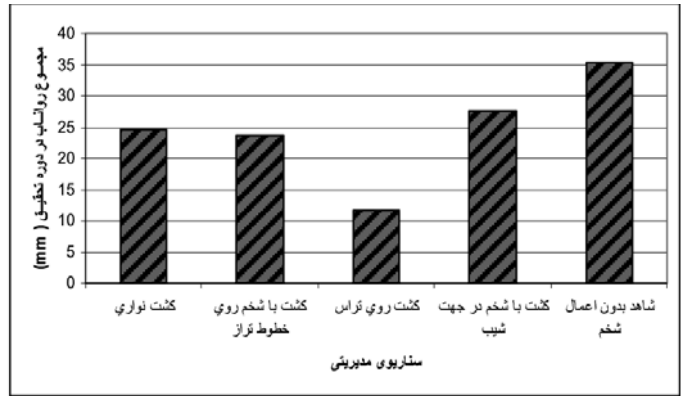
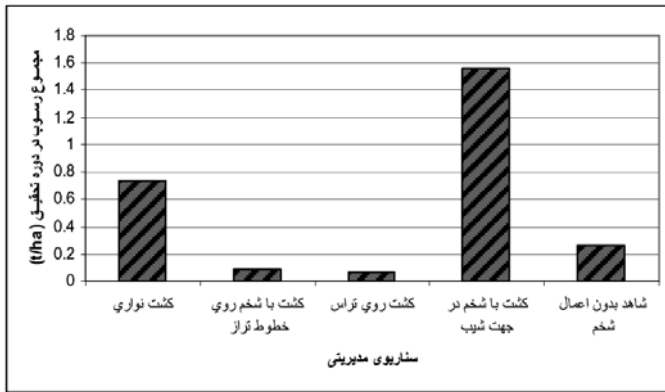
گردید. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها برخی آزمون‌های آماری نظیر همبستگی پیرسون و آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA One-way) با استفاده از نرم افزار MiniTab.13 روی نتایج رواناب و رسوب حاصل از تیمارهای مختلف اعمال گردید.

نتایج و بحث

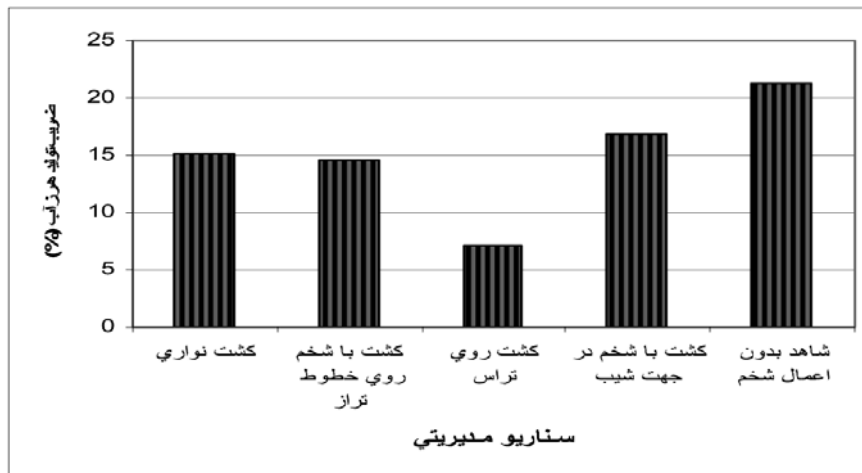
نتایج تجزیه و تحلیل روی نمودارهای باران نگار ثبات که پس از پایان هر ماه از اداره کل آب منطقه‌ای استان مازندران تهیه گردید، در جدول (۲) آمده است. در دوره پژوهش (۱۳ ماه) در مجموع ۱۹ رگبار در محل کرت‌ها رخ داده است. هر یک از این رگبارها دارای مشخصات متفاوتی نسبت به دیگری هستند. بدین منظور برخی از مشخصه‌های آماری داده‌های بارش در جدول (۳) آمده است. نتایج جدول‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد که در طی دوره

جدول ۴- مقادیر مشاهده‌ای رواناب و رسوب کرت‌های استقرار یافته در تیمارهای مختلف در حوزه آبخیز دودانگه

