مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۳۸۸، ص ۲۲۸-۲۲۱

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 1, Spring 2009, p.221-228

رسوبات معلق: تخمین‌گری مناسب برای هدررفت مواد آلی خاک

سیّدحمیدرضا صادقی[1*] - پری سعیدی[2]

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۱۴
تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۲۱

چکیده

رسوبات معلق ناشی از فرسایش‌های پخشی زمینه‌ساز انتقال و هدررفت عناصر و مواد غذایی موجود در خاک بوده که تأثیر زیادی بر کاهش حاصل-خیزی خاک دارد. فرسایش خاک نقش مهمی در هدررفت مواد آلی خاک داشته، و لذا مقایسه ارتباط اجزای فرایندهای مختلف آن با ماده آلی حائز اهمیت فراوان است. از طرفی تاکنون ارتباط بین انتقال رسوب و هدررفت مواد آلی به‌ندرت مورد توجه قرار گرفته، لذا تحقیق حاضر به‌صورت مطالعه موردی و با هدف بررسی ارتباط بین رسوب معلق حاصل از فرسایش خاک و ماده آلی در حوزهٔ آبخیز جنگلی آموزشی کجور با مساحت ۱۳۲۶۳ هکتار از طریق نمونه‌برداری واندازه‌گیری هم‌زمان رسوب معلق و محتوای ماده آلی موجود در آن انجام پذیرفت. برداشت نمونه آب و رسوب معلق با استفاده از روش انتگراسیون عمقی و تعیین غلظت رسوب معلق به‌وسیله روش برجاگذاری و تخلیه آب صورت گرفت. میزان ماده آلی موجود در رسوبات نیز از طریق سوزاندن تعیین گردید. سپس ارتباط بین متغیّرهای مورد بررسی با استفاده از آماره‌های توصیفی و رگرسیون دو متغیره ارزیابی شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان‌دهنده تغییرات زیاد مقادیر ماده آلی و رسوبات معلق با ضریب تغییرات به‌ترتیب حدود ۱۵۰ و ۱۰۷ درصد و از طرفی هم‌سویی روند آن‌ها با روابط رگرسیونی حاصل در مقاطع زمانی مختلف با ضریب همبستگی بین ۰/۴۸ ($P<0/01$) تا ۰/۹۴ ($P<0/001$) و خطای تخمین و تأیید به‌ترتیب کم‌تر از ۲۶/۸۳ و ۲۶/۶۰ درصد بوده است.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز کجور، رسوبات معلق، ماده آلی، فرسایش خاک

مقدمه

خاک از جمله با ارزش‌ترین منابع طبیعی و زیربنای تشکیل جوامع متمدن انسانی است و شامل اجزای مختلفی است که در حالت ایده‌ال به‌ترتیب از ۴۵، ۵، ۲۵ و ۲۵ درصد مواد معدنی، مواد آلی، آب و هوا تشکیل شده است. از جمله اجزای مهم و نسبتاً ضروری خاک، ماده آلی می‌باشد که طی فرآیند طولانی به خاک اضافه شده و تدریجاً نیز تجزیه می‌گردد. از تجزیه این مواد، عناصر غذایی آزاد گردیده و جذب گیاهان می‌شود (۱۲). ماده آلی به بخشی از ترکیب خاک شامل گیاه و جانور در مراحل مختلف تجزیه، سلول‌ها و بافت‌های موجودات خاک، بقایای ریشه گیاهان و میکروب‌های خاک اطلاق می‌شود که میزان آن در انواع خاک‌ها و برحسب شرایط حاکم متفاوت است. میزان ماده آلی در ابتدای تشکیل خاک زیادتر بوده، در مرحله بلوغ به تعادل می‌رسد و در مرحله پیری به علت شست و شوی شدید عناصر غذایی از خاک و کاهش پوشش گیاهی میزان آن کاهش می‌یابد (۱ و ۱۶). از طرفی برخی از انواع سامانه‌های کشاورزی، شخم خاک، شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب و فرسایش باعث کاهش میزان ماده آلی در خاک می‌شوند. فرآیند فرسایش به‌طور انتخابی اجزای خاک سطحی که دارای بالاترین مقدار ماده آلی هستند را جدا کرده و حمل می‌کند. بنابراین میزان ماده آلی در طول فرآیند فرسایش کاهش می‌یابد. بخشی از مواد آلی برداشت شده توسط فرآیند فرسایش به‌همراه رسوبات معلق حمل می‌شوند. رسوبات معلق به‌عنوان یکی از پیامدهای مهم فرسایش همیشه مدّ نظر می‌باشد، به‌طوری که بیش از سه دهه متخصصین مختلف آب و خاک به بررسی آن پرداختند. در این میان لیمنولوژیست‌ها بر نقش مثبت رسوبات معلق در تأمین منابع غذایی برای تغذیه بی‌مهرگان، مسیر اصلی انتقال و خروج مواد آلی و ارتباط بین بازه‌های بالادست و پایین‌دست تأکید کرده‌اند (۲۱، ۲۷، ۲۸ و ۳۵). از طرفی عدم موفقیت در تفکیک بین اجزای آلی و غیر آلی بار

۱- مدیر و دانشیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، مازندران، نور،
(* - نویسنده مسئول : Email:sadeghi@modares.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، مازندران، نور،

معلق و یا در بررسی سری کامل اطلاعات موجود در نمونه‌های رسوب معلق مانع از درک کامل دینامیک رسوبات شده است. به‌همین دلیل مشارکت رسوبات آلی نسبت به اجزای غیر آلی هم‌اندازه خود به‌واسطه تعلیق طولانی مدت آن‌ها در آب گل‌آلوده بیش‌تر است (۲۱). به‌طور معمول مواد آلی ریزدانه تراکم کم‌تری نسبت به سایر اجزای رسوبات معلق از جمله کانی‌ها دارد، در نتیجه ماده آلی ممکن است بخش زیادی از کل رسوبات معلق در طول جریان پایه را تشکیل دهد (۱۳).

