

گزارش فنی

مقدمه

فرسایش خاک یک مشکل مهم زیست محیطی و میزان آن عامل اساسی در تشخیص سلامت بوم‌سازگان و عمل‌کرد آن‌هاست. در سال‌های اخیر آگاهی از اهمیت زیست محیطی انتقال بارهای رسوبی معلق به‌وسیله آب‌های جاری و رودخانه‌ها و همچنین شناخت دینامیک رسوبات معلق، رشد زیادی نموده که به دلیل اهمیت رسوبات معلق در انتقال مواد غذایی و آلاینده‌ها می‌باشد. منحنی توزیع زمانی رسوب حمل شده توسط روان‌آب سطحی در پایه رگبار را رسوب‌نمود یا آلودگی‌نمود می‌گویند دلیل این نام‌گذاری حمل عناصر غذایی و سایر آلاینده‌ها توسط رسوبات معلق می‌باشد. در این حالت بسته به نوع عنصر حمل شده، آلودگی‌نمود به آن نام خوانده می‌شود. فسفر خاک یکی از عناصر حیاتی برای رشد گیاهان و حیات جانوران می‌باشد. علاوه بر مشکلات ایجاد شده در محیط فرسایش یافته و فقیر شدن خاک از این عنصر مهم طی فرآیند فرسایش خاک، انتقال فسفر به رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و سایر منابع آب، در کیفیت آن‌ها تأثیر سویی دارد. مقادیر اندک غلظت فسفر در حدود ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر باعث مغذی شدن آب‌ها می‌گردد (مک دوول و همکاران [۶]؛ بویس و همکاران [۳] و بلانکو و ل [۲]؛ نور و همکاران [۱۱]). به‌همین دلیل در طول دهه‌های اخیر توجه زیادی به فرسایش خاک به‌عنوان منبعی برای انتشار فسفر در آب‌ها مبذول گردیده است (ایده و همکاران [۵]). بیش‌ترین شکل هدر رفت فسفر در اتصال به ذرات خاک می‌باشد که مقدار آن بسته به شرایط حاکم بر سامانه آبخیز در وقایع مختلف و حتی در طول یک واقعه بارش دارای نوسانات زیادی است (ایده و همکاران [۵]) از این رو بررسی فرآیند فرسایش خاک، تولید رسوب و انتقال مواد همراه آن از ضروریات مدیریت منابع موجود در یک آبخیز می‌باشد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی هدر رفت فسفر متصل به رسوبات معلق در حوزه آبخیز کجور واقع در استان مازندران، به دلیل سهولت دسترسی و امکان استقرار و وجود ایستگاه آب‌سنجی در خروجی آن، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز کجور با مساحت حدود ۵۰ هزار هکتار و حداکثر ارتفاع ۱۵۰ و ۲۶۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد در جنوب شرقی شهرستان نوشهر می‌باشد. منطقه مذکور دارای

تحلیل آلودگی‌نمود فسفر حوزه آبخیز کجور

حمزه نورا^۱، سید خلاق میرنیا^{۲*} و مجید خزایی^۳
 تاریخ دریافت: ۸۸/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۸/۱۴

چکیده

فرسایش خاک باعث شسته شدن مواد غذایی، کاهش حاصلخیزی و آلودگی منابع آب می‌گردد. بنابراین آگاهی از میزان تغییرات و نحوه انتقال مواد غذایی توسط آب‌های جاری از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهش حاضر به‌منظور تحلیل هدررفت فسفر در ۵ واقعه بارش و ارتباط آلودگی‌نمود فسفر و آب‌نمودهای این وقایع بارش در حوزه آبخیز کجور صورت گرفته است. نتایج نشان دهنده حداقل و حداکثر هدررفت فسفر به ترتیب ۳۲۱/۲۶ و ۶۷۰۷ گرم و متوسط ۲۶۲۰ گرم می‌باشد. همچنین بررسی آلودگی‌نمودها بیانگر وقوع زود هنگام اغلب آن‌ها در مقایسه با آب‌نمودها و طبعاً ایجاد حلقه‌های سنج‌ساعت‌گرد بوده است. نتایج به‌دست آمده هم‌چنین بر ضرورت مطالعات تفصیلی در مقیاس رگبار و پایه‌های زمانی متفاوت با توجه به هدف بررسی تأکید دارد. واژه‌های کلیدی: رسوب‌نمود، هدررفت عناصر غذایی، آلودگی‌نمود فسفر، آلودگی‌نمود زودرس، حوزه آبخیز کجور