تاریخ	شاهد		کشت با شخم در جهت شیب		کشت تراس		کشت با شخم روی خط تراز		کشت نواری	
	رواناب (mm)	رسوب (g/m ²)	رواناب (mm)	رسوب (g/m ²)	رواناب (mm)	رسوب (g/m ²)	رواناب (mm)	رسوب (g/m ²)	رواناب (mm)	رسوب (g/m ²)
۱۵ آبان ۱۳۸۴	۱/۳	۷/۴۴	۰/۸	۵/۵۱	۲/۹	۲/۲۲	۰/۳	۴/۶۶	۰/۸	۴/۹۱
۱۷ و ۱۸ آبان ۱۳۸۴	۰/۸	۷/۵۵	۰/۶	۴/۹۴	۱/۶	۱/۲۱	۰/۱	۳/۹۱	۰/۴	۴/۱۰
۲۰ اسفند ۱۳۸۴	۰/۲	۱/۵۷	۰/۲	۰/۸۷	۰/۴	۰/۶۸	۰	۰/۵۴	۰/۱	۰/۶
۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۵	۱۴	۴/۴۴	۰/۸	۳/۷۴	۲/۹	۱/۴۵	۰/۳	۳/۴۰	۰/۹	۳/۴۷
۲۷ اردیبهشت ۱۳۸۵	۰/۵	۱/۷۱	۰/۳	۱/۳۲	۱/۱	۰	۰	۱/۱۲	۰/۳	۱/۱۵
۲۶ شهریور ۱۳۸۵	۰	۰/۴۶	۰/۱	۰/۲۲	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱
۴ مهر ۱۳۸۵	۱۸/۵	۳/۹۱	۸/۲	۳/۶۳	۵۰	۱/۴۷	۰/۶	۳/۳۳	۲/۳	۳/۴۹
۲۷ مهر ۱۳۸۵	۳۷/۹	۷/۳۳	۱۵/۴	۶/۷۶	۹۶/۷	۴/۵۲	۴/۹	۶/۳۴	۳/۴	۶/۵۴
۲ آبان ۱۳۸۵	۰/۱	۰/۹۳	۰/۲	۰/۴۶	۰/۳	۰	۰	۰/۳۱	۰/۱	۰/۳۷



شکل ۳- مجموع کل رواناب و رسوب در تیمارهای مختلف کشت و کار



شکل ۴- ضرایب رواناب در تیمارهای مدیریتی مختلف

چه رواناب این کرتها افزایش یافته است، اما بدلیل قرق اراضی، درصد پوشش گیاهی در این سناریو در تمام زمان پژوهش بیشتر از کرت‌های دیگر بوده است. به همین خاطر افزایش میزان رواناب، تاثیر قابل توجهی بر افزایش تولید رسوب نداشته است. نتایج همچنین حاکی از آن است که ارتفاع رواناب در کرت با شخم روی خط تراز و شخم در جهت شیب به ترتیب ۲/۳۷ و ۲/۰۳ برابر مقدار رواناب در کرت با کشت روی تراس می باشد. همچنین ارتفاع رواناب در کرت با شخم روی خط تراز ۱۷٪ کمتر از مقدار رواناب در کرت با شخم در جهت شیب می باشد. این نتایج نشان می دهد که سناریوهای مدیریت اراضی تا حد بسیار زیادی قادر به کاهش میزان رواناب و رسوب خروجی از حوزه‌های آبخیز می باشد. کوکال و همکاران [۱۷]، سوتو و دیاز فریوس [۲۹]، بنت [۹] و لوندکوام و همکاران [۲۰]، مارتینز کاسانواس و سانچز بوش [۲۲] و مارکز و همکاران [۲۱] نیز به اهمیت سناریوهای مختلف کشت و کار نظیر تراس بندی و کشت‌های محافظ نواری در کاهش تولید رسوب در اراضی کشاورزی اشاره کردند. بررسی مجموع تولید رسوب در دوره پژوهش نیز حاکی از آن است که بیشترین مقدار رسوب در کرت با شخم در جهت شیب و به مقدار ۱/۵۶ تن در هکتار بدست