تحقیقات معدودی تغییرات ماده آلی در رابطه با تغییرات رسوب معلق را بررسی کرده‌اند. مادج به بررسی مشارکت رسوبات معلق آلی درگل‌آلودگی و تغییرات رسوب در محدوده‌ای از رودخانه‌ای در شمال کالیفرنیا پرداخت. در این مطالعه رسوب معلق، گل‌آلودگی و دبی آب روی شاخه‌های بالارونده و پایین‌رونده هیدروگراف‌های سیل در طول یک سال در مقیاس‌های زمانی فصلی و رگبار تجزیه و تحلیل شد (۲۱). نتایج تحقیق او نشان داد که اگر چه کل وزن مواد آلی معلق انتقالی روی شاخه بالارونده بیش‌تر بود، لیکن مشارکت مواد آلی در شاخه پایین‌رونده بیش‌تر ارزیابی شد. مادج و همکاران به بررسی اهمیّت رسوبات آلی، گل‌آلودگی و تغییرات رسوب در چهار رودخانه در منطقه ردوود[1] پرداختند (۲۲). نتایج این تحقیق نشان داد که در سطوح بالاتر گل‌آلودگی و در دبی‌های اوج، نمونه‌های رسوب معلق حاوی مقادیر بیش‌تری از مواد غیر آلی هستند در حالی‌که در رسوبات معلق ناشی از رگبارهای ابتدای فصل، سهم مواد آلی بیش‌تر است. دلیل این امر به تفاوت در موجودیت رسوب و ماده آلی در ابتدای فصل مرطوب، مناطق مشارکت تولید رواناب، دانه‌بندی رسوب و نیز نوع فرآیند حاکم بر انتقال رسوب و ماده آلی نسبت داده شده است. توزند–اسمال و همکاران رسوبات معلق و ماده آلی در کوه‌های بالادست رودخانه آمازون را بررسی کردند. آن‌ها دبی رودخانه و هم‌چنین غلظت‌های عناصر مختلف و نیز ماده آلی ذرات ریز و درشت رسوبات در رودخانه کوروبامبو[2] واقع در مرکز اندین آمازون[3] در پرو را بررسی کردند (۳۴). نمونه‌برداری در هر هفته یک‌بار در طول یک سال و در مواقع رگباری صورت گرفت. نتایج تحقیق ایشان دلالت بر غلظت کم ماده آلی در شرایط معمولی و خروج بخش عمده‌ای از ماده آلی طی رگبارهای اتفاق افتاده در فرصت مطالعاتی داشته است. هم‌چنین نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که به‌ترتیب حداقل ۸۰، ۷۴ و ۶۴ درصد از بار رسوب سالانه، کربن آلی و نیتروژن آلی تنها در طول ۱۰ روز از سال منتقل می‌شود. در ایران نیز ابراهیمی و همکاران مقدار هدررفت کربن آلی در اثر فرسایش خاک در اراضی با شیب بیش از ۵۰ درصد در چای‌زارهای شرق استان گیلان را معادل ۱۶/۳۹ کیلوگرم در هکتار برآورد نمودند (۱). هم‌چنین تحقیقات ایلخچی و همکاران در منطقه دوراهان استان چهارمحال و بختیاری و رشیدفر و همکاران در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بختاجرد داراب به بررسی ارتباط میزان رواناب و هدررفت ماده آلی موجود در رسوبات پرداختند(۳و۵). از این‌رو با توجه به محدودیت مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از رسوبات معلق برای تخمین هدررفت ماده آلی، انجام مطالعات گسترده و جامعی در این زمینه ضرورت داشته و تحقیق حاضر با هدف آگاهی از نحوه تغییرات ماده آلی با تغییرات رسوبات معلق حاصل از پدیده فرسایش خاک در حوزه آبخیز جنگلی کجور به‌دلیل دسترسی ساده و نیز امکان برداشت داده‌های منظم و تحت کنترل انجام پذیرفت.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزهٔ آبخیز کجور با مساحت ۱۳۲۶۳ هکتار می‌باشد که در جنوب شرقی شهرستان نوشهر در طول جغرافیایی ″۸ ′۴۱ °۵۱ تا ″۴۰ ′۴۹ °۵۱ و عرض ″۶ ′۲۴ °۳۶ تا ″۳۳ ′۳۲ °۳۶ قرار گرفته است. این حوزهٔ آبخیز از شمال با دریای خزر و از جنوب با بخش کجور مجاور است (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع حوزه به‌ترتیب ۱۵۰ و ۲۶۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن[4] دارای اقلیم بری و زمستان سرد و خشک و تابستان کوتاه است. میانگین بارندگی سالیانه در پایین‌دست حوزه آبخیز و بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی نوشهر ۱۳۰۸/۸ و با گرادیان منفی به سمت ارتفاعات به‌حدود ۲۴۰ میلی‌متر در بالادست و بر اساس آمار ایستگاه کجور کاهش می‌یابد. حداکثر و حداقل متوسط بارندگی ماهیانه به‌ترتیب در مهرماه با ۲۸۰/۴ میلی‌متر و تیرماه با ۳۷/۴ میلی‌متر رخ می‌دهد و حداکثر و حداقل میانگین دمای ماهیانه به‌ترتیب در تیر و مرداد ۲۵ و در بهمن ۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی ۹۰ درصد از سطح حوزه مورد نظر به دوران دوم زمین‌شناسی تعلق دارد (۲).