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس

hamzehnoor@yahoo.com

skhmirnia@yahoo.com

khazayi64@gmail.com

۲- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۳- کارشناس ارشد آبخیزداری

زمستان سرد و خشک و تابستان کوتاه است. از نظر زمین شناسی ۹۰ درصد از سطح حوزه مورد نظر به دوران دوم زمین شناسی تعلق دارد. کاربری غالب منطقه در قسمت جلگه‌ای جنگل با تراکم حدود ۷۵ درصد و در ارتفاعات مراتع می‌باشد (نور و همکاران [۱۱]). در این حوزه آبخیز به جز قسمت محدودی که توسط دانشگاه تربیت مدرس مدیریت و بهره برداری می‌گردد بقیه قسمت‌ها مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرد.

از آنجایی که بیش‌ترین قسمت هدررفت فسفر طی وقایع فرسایشی حاصل می‌گردد، لذا به منظور انجام پژوهش حاضر نمونه‌برداری از جریان آب رودخانه کجور در مواقع بارندگی طی دوره زمانی پاییز و زمستان ۱۳۸۷ صورت پذیرفت. نمونه‌برداری در محل ایستگاه آب سنجی واقع در خروجی حوزه آبخیز به روش انتگرالیون عمقی، به وسیله بطری ۲ لیتری و با فاصله زمانی حداکثر یک ساعت به عمل آمد. هم‌زمان با برداشت نمونه، اشل قرائت و دبی جریان در هر لحظه محاسبه گردید. در این مدت به محض اطلاع از وقوع رگبار از طریق تماس تلفنی و نیز پیش‌بینی شرایط هوایی حاکم بر منطقه با هماهنگی با نگهبانان جنگلی مستقر در محل به منطقه عزیمت و نمونه‌برداری و اندازه‌گیری تا حداکثر زمان ممکن صورت گرفت. به منظور تعیین مقدار هدررفت فسفر، ابتدا نمونه‌های رسوب در هوای آزاد خشک و سپس مقدار فسفر قابل جذب به روش طیف سنجی اندازه‌گیری شد (نور و همکاران [۱۲]؛ نور و همکاران [۱۱]). پس از محاسبه غلظت رسوب معلق، غلظت فسفر و دبی جریان، داده‌های هر واقعه بارش، جداگانه وارد محیط Excel ۲۰۰۳ گردید و با توجه به فاصله نمونه‌برداری (حداکثر یکساعت) مقادیر کل رسوبات معلق، هدررفت فسفر و حجم رواناب محاسبه و برای بررسی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

به روش توضیح داده شده تعداد ۷۲ نمونه (۵ رویداد بارش) از

جریان رودخانه کجور در شرایط مختلف طی دوره مورد مطالعه برداشت گردید. در جدول ۱ حداقل و حداکثر هدررفت فسفر و ارتباط اوج آلودگی نمودهای فسفر و آب‌نمودها در دوره زمانی مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که طی پژوهش حاضر به طور متوسط ۲۶۲۰ گرم فسفر در هر رگبار از طریق فرسایش خاک و حمل در جریان رودخانه از دسترس خارج شده است. همچنین میانگین غلظت فسفر در هر لیتر نمونه ۴۳۰، ۱۴۴، ۱۵۰/۲، ۵۶ و ۱۱۳/۲ میکروگرم، به ترتیب بوده است. می‌بیک [۸] متوسط مقدار فسفر حمل شده در رودخانه‌های جهان را در حدود ۲۰ میکروگرم در لیتر گزارش کرده است. دلیل بالاتر بودن مقادیر به دست آمده در این پژوهش، می‌تواند به دلیل نمونه‌برداری طی وقایع بارندگی و فرسایشی باشد که در نتیجه آن مقدار هدررفت فسفر بسیار بالاتر بوده است. طی این دوره زمانی میزان فسفر همراه رسوبات حمل شده در جریان رودخانه حداقل، حداکثر و متوسط ۹/۶۲، ۱۵ و ۱۱/۵ میلی‌گرم در یک کیلوگرم رسوب می‌باشد. ژانگ و همکاران [۱۳] حداکثر میزان هدررفت فسفر در مناطقی با غالب بودن فرسایش سطحی و شیاری به ترتیب ۸/۳۴ و ۷/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم رسوب به دست آوردند. بالاتر بودن مقدار فسفر در واحد وزن رسوبات (متوسط ۱۱/۵ میلی‌گرم) در این پژوهش را می‌توان به دلیل جنگلی بودن منطقه و بالا بودن مقدار عناصر غذایی در خاک آن نسبت داد.