می باشد. با مراجعه به جدول (۲) ملاحظه می گردد که این رگبار دارای مدت تا حدودی کم و شدت زیاد می باشد. از طرف دیگر این زمان از لحاظ تقویم زراعی منطقه، زمان پس از برداشت محصول بوده است. بنابراین می توان نتیجه گیری نمود که همزمانی وقوع رگبارهای شدید با کاهش درصد پوشش سطح خاک در تولید رواناب و رسوب بسیار حائز اهمیت می باشد که با یافته‌های مورگان [۲۳]، گرونستن و لوندکوام [۱۵] و صادقی و همکاران [۵] مطابقت دارد. از این رو حفظ و یا پخش بقایای گیاهی بر سطح خاک می تواند از تولید رواناب و رسوب تا حد زیادی جلوگیری نماید. همانگونه که نتایج شکل (۳) نشان می دهد، مجموع کل رواناب در کرت شاهد بدون اعمال شخم بیشترین مقدار (۳۵/۳۴ میلی متر) و در کرت تراس کمترین مقدار (۱۱/۶۴ میلی متر) بوده است. از آنجایی در شروع پژوهش هیچگونه شخمی در کرت شاهد انجام نشده است لذا به دلیل تراکم و چسبندگی خاکدانه‌ها، لگدکوبی دام طی ۴ ماه (از پایان سال زراعی گذشته تا شروع پژوهش) در نهایت منجر به افزایش تولید رواناب در این کرت گردیده است. سیاه منصور [۴]، بنت [۹] و آرنالدز و بارکارسون [۸] و صادقی و همکاران [۵] نیز به اهمیت لگدکوبی دام در افزایش میزان رواناب اشاره کردند. اگر

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های رواناب و رسوب در تیمارهای مختلف

منبع	درجه آزادی	مقدار F	سطح معنی داری
متغیر	۴	(رسوب) ۱/۶۳	۰/۱۸۶ ^{ns}
خطا	۴۰	(رواناب) ۱	۰/۴۹ ^{ns}
مجموع	۴۴		

همکاران [۳۴] و مورگان [۲۳] نیز به نقش مثبت کاهش شیب در کاهش رواناب و رسوب اشاره کردند. در این پژوهش تراس بندی با دیواره طبیعی انجام شد. در این روش پشته خاکریزی از آنجایی که دارای خاک لخت و شیب زیادی می باشد، چنانچه با استفاده از پوشش زنده یا بقایای مرده گیاهی حفاظت نگردد باعث تولید رسوب

آمده است. همچنین کشت روی تراس با میزان رسوب ۰/۰۶۲ تن در هکتار کمترین تولید رسوب را در دوره پژوهش به همراه داشته است. کاهش میزان شیب در تراس بندی منجر به افزایش میزان نفوذپذیری و کاهش تولید رواناب و در نتیجه کاهش رسوب گردیده است. آقارضا و قدوسی [۱]، رئیسیان و اسدی [۳]، ژانگ و

جدول ۶ - نتایج مقایسه زوجی مقادیر رواناب به روش T-student

سطح معنی داری	T	میانگین	تعداد	
۰/۰۱	-۳/۳۵	۲/۷۳۸ ۳/۹۲۷	۹ ۹	کشت نواری شاهد
۰/۰۰۸	-۳/۴۸	۲/۶۲۳ ۳/۹۲۷	۹ ۹	کشت با شخم روی خط تراز شاهد
۰/۰۰۴	-۳/۹۴	۱/۲۹۳ ۳/۹۲۷	۹ ۹	کشت روی تراس شاهد
۰/۰۱۳	-۳/۱۹	۳/۰۵ ۳/۹۲۷	۹ ۹	کشت با شخم در جهت شیب شاهد

جدول ۷ - نتایج مقایسه زوجی مقادیر رسوب به روش T-student

سطح معنی داری	T	میانگین	تعداد	
۰/۰۹۶	۱/۸۹	۰/۰۸۱۴ ۰/۰۲۹۶	۹ ۹	کشت نواری شاهد
۰/۲۱۱	-۱/۳۶	۰/۰۱۰۲ ۰/۰۲۹۶	۹ ۹	کشت با شخم روی خط تراز شاهد
۰/۱۲۱	-۱/۷۴	۰/۰۰۶۹ ۰/۰۲۹۶	۹ ۹	کشت روی تراس شاهد
۰/۱۶۹	۱/۵۱	۰/۱۷۳ ۰/۰۲۹۶	۹ ۹	کشت با شخم در جهت شیب شاهد

می‌گردد. در این پژوهش مقدار کم رواناب و رسوب تولید شده در کرت تراس مربوط به همین پشته‌های خاکریزی است که حفاظت از آنها صورت نگرفت. مورگان [۲۳] نیز به اهمیت این پشته‌ها در تولید رسوب و ضرورت حفاظت آنها در مقابل برخورد مستقیم قطرات باران اشاره کرده است.