روش تحقیق

برای انجام تحقیق اقدام به برداشت ۱۹۲ نمونه آب محتوی رسوب و ماده آلی انتقالی همراه رسوبات و یا محلول به‌صورت روزانه طی دوره زمانی آبان ۱۳۸۶ تا اردیبهشت ۱۳۸۷ شد (۸ و ۹). نمونه‌برداری رسوب معلق همواره از کرانه چپ به‌واسطه امکان دسترسی، به‌وسیله ظروف پلاستیکی ۲ لیتری به‌دلیل افزایش دقت نمونه‌برداری و اطمینان از برداشت تمامی ستون آب و به روش انتگراسیون عمقی صورت گرفت (۱۵ ، ۳۲ ، ۴، ۱۷، ۳۱ و ۳۲). کلیه نمونه‌برداری‌ها رأس

1- Redwood
2- Chorobamba
3- Andean Amazon
4- Koppen

ساعت ۱۵ به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه و اطمینان از مشارکت آب ناشی از ذوب برف انجام شد (۲۴ و ۳۲). نمونه‌های محتوی آب و رسوب بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند. رسوبات موجود در نمونه آب و رسوب با استفاده از روش برجاگذاری و تخلیه آب[1] جدا گردید (۳۶). در این روش بعد از گذشت ۴۸ ساعت از نگه‌داری نمونه آب و رسوب به حالت سکون در آزمایشگاه، آب شفاف روی نمونه‌های رسوب تخلیه شد. رسوبات باقی‌مانده در ته ظرف با آب مقطر شسته و درون فویل‌های از قبل تهیه و توزین شده ریخته شدند. سپس نمونه‌های به‌دست آمده به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و مقدار کل رسوبات معلق در نمونه‌های تهیه شده محاسبه گردید (۳۰ و۳۲). میزان ماده آلی موجود در رسوبات معلق با روش سوزاندن[2] محاسبه شد (۱۹). برای این منظور نمونه‌های رسوب خشک شده در کوره با دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت سوزانده شد (۲۰، ۲۹ و ۳۳). اختلاف وزن رسوبات در قبل و بعد از سوزاندن به‌عنوان میزان ماده آلی موجود در و یا همراه با رسوب معلق نمونه مد نظر قرار گرفت. بانک اطلاعاتی داده‌های به‌دست آمده در نرم‌افزار Excell 2003 تهیه و سپس برای انجام تجزیه و تحلیل آماره‌های توصیفی به محیط نرم‌افزار SPSS 13.5 وارد شدند. برای تعیین ارتباط ماده آلی با رسوب معلق نیز از رگرسیون دو متغیره و با کمک SPSS 13.5 استفاده گردید. در فرآیند مدل‌سازی، حدود ۷۰ درصد از داده‌های به‌دست آمده برای واسنجی و باقی‌مانده آن‌ها نیز برای تأیید مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت (۷، ۱۰ و ۱۱). ارزیابی مدل‌های تهیه شده با استفاده از معیارهای ضریب همبستگی[3]، خطای استاندارد[4]، خطای نسبی[5] تخمین و تأیید، مجذور میانگین مربعات خطا[6] و ضریب کارایی[7] انجام پذیرفت. مدل‌هایی با ضریب همبستگی معنی‌دار در سطح کوچک‌تر از ۵ درصد، خطای استاندارد و مجذور میانگین مربعات خطای کم‌تر، درصد خطای تخمین کم‌تر از ۴۰ درصد و تأیید کم‌تر، ضریب کارایی ترجیحاً بیش از ۶۰ درصد به‌عنوان مدل‌های برتر انتخاب شدند (۱۰، ۱۸ و ۳۳).

نتایج و بحث

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تغییرات ماده آلی با رسوبات معلق و هم‌چنین تحلیل روابط حاکم بر آن‌ها از طریق نمونه‌برداری، تعیین غلظت رسوب معلق، تهیه بانک اطلاعاتی داده‌ها، محاسبه آماره‌های توصیفی، بررسی روابط موجود و تجزیه و تحلیل آن‌ها صورت گرفت. شکل ۲ تغییرات مقدار ماده آلی و رسوب معلق طی کل دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. هم‌چنین با توجه به برداشت معدن شن و ماسه از بستر رودخانه طی دوره تحقیق، تحلیل‌های به‌عمل آمده در زیر دوره‌های قبل، حین، بعد از برداشت معدن شن و ماسه و بدون آن را نیز مد نظر قرار داد. بدین ترتیب از بین مجموع ۵۰ رابطه برازش داده شده به مجموعه داده‌ها، مدل‌های نهایی هر دوره زمانی خاص با استناد به معیارهای ارزیابی کارآیی مدل‌ها، انتخاب و نتایج مربوطه به‌دست آمد که در جدول ۱ خلاصه شده است.

