پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۱، تابستان ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

برآورد فسفر بار معلق وقایع سیلابی با استفاده از مؤلفه های بارش و رواناب (مطالعه موردی حوزه آبخیز کجور)

• حمزه نور
عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
• سمیه فضلی
عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
• سیدخلاق میرنیا
دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)
تاریخ دریافت: تیرماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۱۱۴۹۷۷۱
Email: mirniakh@modares.ac.ir

چکیده

فسفر از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاهان بوده و از سوی دیگر عامل آلودگی منابع آب می باشد. هدف از تحقیق حاضر برآورد مقادیر اوج و متوسط غلظت فسفر و همچنین کل فسفر انتقال یافته ناشی از وقوع رگبار و تولید رواناب در حوزه آبخیز کجور بااستفاده از مؤلفه های بارش و رواناب می باشد. در این راستا نمونه برداری از جریان سیلابی رودخانه مربوط به هفت واقعه بارش با فاصله زمانی حداکثر یک ساعت انجام شد. سپس تهیه مدل های رگرسیونی مناسب دو و چند متغیّره ی تخمین گر غلظت اوج و متوسط و کل مقدار فسفر حمل شده با استفاده از مهمترین مولفه های بارش و رواناب صورت پذیرفت. نتایج نشان‌گر توانائی خوب روابط رگرسیونی به دست آمده با توجه به ضریب تبیین و کارآیی به ترتیب بیش از ۰/۸۸۴ و ۰/۸۸۳است. نتایج تحقیق حاضر زمینه ساز استفاده از روش مزبور در ارزیابی انتقال فسفر در مناطقی با شرایط حاکم مشابه با شرایط تحقیق و مدیریت مناسب آب و خاک آن ها می باشد.

کلمات کلیدی: فرسایش خاک، هدر رفت عناصر غذایی، برآورد بار فسفر، حوزه آبخیز کجور

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 91 pp: 33-36

Prediction of storm wise phosphorus load in river using rainfall and runoff variables (case study: Kojour watershed)

By: Hamzeh Noor, and Somayeh Fazli, Young Researchers Club, Arak Branch, Islamic Azad University, Seyed Khalagh Mirnia, Assistant Professor (Corresponding Author; Tel: +989111149771) Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

Phosphorus (P) is an important nutrient for plants, in other hand P contaminates water resources. The present study aimed to access the applicability of rainfall and runoff variables of seven storm events occurred during 2008 in prediction of storm-wise peak and average P concentration and total P loss in Kojour watershed with the help of bivariate and multivariate regression models. Towards this attempt, seven storm events occurred during study period were analyzed, samples of river were collected for seven events with time intervals of 1 h. The results verified the capability of regression model with relatively high determination and efficiency coefficients of 0.884, 0.883 respectively. The results could facilitate the application of given methods obtained in the present study to other areas with similar conditions and leading to the suitable soil and water management.

Keywords: Soil erosion, Nutrient loss, Phosphorus concentration, Estimation of P load, Kojour Watershed, Iran

مقدمه

در سال های اخیر آگاهی از اثرات زیست محیطی انتقال بارهای رسوبی معلق به وسیله آب های جاری و هم چنین شناخت پویائی رسوبات معلق رشد زیادی نموده است (Ide و همکاران، ۲۰۰۸؛ Blanco و Lal، ۲۰۰۸). این پیشرفت‌ها حکایت از اهمیت و نقش رسوبات معلق در انتقال مواد غذایی و آلایندها به منابع آب می باشد. فسفر یکی از عناصر حیاتی برای رشد گیاهان و جاندران می باشد که انتقال آن به رودخانه ها، مخازن آب و سایر منابع آب، در کیفیت آن‌ها اثر سویی برجای می گذارد (مک دوول و همکاران، ۲۰۰۱). به همین دلیل در طول دهه های اخیر توجه زیادی به فرسایش خاک به عنوان منبعی برای انتشار فسفر در آب ها مبذول گردید (Ide و همکاران، ۲۰۰۸؛ Noor و همکاران، ۲۰۱۰).