بمنظور انجام آزمون‌های آماری ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد. نتایج اولیه نشان داد مقادیر رسوب همگی در سطح کم‌تر از ۵ درصد نرمال می‌باشند. اما مقادیر اولیه رواناب نرمال نبوده که به روش لگاریتمی داده‌ها نرمال و سپس از روش آنالیز واریانس به صورت ارائه شده در جدول ۵ استفاده گردید. این نتایج نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین مقادیر رواناب و رسوب در انواع تیمارها وجود ندارد.

اگر چه نتایج موجود در جدول‌ها و شکل‌های فوق حاکی از وجود اختلاف در میانگین مقادیر رواناب و رسوب تیمارهای

مختلف مدیریتی می‌باشد، اما این تغییرات از لحاظ آماری تایید نگردید. این در حالی است که صادقی و همکاران [۶] نشان دادند که در منطقه تالش با بارندگی ۱۲۸۶/۵ میلی‌متر و اقلیم خیلی مرطوب بین مقادیر رسوب و گل‌آلودگی در دو منطقه مرتع دست کاشت و مرتع طبیعی با چرای آزاد اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹٪ وجود دارد. از آنجایی که پژوهش حاضر در منطقه نیمه مرطوب با بارندگی ۵۱۵/۸ میلی‌متر صورت گرفته و همانگونه که در جدول (۳) آمده ویژگی‌های بارش در منطقه همراه با ضریب تغییرات بالایی بوده است، در نتیجه داده‌های رواناب و رسوب دارای واریانس زیاد و در نهایت آنالیز واریانس معنی‌دار نشده است. همچنین بمنظور ارزیابی بیشتر این تفاوتها از مقایسه جفتی رواناب و رسوب هر یک از تیمارها با تیمار شاهد استفاده شد (جدول ۶ و ۷).

نتایج آزمون T جفتی نشان داد تفاوت معنی‌داری بین رواناب کرت‌های مختلف با کرت شاهد در سطح کمتر از ۵ درصد وجود

جدول ۸- ماتریس همبستگی رسوب در سناریوهای مختلف مدیریتی

شاهد بدون اعمال شخم	کشت با شخم در جهت شیب	کشت روی تراس	کشت با شخم روی خط تراز	کشت نواری	
-	-	-	-	۱	کشت نواری
-	-	-	۱	۰/۹۳۶**	کشت با شخم روی خط تراز
-	-	۱	۰/۸۵۴**	۰/۹۰۲**	کشت روی تراس
-	۱	۰/۹۲۳**	۰/۹۵۲**	۰/۹۴۶**	کشت با شخم در جهت شیب
۱	۰/۹۸۱**	۰/۹۲۱**	۰/۹۵۶**	۰/۹۴۹**	شاهد بدون اعمال شخم