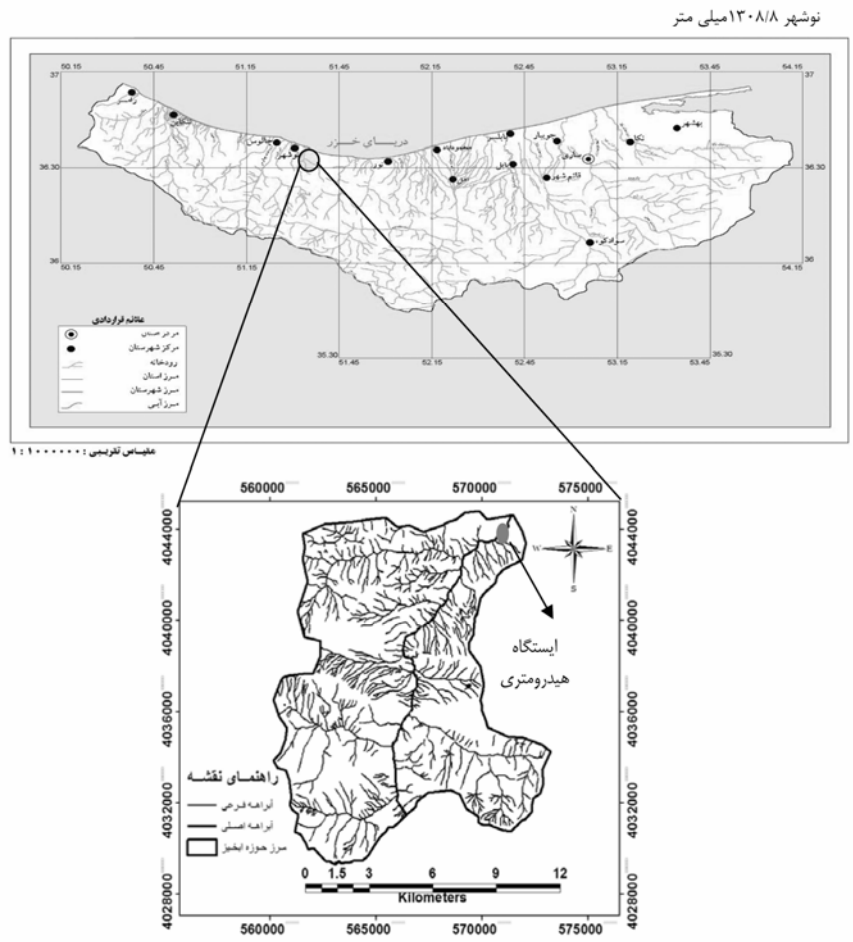
نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از بررسی آماره‌های توصیفی (جدول ۱) ۱۹۲ داده غلظت رسوب معلق جمع‌آوری شده طی دوره مورد مطالعه (۱۳۸۶/۸/۳ تا ۱۳۸۷/۲/۳۱)، مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و میانه داده‌های مربوط به غلظت رسوب به‌ترتیب ۰/۰۳، ۱۶/۶۷۰، ۲/۸۳۵± ۱/۲۵۶ و ۰/۳۷۸ گرم در لیتر و ضریب تغییرات متوسط ۱۰۷ درصد می‌باشد، در حالی‌که دامنه تغییرات مقدار ماده آلی برای تعداد مشابه داده بین ۰/۰۳ تا ۰/۶۶ با میانگین ۰/۰۸۴±۰/۱۲۵، میانه ۰/۱۰ گرم و ضریب تغییرات متوسط ۱۵۰ درصد بوده که مشخصاً دلالت بر تغییرپذیری زیاد ماده آلی و رسوب معلق داشته است. این نتایج با یافته‌های توزند–اسمال و همکاران مبنی بر تغییرپذیری زیاد ماده آلی در بخشی از رودخانه آمازون در کشور پرو مطابقت دارد (۳۴). آماره‌های مذکور هم‌چنین نشان‌دهنده هم‌سویی روند تغییرات ماده آلی با تغییرات رسوب معلق می‌باشد که تحلیل کیفی شکل ۲ نیز مؤید این امر می‌باشد.

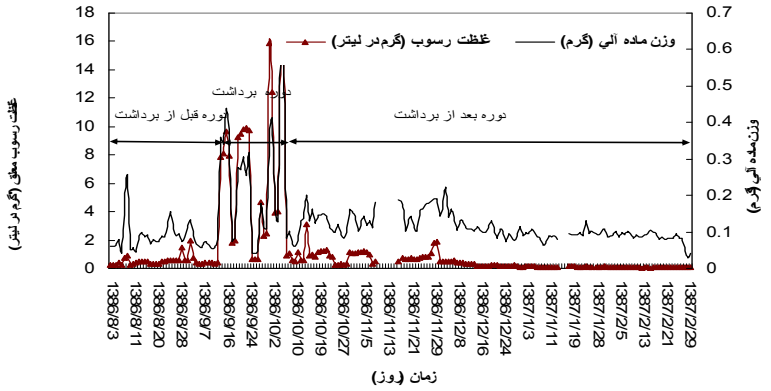
تحلیل نتایج به‌دست آمده بیانگر انتقال ۲۰/۰۰، ۲۱/۱۸ و ۵۸/۸۲ درصد ماده آلی به‌ترتیب در دوره‌های قبل، حین و بعد از عملیات برداشت معدن شن و ماسه با مشارکت زمانی به‌ترتیب ۲۱/۳۵، ۱۵/۱۶ و ۶۱/۴۶ درصد در کل دوره بوده است. این یافته نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از رسوبات انتقالی در انتهای دوره، آلی بوده و وجود ارتباط منطقی بین غلظت رسوب معلق و ماده آلی نیز به‌دلیل ثبات نسبی مقادیر هر دو متغیر مورد مطالعه بوده است. از طرفی نتایج حاصل از برازش انواع روابط رگرسیونی به داده‌های غلظت رسوب معلق و ماده آلی و هم‌چنین استناد بر معیارهایی از جمله ضرایب همبستگی و کارایی بیش‌تر، سطح معنی‌داری، خطای استاندارد، خطای تخمین و تأیید و مجذور میانگین مربعات خطای کوچک‌تر، دلالت بر توانایی کامل مقدار رسوب معلق در تخمین مقدار ماده آلی دارد. نتایج به‌دست آمده (جدول ۲) بر کارایی بهتر مدل‌های خطی در تبیین تغییرات درصد ماده آلی با رسوب معلق و خصوصاً توانایی مسلم