در هنگام بارش و رخداد فرسایش خاک، غلظت فسفر در رودخانه از طریق جریان های سطحی و کنش ذرات خاک بالا می رود (Hash و همکاران، ۱۹۹۹؛ Ide و همکاران، ۲۰۰۸). آگاهی از میزان آلاینده های غیر نقطه ای حمل شده در رودخانه ها طی دوره های فرسایشی بسیار مهم و حائز اهمیت است. زیرا از یک سو نشان دهنده اثرات سوء فرسایش خاک و هدر رفت عناصر غذایی بوده (که برای درک بهتر خسارات فرسایش ضروری است) و از سوی دیگر میزان ورود آلاینده ها را به منابع آب مشخص می‌سازد (که برای برنامه ریزی های این منابع لازم است). از آن جایی که مقدار فسفر موجود رودخانه وابسته به متغیرهای کنترل کننده فرسایش و حمل رسوب می باشد بنابراین میزان خروجی آن از آبخیز را می توان تابعی از مقدار رواناب به عنوان پاسخ سامانه حوزه آبخیز به بارش دانست. بدین منظور هدف از تحقیق حاضر استفاده از داده های بارش و رواناب، به دلیل دسترسی آسان در بیشتر حوزه های آبخیز کشور، به منظور برآورد میزان هدر رفت و انتقال فسفر خاک می باشد.

مواد و روش ها

به منظور برآورد مقدار غلظت اوج، متوسط و هدررفت کل فسفر جریان رودخانه با استفاده از مولفه های بارش و رواناب حوزه آبخیز کجور با مساحت حدود ۵۰۰ هزار هکتار در جنوب شرقی شهرستان نوشهر انتخاب گردید. کاربری غالب آبخیز در سراب مرتع و در قسمت های جلگه ای جنگل می باشد (رئیسی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Noor و همکاران، ۲۰۱۰).

برای دست یابی به اهداف تحقیق ابتدا مقادیر واقعی غلظت فسفر در جریان رودخانه از طریق نمونه برداری در طول وقایع بارندگی طی مرداد ۱۳۸۷ تا اسفند ۱۳۸۷در محل ایستگاه هیدرومتری، به وسیله بطری ۲ لیتری و با فاصله زمانی حداکثر یک ساعت به عمل آمد. هم زمان با برداشت نمونه، اشل قرائت و دبی جریان در هر لحظه محاسبه گردید. تعیین غلظت رسوب معلق با یک لیتر از نمونه ها و به روش تخلیه آب و غلظت فسفر در رسوبات معلق به روش اولسن محاسبه شد (Noor و همکاران، ۲۰۱۰).

در ادامه با استفاده از مهم ترین متغیّرهای بارش (میزان بارش و متوسط و حداکثر شدت بارش) مربوط به ایستگاه های کجور و نوشهر به ترتیب واقع در سراب و بخش جلگه ای آبخیز مذکور و رواناب (دبی اوج و متوسط و حجم رواناب) بنا به سهولت اندازه گیری و محاسبه، به عنوان متغیرهای مستقل برای برآورد غلظت متوسط، اوج غلظت و کل فسفر جریان سیلابی رودخانه با استفاده از رگرسیون دو متغیره (خطی و غیر خطی) و چند متغیّره (با و بدون تجزیه تحلیل عاملی) استفاده شدند. لازم به ذکر است به منظور مدل سازی و اعتبارسنجی روابط، داده ها به دو دسته تقسیم گردیدند. انتخاب روابط برتر، با استفاده از معیار خطای تخمین، ضریب کارایی و مجذور میانگین مربعّات خطا صورت گرفت (Liu و Li، ۲۰۰۸).