** معنی‌داری همبستگی در سطح ۹۹٪

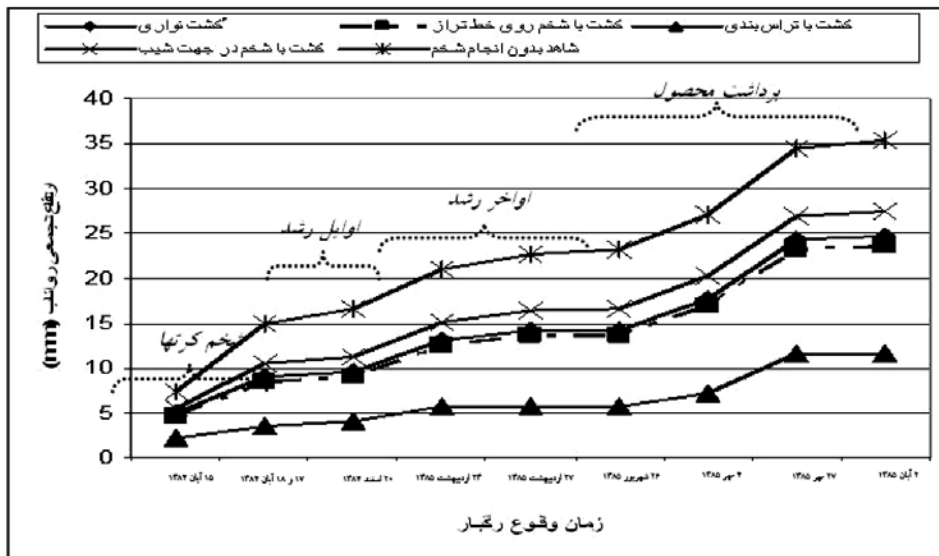
* معنی‌داری همبستگی در سطح ۹۵٪

جدول ۹- ماتریس همبستگی رواناب در سناریوهای مختلف مدیریتی

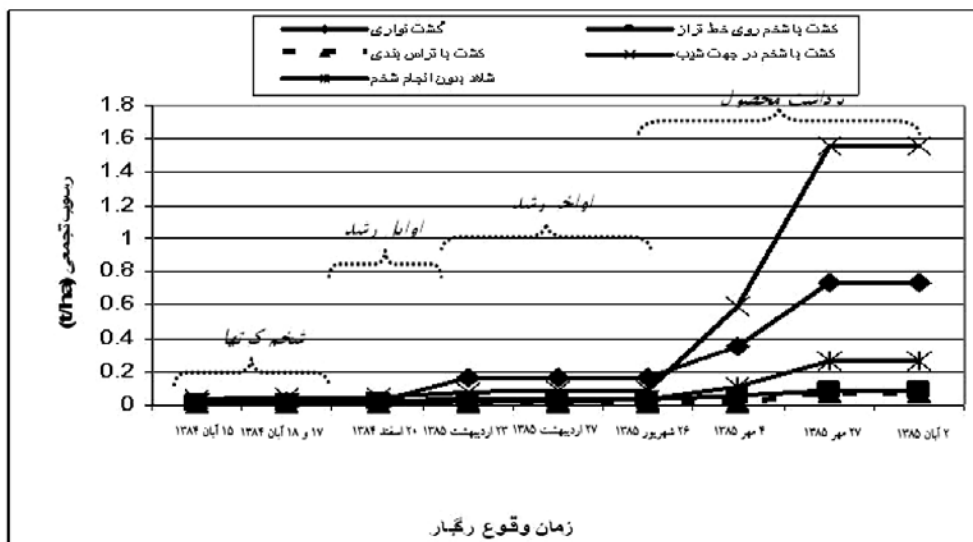
شاهد بدون اعمال شخم	کشت با شخم در جهت شیب	کشت روی تراس	کشت با شخم روی خط تراز	کشت نواری	
-	-	-	-	۱	کشت نواری
-	-	-	۱	۱**	کشت با شخم روی خط تراز
-	-	۱	۰/۹۲**	۰/۹۱۸**	کشت روی تراس
-	۱	۰/۸۹۲**	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۶**	کشت با شخم در جهت شیب
۱	۰/۹۷۱**	۰/۷۸۲*	۰/۹۴۲**	۰/۹۴۵**	شاهد بدون اعمال شخم

** معنی‌داری همبستگی در سطح ۹۹٪

* معنی‌داری همبستگی در سطح ۹۵٪



شکل ۵ - همزمانی مقادیر تجمعی رواناب و تقویم زراعی منطقه در سناریوهای مدیریتی مختلف



شکل ۶ - همزمانی مقادیر تجمعی رسوب و تقویم زراعی منطقه در سناریوهای مدیریتی مختلف

و رسوب در طی رگبارهای مورد بررسی، از آزمون همبستگی استفاده گردید. نتایج بدست آمده از این بخش در جدول‌های (۸) و (۹) آمده است.

نتایج همبستگی داده‌های رواناب و رسوب در تیمارهای مختلف حاکی از آن است که ارتباط قوی بین این داده‌ها در تیمارهای مختلف وجود دارد. به عبارت دیگر افزایش یا کاهش مقادیر رواناب و رسوب در هر یک از تیمارها در ارتباط با یکدیگر بوده و عکس‌العمل تولید رواناب و رسوب در آنها مشابه بوده است. وجود این همبستگی بالا به خاطر یکسان بودن تقویم رویشی و زراعی تیمارها می‌باشد.