1- Decantation
2- Loss on Ignition
3- Correlation Coefficient
4- Standard Error of Estimate
5- Relative Error
6- Root Mean Square of Error
7- Coefficient of Efficiency

ارتباط بین درصد ماده آلی و رسوب معلق در دوره‌های مختلف مطالعاتی دلالت دارد. دلیل این امر را می‌توان در موجودیت محدود ماده آلی در خاک سطحی و نیز کنترل‌پذیری مقدار ماده آلی از رسوب معلق دانست که با یافته‌های مادج و مادج و همکاران هم‌خوان است (۶ ، ۲۱ و ۲۲). هم‌چنین رابطه به‌دست آمده برای دوره قبل از برداشت معدن به سبب تنوع شرایط حاکم در دوره مذکور و نیز تطابق زمانی آن با آغاز فصل بارش در منطقه به‌صورت غیرخطی بوده و بنا به‌همین شرایط از عملکرد پایین و خصوصاً ضریب کارآیی خیلی کم برخوردار بوده که با نظرات مادج و همکاران در همین خصوص هم‌سو است (۲۲).



(شکل ۱)- موقعیت کلی حوزه آبخیز و ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه



(شکل ۲)- تغییرات رسوب معلق و مقدار ماده آلی در کل دوره مورد مطالعه و شرایط قبل، حین و بعد از برداشت معدن شن و ماسه در حوزه آبخیز کجور

(جدول ۱)- آماره‌های توصیفی داده‌های رسوب معلق (گرم در لیتر) و ماده آلی (گرم) در دوره‌های مطالعاتی مختلف

تعیین	آماره‌های توصیفی / دوره مطالعاتی	تعداد داده‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
رسوب معلق	کل دوره مورد مطالعه	۱۹۲	۰/۰۳	۱۶/۶۷	۱/۲۶	۲/۸۴	۲۲۵
	دوره بدون عملیات برداشت شن و ماسه	۱۶۱	۰/۰۳	۱/۹۷	۰/۴۱	۰/۳۹	۹۵
	دوره قبل از عملیات برداشت شن و ماسه	۳۸	۰/۲۶	۱/۹۷	۰/۵۳	۰/۳۳	۶۲
	دوره عملیات برداشت شن و ماسه	۳۱	۰/۵۲	۱۶/۷۴	۵/۶۳	۵/۱۵	۹۱
	دوره بعد از برداشت شن و ماسه	۶۱	۰/۱۵	۱/۸۸	۰/۶۶	۰/۴۱	۶۲
ماده آلی	کل دوره مورد مطالعه	۱۹۲	۰/۰۳	۰/۶۶	۰/۱۳	۰/۰۸	۶۲
	دوره بدون عملیات برداشت شن و ماسه	۱۶۱	۰/۰۳	۰/۲۶	۰/۱۱	۰/۳۶	۳۲۷
	دوره قبل از عملیات برداشت شن و ماسه	۳۸	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۰۹	۰/۰۴	۴۴
	دوره عملیات برداشت شن و ماسه	۳۱	۰/۰۴	۰/۶۶	۰/۲۲	۰/۱۶	۷۳
	دوره بعد از برداشت شن و ماسه	۶۱	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۳۲	۲۴۶

(جدول ۲)- مدل‌های برتر برای ارتباط بین غلظت رسوب معلق (X) به گرم در لیتر و درصد ماده آلی (Y) در کل دوره مورد مطالعه و شرایط قبل، حین و بعد از برداشت معدن شن و ماسه در حوزه آبخیز کجور

شماره معادله	دوره مطالعاتی	معادله	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری	خطای استاندارد	درصد خطا: تخمین	درصد خطا: تأیید	ضریب کارایی
۱	کل دوره مورد مطالعه	$Y=2.70+(8.85/X)$	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۲۴/۳۸	۲۶/۶۰	۰/۸۱
۲	بدون عملیات	$Y=5.47+(8.56/X)$	۰/۵۹	۰/۰۰	۰/۰۳	۲۰/۶۶	۲۶/۱۲	۰/۳۴
۳	دوره قبل از عملیات	$Y=(6.24e^{0.5297X})/X$	۰/۴۸	۰/۰۱	۰/۳۷	۲۶/۸۳	۱۴/۴۴	۰/۱۱
۴	دوره عملیات	$Y=2.94+(4.99/X)$	۰/۹۴	۰/۰۰	۰/۰۶	۲۲/۳۹	۲۴/۲۰	۰/۸۸
۵	بعد از عملیات	$Y=3.45+(9.04/X)$	۰/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۳	۱۸/۴۴	۱۲/۴۲	۰/۵۵