لازم به ذکر است که در وقایع با دبی بالا، مقدار فسفر به وزن کل رسوبات کاهش یافته است، به گونه‌ای که در تاریخ ۱۳۸۷/۸/۱۸ و ۱۳۸۷/۹/۱۲ دیده شده است. کم‌تر شدن مقدار مواد غذایی همراه رسوبات در مقادیر بالای رواناب به دلیل حمل مواد درشت دانه توسط آلبرت و همکاران [۱]؛ ژانگ و همکاران [۱۳] و میهارا و همکاران [۹] نیز گزارش شده است.

در انتها با بررسی ارتباط آب‌نمود و آلودگی نمود می‌توان اطلاعات مناسبی در زمینه منشأ احتمالی فسفر انتقالی و فرآیند

جدول ۱- مقدار هدررفت فسفر و ارتباط اوج آلودگی نمود فسفر و آب‌نمود در حوزه آبخیز کجور

تاریخ رگبار	تعداد نمونه	غلظت فسفر (میکرو گرم در لیتر)			حجم رواناب (مترمکعب در ثانیه)	اختلاف زمان اوج آلودگی نمود و آب‌نمود ^۱
		حداقل	میانگین	حداکثر		
۱۳۸۷/۷/۱۹	۲۰	۲۲/۴	۴۳۰	۱۸۶۰/۶۴	۳۸۲۷	۴ ساعت تأخیر
۱۳۸۷/۸/۶	۱۷	۲۵/۶	۱۴۴	۵۴۵/۲	۲۱۶۱	۲:۲۰ ساعت زودرس
۱۳۸۷/۸/۱۰	۱۱	۴۲/۷	۱۵۰/۲	۵۵۹	۴۴۵۶۹	۶ ساعت زودرس
۱۳۸۷/۸/۱۸	۱۳	۲۵/۰۴	۵۶	۱۰۰/۸	۴۹۳۷	۳:۱۵ ساعت زودرس
۱۳۸۷/۹/۱۲	۱۱	۸۲/۰۴	۱۱۳/۲	۱۵۲/۸	۴۰۸۱۵	۳ ساعت زودرس

^۱ تأخیر نشان دهنده وقوع دیرتر اوج آلودگی نمود نسبت به اوج آب‌نمود می‌باشد و زودرس بودن دلالت بر وقوع زودتر اوج آلودگی نمود دارد.

3- Bowes, M.J. House, W.A. Hodgkinson, R.A. and Leach, D.V. 2005. Phosphorus-discharge hysteresis during storm events along a river catchment: the River Swale, UK. *Water Research*. 39:751-762.

4- Hatch, L.K., Reuter, J.E. and Goldman, C.R. 1999. Daily phosphorus variation in a mountain stream. *Water Resources Research*. 35: 3783-3791.

5- Ide, J.I. Haga, H. Chiwa, M. and Otsuki, K. 2008. Effects of antecedent rain history on particulate phosphorus loss from a small forested watershed of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*). *Journal of Hydrology*. 352: 322-335.

6-McDowell, R.W. Sharpley, A.N. Condrion, L.M. Haygarth, P.M. and Brookes, P.C. 2001. Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 59: 269-284.

7- McKee, L. Eyre, B. and Hossain, S. 2000. Transport and retention of nitrogen and phosphorus in the subtropical Richmond River estuary, Australia - a budget approach. *Biogeochemistry*, 50: 241-278.

8- Meybeck M. 1982. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*. 282: 401-450.