نتایج شکل (۴) نیز نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ضریب رواناب مربوط به تیمار شاهد بدون اعمال شخم (۲۱/۲۴٪) و کمترین ضریب رواناب مربوط به تیمار کشت روی ترانس (۷/۰۸٪)

دارد. در حالی که این تفاوت‌ها برای مقادیر رسوب معنی‌دار نبوده است. در مورد رواناب می‌توان بیان نمود که لگدکوبی دام و تراکم خاک موجب افزایش میزان رواناب در کرت شاهد شده و همانگونه که در جدول (۶) آمده است این مقدار افزایش نسبت به دیگر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. اما باید اذعان نمود که این مقدار کم رواناب (ناشی از مقدار کم بارندگی) برای عمل جدایش و حمل ذرات به پایین دامنه و در نتیجه افزایش میزان رسوب کافی نبوده است و به همین خاطر تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین مقدار رسوب کرت شاهد با دیگر کرت‌ها مشاهده نشد. صادقی و همکاران [۶] این تفاوت را در منطقه‌ای با بارندگی بیش از دو برابر منطقه مورد مطالعه، معنی‌دار عنوان نمودند. همچنین به منظور بررسی عکس‌العمل تیمارهای مختلف کشت نسبت به تولید رواناب

می باشد. هم چنین مقادیر تجمعی رواناب و رسوب در طول دوره پژوهش [۱۵] به همراه عملیات و تقویم زراعی همزمان در شکل های (۵) و (۶) آمده است.

شکل های (۵) و (۶) روند افزایش رواناب و رسوب را در طی دوره پژوهش به همراه حساس ترین زمانها از لحاظ تولید رواناب و رسوب نشان می دهند. همان گونه که در این شکل ها نشان داده شده، حساس ترین زمان از لحاظ وقوع رواناب و تولید رسوب، در مرحله شخم کرت ها، اوایل رشد و تا حدودی در مرحله برداشت محصول می باشد. در مرحله اعمال شخم، از آنجایی که در کرت شاهد شخم انجام نشد، لذا به دلیل متراکم بودن خاکدانه میزان نفوذ کاهش یافته در نتیجه میزان رواناب افزایش قابل ملاحظه ای را نشان می دهد و این در حالی است که در بقیه مراحل تفاوت چندانی بین روند تولید رواناب در کرت شاهد بدون اعمال شخم با کرت های کشت شده مشاهده نگردید.

در ماههای آخر تابستان که همزمان با برداشت محصول و لخت بودن اراضی از پوشش گیاهی می باشد، همزمانی رگبارهای با شدت زیاد و مدت کم نظیر رگبارهای ۲۵ شهریور و ۴ مهر ۱۳۸۵ و نیز ۲۷ مهر ۱۳۸۵ باعث ایجاد بخش اعظمی از مقدار رسوب گردیده است. یافته های این پژوهش در خصوص اثر زمان و تقویم عملیات زراعی بر تولید رواناب و رسوب با یافته های مارتینز کاسانواس و سانچز بوش [۲۲]، لوندکوام و همکاران [۲۰]، گرونستن و لوندکوام [۱۵] و صادقی و همکاران [۵] مطابقت زیادی دارد.

جمع بندی و نتیجه گیری

این پژوهش به منظور بررسی و نقش انواع سناریوهای مدیریت اراضی بر تولید رسوب و رواناب انجام گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که با به کارگیری سناریوهای مختلف مدیریت اراضی می توان شاهد کاهش تولید رواناب و رسوب در حوزه های آبخیز بود. این پژوهش نشان داد مجموعه عملیات مدیریت اراضی که منجر به کاهش میزان شیب دامنه ها، افزایش پوشش گیاهی و نفوذپذیری بخصوص در زمان هایی که محصولات اراضی زراعی برداشت می گردد، تاثیر در کاهش میزان رواناب و رسوب دارند. از آنجایی که تنظیم مشخصه های بارش موثر در تولید رواناب و رسوب نظیر شدت و مدت بارش، در اختیار انسان نمی باشد، لذا مدیریت بر اراضی و طراحی و اجرای نظام های حفاظتی و مدیریتی مناسب می تواند به کاهش تولید رسوب در حوزه های آبخیز کمک کند.