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات ماده آلی در حوزه آبخیز مورد مطالعه با توجه به ثبات نسبی دبی با مقادیر ۰/۶۶۲، ۰/۶۸۰، ۰/۷۷۱، ۰/۵۷۴ و ۱/۰۷۳ متر مکعب بر ثانیه به‌ترتیب برای کل دوره موردمطالعه، دوره بدون عملیات برداشت معدن، قبل، حین و بعد از عملیات برداشت معدن شن و ماسه، با تغییرات رسوب معلق در دوره مورد مطالعه ارتباط معنی‌داری دارد که با نتایج مک‌داول و آسبوری در پورتوریکو[1] و ابراهیمی و همکاران در اراضی شیب‌دار زیر کشت چای در استان گیلان مبنی بر انتقال ماده آلی در اثر فرسایش خاک هم‌خوانی دارد (۲۵ و ۱). در حالی‌که با یافته‌های می‌بک، دوول و هجس، مایورگا و آفدنکامپه و کوینل و همکاران مبنی بر روند مخالف افزایش درصد کربن آلی و بار رسوبی و هم‌چنین رشیدفر و همکاران مبنی بر توافق تغییرپذیری مقدار ماده آلی با رواناب حاصل از کشت‌زارهای پنبه و گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بختاجرد داراب مغایرت دارد (۵ ، ۱۴ ، ۱۶ ، ۲۳ و ۲۶). از طرفی تغییر شرایط حاکم بر اکوسیستم مطالعاتی در فرصت کوتاه قبل از عملیات و بعد از عملیات و نیز مصادف بودن آن‌ها با تغییر فصل در منطقه، شرایط ارتباطی آماری نسبتاً ضعیفی در مدل‌های برتر مربوط به ارتباط بین رسوب معلق با ماده آلی را موجب شده است. تحلیل مذکور هم‌چنان توسط توزند-اسمال و همکاران در خصوص تغییرات زیاد فصلی رسوبات معلق مورد تأیید قرار گرفته است (۳۴). نتایج حاصل از بررسی شکل ۲ همچنان نشان می‌دهد که با کاهش مقدار رسوب معلق از مقدار ماده آلی انتقالی توسط جریان کاسته شده حال آن‌که درصد نسبی ماده آلی خروجی از حوزه آبخیز افزایش یافته است. دلیل این امر را می‌توان در تشکیل بخش عمده‌ای از رسوبات به‌صورت آلی و تعلیق دراز مدت آن نسبت داد که با تأکیدات آفدنکامپه و همکاران مبنی بر مشارکت رسوبات آلی در تعیین گل‌آلودگی جریان در دبی‌های پایه و یا حداقل هم‌خوانی دارد (۱۳). از طرفی بررسی تغییرات درصد ماده آلی با رسوب معلق نیز دلالت بر کاهش سهم مقدار ماده آلی با افزایش رسوب معلق داشته و نیز ارتباط معنی‌دار روند مذکور بین رسوب معلق و ماده آلی خروجی از حوزه آبخیز را مورد تأیید قرار می‌دهد. هم‌چنین یافته‌های مذکور دلالت بر وجود بخش عمده‌ای از ماده آلی در لایه‌های سطحی خاک و طبیعتاً انتقال مقدار زیادی از مواد آلی طی مراحل اولیه فرسایش خاک از سطح حوزه آبخیز دارد. این استدلال با تأکیدات زرین‌کفش و عباس‌نژاد در خصوص تمرکز بخش عمده‌ای از مواد آلی در افق بالایی خاک هم‌خوان است.

1- Puerto Rico

(۶ و ۱۲).

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق فعلی می‌توان این چنین جمع‌بندی نمود که تغییرپذیری ارتباط بین ماده آلی با رسوب معلق بسیار زیاد بوده و این تغییرات دارای روند یکسان می‌باشد. از نتایج این تحقیق به‌خوبی می‌توان برای مسائل مربوط به کیفیت آب، بیان ضرورت کنترل فرسایش و نیز اولویت‌بندی زمانی آن در مدیریت منابع آب و خاک و حتی دخالت‌های انسانی اشاره کرد. از طرفی رسوبات معلق موجود در جریان، زمینه‌ساز انتقال ماده آلی موجود در سطح حوزه‌های آبخیز می‌باشد که طبیعتاً ضمن ایجاد پیامدهای برون منطقه‌ای، عواقب ناخوشایندی همچون هدررفت مواد غذایی و به عبارتی اثرات درون منطقه‌ای فرسایش خاک را به‌دنبال دارد. بنابراین در مجموع و با استفاده از نتایج تحقیق ارائه شده، می‌توان جمع‌بندی نمود که رسوب معلق می‌تواند به‌عنوان تخمین‌گری مناسب برای هدررفت میزان ماده آلی به‌شمار آید، اگر چه دست‌یابی به جمع‌بندی‌های جامع نیازمند انجام تحقیقات گسترده‌تر از طریق کاربرد ایزوتوپ‌ها و ردیاب‌ها و تفکیک مشارکت جزئی هر یک از انواع فرسایش در تولید رسوب و متعاقباً هدررفت ماده آلی در ابعاد زمانی و مکانی می‌باشد.