9- Mihara, M. Yamamoto, N. and Ueno, T. 2005. Application of USLE for the prediction of nutrient losses in soil erosion processes. *Paddy Water Environ*. 3: 111-119.

10- Noor, H. 2008. Modeling sediment yield in Kojur forested watersheds, MS Thesis, University. P. 54.

11- Noor, H. Mirnia, S.K.H. Fazli, S. Raisi, MB. and Vafakhah, M. 2010. Application of MUSLE for the prediction of phosphorus losses. *Water Science and Technology*, 62(4), 809-815.

12- Noor, H., Mirnia, S.Kh. Raisi, M.B. 2009. Estimation soil organic matter loss in ecosystems Hirkanean (Case Study: Kojur forested Watershed). *Environmental Science*, Vol 8, 107-114.

حاکم بر انتقال آن به دست آورد. در ۴ مورد از رگبارهای اتفاق افتاده ۸ و ۱۰ و ۱۸ آبان و ۱۲ آذر اوج آلودگی نمودها، قبل (یا هم‌زمان) از اوج آب‌نمود اتفاق افتاده است. در این حالت کاهش غلظت فسفر پس از اوج آلودگی نمود با افزایش دبی مشاهده می‌گردد. کثرت مشاهده این رویه در سایر حوزه‌های آبخیز توسط هاتچ و همکاران [۴] و مک‌کی و همکاران [۷] گزارش شده است. در این ارتباط آید و همکاران [۵] تأمین فسفر از درون کانال رودخانه و نواحی اطراف را باعث وقوع اوج زود هنگام غلظت فسفر همراه جریان نسبت به دبی و در نتیجه ایجاد حلقه ساعت‌گرد عنوان کرده‌اند. در پژوهش حاضر، کثرت سنج‌های ساعت‌گرد می‌تواند دلالت بر مشارکت بالای بخش آبرفتی و رسوبی نزدیک خروجی و مواد رسوب یافته در کانال اصلی داشته باشد. نور [۱۰] در این حوزه آبخیز به نتایج مشابهی در مورد اوج زودرس رسوب‌نمودها دست یافته است.

همچنین در آلودگی نمود مربوط به رگبارهای ۱۹ مهر ۱۳۸۷، اوج غلظت فسفر با تأخیر زمانی نسبت به اوج دبی رخ داده که منجر به تشکیل حلقه‌های سنج‌پاد ساعت‌گرد شده است. ریزش کوه در مسیر آبراهه در روز ۱۹ مهر ۱۳۸۷ توسط ساکنین منطقه تأیید شده است. این مواد ممکن است به وسیله بالا بردن غلظت مواد معلق مقدار هدررفت فسفر را با تأخیر باعث شده اند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی هدررفت فسفر طی وقایع فرساینده و تحلیل آلودگی نمود منتج از آن در حوزه آبخیز کجور صورت گرفت. نتایج پژوهش به روشنی تأثیر فرسایش خاک بر غلظت این ماده غذایی در رودخانه را نشان داد، دلیل این امر را می‌تواند جذب فسفر به ذرات خاک و انتقال آن همراه رسوبات عنوان کرد. نکته مهم در این تحقیق مشاهده وقوع اوج زودرس آلودگی نمود فسفر نسبت به اوج دبی می‌باشد به عبارتی انتقال غلظت‌های بالای این آلاینده در دبی‌های پایین رخ می‌دهد و با افزایش دبی جریان از غلظت آن کاسته می‌شود. از نتایج پژوهش حاضر می‌توان برای ارزش‌گذاری بهتر اقدامات حفاظت آب و خاک و همچنین درک فرآیندهای حاکم بر انتقال رسوبات معلق و مواد همراه آن‌ها استفاده کرد.

منابع

1-Alberts, E.E. Neibling, W.H. and Moldenhauer, W.C. 1981. Transport of sediment nitrogen and phosphorus in runoff through cornstalk residue strips. *Soil Science Society American Journal*. 45:1177-1184.

2- Blanco, H. and Lal, R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer Science.

China. Agriculture, Ecosystems and Environment.
108: 85–97.

13- Zhang. F., He, X., Gao, X., Zhang, C. and T.
Keli. 2005. Effects of erosion patterns on nutrient
loss following deforestation on the Loess Plateau of

Archive of SID