Archive of SID

نتایج

در این تحقیق مقادیر بارش، رواناب، غلظت رسوب و فسفر هفت رگبار به تعداد ۹۵ داده به روش ارایه شده جمع آوری و در مدل سازی مورد استفاده قرار گرفت بررسی ۹۵ نمونه برداشت شده از جریان رودخانه نشان دهنده آنست که حداقل و حداکثر میانگین غلظت فسفر در هر لیتر نمونه طی رگبارهای مختلف به ترتیب ۲۱/۹ و ۴۳۰ میکروگرم بوده است. هم چنین طی تحقیق حاضر میزان فسفر همراه رسوبات حمل شده در جریان رودخانه حداقل، حداکثر و متوسط ۹/۶۲، ۱۵ و ۱۱/۵ میلی گرم فسفر در یک کیلوگرم رسوب می باشد. نکته قابل ذکر دیگر زیادتر بودن غلظت های فسفر بدست آمده در این پژوهش از مقادیر ذکر شده در پژوهش های مشابه است. مثلا Zhang و همکاران (۲۰۰۵) حداکثر میزان هدررفت فسفر در مناطقی با غالبیت فرسایش سطحی و شیاری به ترتیب ۸/۳۴ و ۷/۲۳ میلی گرم در کیلوگرم رسوب به دست آوردند. بالاتر بودن مقدار فسفر در واحد وزن رسوبات (متوسط ۱۱/۵ میلی گرم) در این تحقیق را می توان به دلیل جنگلی و مرتعی بودن منطقه و بالا بودن مقدار عناصر غذایی در خاک آن نسبت داد. به دلیل نمونه برداری در شرایط مختلف جریان (بارش های ملایم و شدید) و تأثیرپذیری بالای هدررفت فسفر از فرسایش خاک، دامنه نوسانات غلظت فسفر در جدول ۱ زیاد می باشد. هم چنین تغییرات فسفر با غلظت رسوبات معلق همسو بوده است و همانطور که مشاهده می گردد تفاوت موجود بین نسبت حداقل و حداکثر غلظت فسفر در رگبارهای مختلف تقریبا توسط غلظت رسوبات معلق توضیح داده شده است. در نهایت از بین تمامی روابط حاصل از مدل سازی بین مؤلفه های بارش، رواناب و غلظت فسفر با استفاده از رگرسیون دو و چند متغیره، ۲۱ مدل معنی دار به دست آمده که در جدول ۲ ارائه شده است.

نتیجه گیری و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۱ ملاحظه می گردد که روابط به دست آمده دارای ضریب تبیین بالا و در دامنه ۰/۶۴۸ تا ۰/۹۴۹ قرار دارند دقت در این روابط نشان دهنده برتری مدل های چند متغیره و غیر خطی نسبت به سایر شیوه ها می باشد. در نهایت روابط ۳، ۵ و ۹ به ترتیب به منظور برآورد اوج غلظت، غلظت متوسط و مقدار کل فسفر جریان سیلابی رودخانه کجور انتخاب شدند. استفاده از مهم ترین متغیرهای دخیل در امر فرسایش و انتقال فسفر دلیل کارایی بالاتر روابط حاصل از رگرسیون چند متغیره می باشد. هم چنین برتری ارتباطات غیر خطی بین متغیرهای مطالعه شده در این تحقیق با تأکیدات Singh (۱۹۹۲) مبنی بر برتری روابط غیرخطی متغیرهای هیدرولوژی با یکدیگر تطابق دارد. دقت کم روابط در زمینه تخمین مقادیر اوج غلظت فسفر به دلیل تأثیر پذیری این متغیرها از عوامل آنی و لحظه ای می باشد. به گونه ای که در دبی های بالا (۱۲ آذر)، غلظت فسفر به دلیل رقیق شدن جریان در اثر کاهش مواد قابل حمل و افزایش دبی و همچنین حمل ذرات دانه درشت با محتوی کم فسفر، به شدت پایین آمده است. در این راستا غلظت متوسط فسفر در رگبار ۱۲ آذر۱۳۸۷ با دبی اوج ۲/۸ برابر با ۱۱۳ میکروگرم در لیتر بوده در حالی که در روزهای ۶ و ۱۰ آبان ۱۳۸۷ مقدار متوسط غلظت فسفر به ترتیب ۱۴۴ و ۱۵۰ میکروگرم در لیتر با دبی اوج ۰/۶ و ۰/۵ مترمکعب بر ثانیه بوده است. این شرایط در مورد برآورد کل هدر رفت فسفر صادق نمی باشد، زیرا در سیلاب های بزرگ با وجود رقیق بودن جریان از رسوب و فسفر، به دلیل حجم بالای رواناب مقدار کل مواد حمل شده توسط جریان بالا می رود که با یافته های Mihara و همکاران (۲۰۰۵) همسو می باشد. در نهایت تأثیر معنی دار شیت بارش در کنترل مراحل آغازین فرسایش خاک و تأمین موادّ فرسایش در حوزه آبخیز مورد مطالعه و سپس قابلیت و توانایی دبی جریان در انتقال ذرات فرسوده و متناسب با توان حمل جریان از استدلال های منطقی دست یابی به چنین نتیجه ای می باشد. یافته ها و استدلالات ارائه شده فوق با اظهارات با نتایج ASCE (۱۹۷۰) مبنی بر ضرورت دخالت توامان متغیرهای بارش و رواناب در تبیین صحیح میزان رسوب حوزه های آبخیز مطابقت دارد. نتایج این تحقیق نشان دهنده توانایی مؤلفه های مذکور در تخمین مقدار کل فسفر، اوج غلظت و همچنین غلظت متوسط فسفر می باشد و استفاده از روابط مذکور در سایر حوزه ها با شرایط مشابه مفید بوده و تخمین هایی در حد قابل قبول در اختیار برنامه ریزان حوزه های آبخیز قرار می دهد. در پایان پیشنهاد می گردد مطالعات مشابه در سایر مناطق کشور به منظور برآورد عناصر غذایی و آلاینده های دیگر صورت پذیرد.