منابع

۱- ابراهیمی، ر.، رفاهی، ح. ق.، علی اکبر، ع. ر.، و میرنیا، س. خ. ۱۳۸۱. بررسی مقدار هدررفت عناصر غذایی پر مصرف در اثر فرسایش خاک در اراضی شیب دار زیر کشت چای در شرق استان گیلان، پژوهش و سازندگی، ۱۵(۱): ۷۶-۸۵.

۲- اداره کل منابع طبیعی نوشهر. ۱۳۸۱. طرح جنگلداری کجور، سری ۳ آغوزچال، آبخیز ۴۶، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۳۷۹ص.

۳- ایلخچی، ع.، حاج‌عباسی، م. ع.، و جلالیان، ا. ۱۳۸۱. اثر تغییر کاربری مرتعی به دیم‌کاری بر تولید رواناب، هدررفت، کیفیت خاک در منطقه دوراهان استان چهارمحال و بختیاری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۴): ۱۰۳-۱۱۴.

۴- توفیقی، ب. ۱۳۸۱. تهیه مدل تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز زرین‌درخت در استان چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم‌دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۱ ص.

۵- رشیدفر، م.، حسنلی، ع. م.، و صوفی، م. ۱۳۸۳. هدررفت عناصر غذایی و ماده آلی خاک در پوشش‌های مختلف گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک بر اثر رواناب و فرسایش سطحی، مجله بیابان، ۹(۱): ۳۵-۴۷.

۶- زرین‌کفش، م. ۱۳۸۰. خاک‌شناسی جنگل (اثرات متقابل خاک و گیاه در ارتباط با عواملزیست‌محیطی اکوسیستم‌های جنگلی)، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، چاپ اول، ۳۶۱ص.

۷- صادقی، س. ح. ر. ۱۳۸۴. تهیه معادلات سنجه رسوب در شاخه‌های بالارونده و پایین‌رونده آب‌نگار با استفاده از مفهوم رگرسیون، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱(۱):۱۰۱-۱۰۳.

۸- صادقی، س. ح. ر.، توفیقی، ب.، و مهدوی، م. ۱۳۸۴ الف. تهیه مدل تخمین رسوب لحظه‌ای در حوزه زرین‌درخت، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(۳): ۷۵۹-۷۶۷.

۹- صادقی، س. ح. ر.، سعیدی، پ.، و کیانی هرچگانی، م. ۱۳۸۷. اثرات زیست محیطی برداشت معدن شن و ماسه از طریق افزایش تولید رسوب، دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، تهران، ۲۰-۲۱ خرداد، ۱۳۸۷: ۲۲۷ص.

۱۰- صادقی، س. ح. ر.، مرادی، ح. ر.، مزین م.، و وفاخواه، م. ۱۳۸۴ کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش-رواناب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسیلیان)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳(۱۲)، ۸۱-۸۹.

۱۱- صادقی، س. ح. ر.، نجفی، د.، و وفاخواه، م. ۱۳۸۵. تحلیل منطقه‌ای برآورد رسوب معلق در حوضه اصفهان- سیرجان، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۲(۳): ۵۱-۶۵.

۱۲- عباس‌نژاد، ا. ۱۳۸۴. خاکشناسی (برای زمین‌شناسان)، انتشارات دانشگاه باهنر کرمان، چاپ اول، ۵۳۵ص.

13- Aufdenkampe, A.K., Mayorga, E., Hedges, J.I., Llerena, C., Paul, D.Q., Gudeman, J., Alex, V.K. and Richey, J.E. 2007. Organic Matter in the Peruvian Headwaters of the Amazon: Compositional Evolution from the Andes to the Lowland Amazon Main Stem, Organic Geochemistry, 38: 337–364.

14- Coynel, A., Seyler, P., Etcheber, H., Meybeck, M. and Orange, D. 2005. Spatial and Seasonal Dynamics of Total Suspended Sediment and Organic Carbon Species in the Congo River, Global Biogeochemistry Cycles, 19(4):1-17.

15- Das, G., 2000. Hydrology and Soil Conservation Engineering, Prentice-Hall of India, 489 pp.

16- Devol, A. H. and Hedges, J.I. 2001. Organic Matter and Nutrients in the Main Stem Amazon River. *In*: The Biogeochemistry of the Amazon Basin, M. E. McClain, R. L. Victoria and J.E. Richey (Eds). Oxford University