در این پژوهش هم چنین مشخص گردید که تقویم زراعی منطقه نیز نقش به سزایی در تولید رسوب دارد. چرا که همزمانی وقوع رگبار با شدت زیاد در زمانی که محصولات زراعی برداشت گردیدند (رگبار ۲۷ مهر ۱۳۸۵) باعث تولید رواناب و رسوب فراوان در کلیه کرت های آزمایشی گردید. بنابراین این موضوع اهمیت

برجا گذاشتن بقایای گیاهی پس از برداشت محصول روی اراضی لخت را بیش از پیش تایید می نماید. اگر چه توسعه و ایجاد برخی نظام های حفاظتی نظیر ترانس بندی و نوارهای حفاظتی به دلیل هزینه های زیاد و طراحی تا حدودی پیچیده، از عهده کشاورزان خارج می باشد، اما به کار گرفتن نظام شخم در روی خط تراز که همه کشاورزان نسبت به این موضوع آگاهی دارند نیز نقش به سزایی در کاهش تولید رسوب و رواناب دارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله لازم می دانند تا از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران به دلیل تامین اعتبار طرح، از اداره کل آب منطقه ای استان مازندران به دلیل در اختیار قرار دادن نمودارهای باران نگار جهت تجزیه و تحلیل داده های بارش و نیز از جناب آقای فضل الله احمدی بدلیل در اختیار قرار دادن بخشی از زمین کشاورزی جهت احداث کرت های آزمایشی تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

- ۱- آقاراضی. ح و قدوسی، ج. ۱۳۸۰. بررسی رابطه کاربری و شیب با فرسایش خاک و تولید رسوب، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، بهمن ماه ۱۳۸۰، اراک، صفحات ۴۵-۴۶.
- ۲- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۶۷۱ صفحه.
- ۳- رئیسیان، ر. و اسدی، م. ۱۳۸۲. بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی و شیب در رسوب دهی، گزارش طرح پژوهشی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان چهار محال و بختیاری، ۵۴ صفحه.
- ۴- سیاه منصور، ر. ۱۳۷۷. بررسی رابطه بین فاکتورهای پوشش گیاهی، رواناب، فرسایش و حاصلخیزی خاک مراتع، پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۳ صفحه.
- ۵- صادقی، س. ح. ر. قادری وانگاه، ب. و صفاییان، ن. ۱۳۸۵ الف. مقایسه تولید رسوب ناشی از رگبارها در مراتع تحت چرای آزاد و دست کاشت، مجله علوم و صنایع کشاورزی ۲۰ (۶): ۳۵-۴۵.
- ۶- صادقی، س. ح. ر. آذری، م. و قادری وانگاه، ب. ۱۳۸۵ ب. به کارگیری، واسنجی و آنالیز حساسیت مدل فرسایش دامنه (HEM) در برآورد فرسایش خاک مراتع طبیعی و دست کاشت (مطالعه موردی منطقه متش تالش)، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۴ (۱): ۱-۱۴.
- ۷- کلارستانی، ع. ا. ۱۳۸۵. مدل سازی اثر تغییرات کاربری اراضی در فرسایش خاک، تولید رواناب و رسوب (مطالعه موردی حوزه آبخیز فریم صحرا در استان مازندران)، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۲۴ صفحه.

19. Lundekvam, H. and Skoien, S. 1998. Soil erosion in Norway. An overview of measurements from soil loss plots. *Soil Use Management* 14: 84-89.
20. Lundekvam, H., Romstad, E. and Oygarden, L. 2003. Agricultural policies in Norway and effects on soil erosion, *Environmental Science and Policy* 6: 57-67.
21. Marques, M.J., Bienes, R., Jiménez, L. and Pérez-Rodríguez, R. 2007. Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity events. *Rainfall simulation over USLE plots, Science of the Total Environment* 378: 161-165
22. Martinez-Casnovas, J.A. and Sanchez-Bosch, I. 2000. Impact assessment of changes in land use/conservation practices on soil erosion in the Penedes-Anoia vineyard region (NE Spain). *Soil Tillage & Research* 57: 101-106.
23. Morgan, R.P.C. 2005. *Soil erosion and conservation, Third Edition*, Blackwell Publishing Company, 304 pp.
24. Nearing, M.A., Foster, G.R., Lanem, L.J. and Finkner, S.C. 1989. A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology. *Transactions of the ASAE*, 32 (5): 1587-1593.
25. Nikas, A.D., Williams, R.D., Williams, J. R. and Gander, G.A. 1994. Estimation soil erosion with models having different technologies, *Proceedings of 25th Annual International Conference, Soil Erosion Control Association, Reno, Nevada, USA*, pp: 51-61.
26. Poesen, J. and Torri, D. 1988. The effect of cup size on splash detachment and transport measurements: Part I: field measurements, *CATENA, Supplement* 12: 113-126.
27. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Youder, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation, *USDA Agricultural Handbook, No.703*, 404 pp.
28. Sadeghi, S. H. R., Ghaderi Vangah, B. and
8. Arnalds, O. and Barkarson, B. H. 2003. Soil erosion and land use policy in Iceland in relation to sheep grazing and government subsidies, *Environmental Science & Policy* 6: 105-113
9. Bennet, H.H. 2001. *Soil Conservation, Agrobios, New Delhi*, 993 pp.
10. Bissonnias, Y. L. Montier, C. Jamagne, M. Daroussin, J and King, D. 2001. Mapping erosion risk for cultivated soil in France, *CATENA* 46: 207-220.
11. Bowen, W., Baigorria, G., Barrera, V. Cordova, J., Muck, P. and Pastor, R. 1998. A process-based model (WEPP) for simulating soil erosion in the Andes, *CIP program report. Natural Resources Management in the Andes*: pp: 403-408.
12. Cooke, J. W. 1985. Effect of fallowing practices on runoff and erosion rates, *Australian Journal of Soil Research*, 21 (1): 33-46.
13. De Ploey, J. and Gabriels, D. 1980. Measuring soil loss and experimental studies, In: Kirkby, M. J., Morgan, R. P. C. (Eds.), *Soil Erosion*. Wiley, Chichester, pp: 63-108.
14. Flanagan, D. C. and Nearing, M. A. 1995. *USDA-Water erosion prediction project: Hillslope profile and watershed model documentation*. West Lafayette: NSERL Report No. 10, 1995.
15. Gronsten, H. A. and Lundekvam, H. 2006. Prediction of surface runoff and soil loss in south-eastern Norway using the WEPP Hillslope model, *Soil & Tillage Research* 85: 186-199.
16. Hudson, N.W. 1993. Field measurement of soil erosion and runoff, *FAO Soils Bulletin, Vol. 68*. FAO, Rome.
17. Kukal, S. S. Khera, K. L. and Hadda, M.S. 1993. Soil erosion management on arable lands of sub mountain Punjab, India, *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 7 (4): 369-375.
18. Laflen, J.M. and Moldenhauer, W.C. 2003. Pioneering soil erosion prediction- The USLE story, *World Association of Soil & Water Conservation (WASWC), Special Publication No. 1*, 54 pp.

and control, Wiley & Sons, USA. 338 pp.

32. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses- A Guide to Conservation Planning: USDA Agricultural Handbook No. 537, Washington, DC, 58 pp.

33. Williams, J.R. and Berndt, H.D. 1977. Sediment yield prediction based on watershed hydrology, Transaction of the ASAE, 20 (6): 1100-1104.

34. Zhang, X.C., Nearing, M.A., Risse, L. M. and McGregor, K.V. 1996. Evaluation of WEPP runoff and soil loss predictions using natural runoff plot data. Transactions of the ASAE, 39 (3): 855-863.

Safaeian, N.A. 2007. Comparison between effects of open grazing and manual harvesting of cultivated summer rangelands of northern Iran on infiltration, runoff and sediment yield. Land Degradation & Development 18(6): 608-620

29. Soto, B. and Diaz-Fierros, F. 1998. Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: Comparison of experimental results with those predicted by WEPP model. CATENA 31: 257-270.

30. Stroonsnijder, L. 2005. Measurement of erosion: Is it possible, CATENA 64: 162-173.

31. Toy, T.J., Foster, G.R and Renard, K.G. 2002. Soil erosion, processes, prediction, measurement