Press, Oxford, pp. 275–306.
17- Edwards, T.K. and Glysson, G.D. 1999. Field Methods for Measurement of Fluvial Sediment. USGS Open-file Report, 97 p. Available at: http://water.usgs.gov/osw/techniques/Edwards-TWRI.pdf.
18- Green, I. R. A. and Stephenson, D. 1986. Criteria for Comparison of Single Event Models, Hydrology Sciences Journal, 31:395- 411.
19- Heiri, O., Lotter, A. F. and Lemcke, G. 2001. Loss on Ignition as a Method for Estimating Organic and Carbonate Content in Sediment: Reproducibility and Comparability of Results, Journal of Paleolimnology, 25:101-110.
20- Knott, J. M., Glysson, G. D., Malo, B. A. and Schroeder, L. J. 1993. Quality Assurance Plan for the Collection and Processing of Sediment Data by the U.S. Geological Survey, Water Resources Division: USGS Open-File Report 92-499. Available at: http://pubs.er.usgs.gov/pubs/ofr/ofr92499.
21- Madej, M., 2002. The Contribution of Suspended Organic Sediment to Turbidity and Sediment Flux, Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop, Reno, NV, April 30 – May 2, 2002: 21p.
22- Madej, A. M., Wilzbach, M., Cummins, K. and Ellis, C.S. 2007. The Significance of Suspended Organic Sediments to Turbidity, Sediment Flux, and Fish-Feeding Behavior, Presented at the Redwood Science Symposium: What Does the Future Hold? Rohnert Park, California, March 15-17, 2004: 5p.
23- Mayorga, E. and Aufdenkampe, A. 2002. Processing of Bioactive elements in the Amazon River System. *In*: The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands, M. E. McClain, Ed. IAHS Special Publication 6. IAHS Press, Paris, 1–24 pp.
24- McConchie, J. A. and Hawke, R. M. 2002. Control on Stream Flow Generation in a Meltwater Stream, Miers Vally, Antarctica and Implication for the Debate on Global Warming, Journal of Hydrology (NZ), 41(2): 77-103.
25- McDowell W. H. and Asbury C. E. 1994. Export of Carbon, Nitrogen and Major Ions from Three Tropical Montane Watersheds. Limnology and Oceanography, 39:111–125.
26- Meybeck, M., 1982. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Transport by World Rivers. American Journal of Science, 282:401–450.
27- Minshall, G. W., Cummins, K. W., Petersen, R. C., Cushing, C. E., Bruns, D. A., Sedell, J. R. and Vannote, R. L. 1985. Developments in Stream Ecosystem Theory. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 42:1045-1055.
28- Minshall, G.W., Petersen, R.C. and Cummins, K.W. 1983. Interbiome Comparisons of Stream Ecosystem Dynamics. Ecological Monographs, 53:1-25.
29- Pusceddu, A., Mazzola, G., Sar, A. and Fabriano, M. 1997. Relationships between Suapended and Sediment Organic Matter in a Semi-Enclosed Marine System: The Stagnone DI Marsala Sound (Western Sicily), Water, Air and Soil Pollution, 99:343-352.
30- Putjaroon, W. and Pongboon, K. 1987. Amount of Runoff and Soil Losses from Various Land Use Sampling Plots in Sakolnakorn Province, Thailand, *In*: Proceedings of Forest Hydrology and Watershed Management, August 1987, IAHS-AISH Publication, 167-198.
31- Rovira, A. and Batalla, R. 2006. Temporal Distribution of Suspended Sediment Transport in a Mediterranean Basin: The Lower Tordera (NE SPAIN), Geomorphology, 79:58-71.
32- Sadeghi, S.H.R., Aghabeigi Amin, S., Vafakhah, M. Yasreb,i B. and Esmaeili Sari, A. 2006. Suitable Drying Time for Suspended Sediment Samples, Iran, *In*: International Sediment Initiative Conference, Khartoum, Sudan. Nov.12-16, 2006: 71.
33- Sadeghi, S. H. R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S. and Onda, Y. 2008. Development, Evaluation and Interpretation of Sediment Rating Curves for a Japanese Small Mountainous Reforested Watershed, Geoderma, 144:198-211.
34- Townsend-Small, A., McClain, E. M., Jorge, L. N., Carlos, A. J., and Jay, A. B. 2008. Suspended Sediments and Organic Matter in Mountain Headwaters of the Amazon River: Results from a 1-Year Time Series Study in the Central Peruvian Andes, Geochimica et Cosmochimica Acta, 72:732–740.
35- Wallace, J. B. and Grubaugh, J. W. 1996. Transport and Storage of FPOM. *In:* F.R. Hauer and G.A. Lamberti (Eds). Methods in Stream Ecology. Academic Press, San Diego, PP. 191-216.
36- Walling, D. E., Collins, A. L, Sichingabula, H. A. and Leeks, G. J. L. 2001. Integrated Assessment of Catchment Suspended Sediment Budgets: A Zambian Example. Land Degradation and Development, 12:387-415.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 1, Spring 2009, p.221-228

مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۳۸۸، ص ۲۲۸-۲۲۱

Suspended Sediment: A Suitable Estimator for Soil Organic Matter Loss

S.H.R. Sadeghi* **- P. Saiedi**[1]

Abstract

Suspended sediment resulted from distributed soil erosions facilitates soil nutrients transportation and influences soil depletion. Soil erosion plays a key role in loss of organic matter and therefore study of the relationship between organic matter and soil erosion processes and soil nutrient loss is very important. The present case study was conducted in Kojour Educational Forest Watershed with an area of 13263 ha to determine the relationship between eroded suspended sediment and organic matter through daily sediment sampling and measurement of suspended sediment. The water and suspended sediment sampling was made via depth-integration. The determination of suspended sediment and organic matter contents was made by decantation and loss on ignition methods, respectively. Then the relationship between variables was assessed by bivariate regression method and descriptive statistics. The results of this study showed that there were high variations of organic matter and suspended sediment with respective coefficient of variation of 150 and 107. Similar trend in variation for both variables in different time periods was also proved by developing regression models with correlation coefficients from 0.48 ($P<0.01$) to 0.94 ($P<0.001$) and estimation and verification errors less than 28.05 and 26.60%, respectively.

Keywords: Kojour watershed, Organic matter, Soil Erosion, Suspended sediment

1- Respectively, Head and Associate Professor and Former Master Student, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor Mazandaran, Iran (* - Corresponding Author, Email: sadeghi@modares.ac.ir)