جدول۱- حداقل و حداکثر دبی، غلظلت رسوب و فسفر در هفت واقعه ثبت شده در حوزه آبخیز کجور

تاریخ	تعداد نمونه	حداقل			حداکثر		
		غلظت رسوب (gr/l)	غلظت فسفر (µg/l)	دبی (s/m^3)	دبی (s/m^3)	غلظت فسفر (µg/l)	غلظت رسوب (gr/l)
۱۳۸۷/۷/۱۹	۲۰	۱/۱۸۵	۲۲/۴	۰/۲۲	۰/۷۴	۱۸۶۰/۶۴	۱۱۰/۰۷
۱۳۸۷/۸/۶	۱۷	۱/۷	۲۵/۶	۰/۳۴	۰/۶	۵۴۵/۲	۲۶
۱۳۸۷/۸/۱۰	۱۱	۴/۳	۴۲/۷	۰/۳	۰/۵	۵۵۹	۲۷/۴
۱۳۸۷/۸/۱۸	۱۳	۸/۸	۲۵/۰۴	۱/۱۳	۱/۷	۱۰۰/۸	۲
۱۳۸۷/۹/۱۱	۱۲	۰/۲۶	۴/۶۶	۰/۳۴	۰/۵	۵۲/۳	۳/۱
۱۳۸۷/۹/۱۲	۱۱	۸/۵	۸۲/۰۴	۱/۷	۲/۸	۱۵۲/۸	۱۴/۸
۱۳۸۷/۹/۱۳	۱۱	۱/۸۴۵	۱۴/۷۲	۰/۵۹۵	۰/۷۰۳	۶۱/۱۸	۴/۱۶۲

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۲- روابط به دست آمده با استفاده از مؤلفه های بارش و رواناب

شماره رابطه	رابطه	سطح معنی داری	ضریب تبیین	خطای تضمین (درصد)	ضریب کارایی	مجذور میانگین مربعات خطا
۱	Php=۱۳۴/۰۵۴NIpMax-۳۳۷/۸۴۶Qp+ ۱۳۰/۳۸۶	۰/۰۰۶	۰/۹۲۲	۱۱۶/۴۷۴	۰/۹۲۲	۱۶۸/۷۳۴
۲	Php=۳۶۸/۸۴۷NIpav-۵۵۵/۶۲۳Qav+ ۱۱۹/۴۹۲	۰/۰۳۰	۰/۸۲۷	۱۹۷/۱۷۵	۰/۸۲۷	۲۵۱/۳۸۵
۳	Php=۱۲۳/۴۲۳NIpMax-۰/۰۱۸Rv+ ۲۹۰/۰۲۹	۰/۰۰۳	۰/۹۴۹	۱۹۹/۲۱۵	۰/۹۴۸	۱۳۶/۶۲۳
۴	Php=۱۲۱/۸۷۴NIpMax- ۱۷۲/۱۶۲	۰/۰۱۵	۰/۷۲۷	۱۹۴/۷۷۰	۰/۷۲۷	۳۱۵/۸۴۶
۵	Phav=۲۹/۵۰۱NIpMax-۴۸/۹۹۹Qp+ ۲۹/۶۷۷	۰/۰۱۴	۰/۸۸۴	۷۲/۶۶۶	۰/۸۸۳	۴۴/۸۵۱
۶	Phav=۸۲/۳۰۷NIpav-۹۰/۴۶۱Qav+ ۲۵/۸۶۲	۰/۰۵۰	۰/۷۷۶	۷۸/۴۳۰	۰/۷۷۶	۶۲/۲۲۲
۷	Phav=۲۷/۷۳۵NIpMax- ۱۴/۲۰۲	۰/۰۰۷	۰/۷۹۷	۵۷/۰۰۰	۰/۷۹۷	۵۹/۲۵۵
۸	Phav=۲۷/۷۳۵(NIpMax×Qp)- ۱۴/۲۰۲	۰/۰۲۹	۰/۶۴۸	۶۸/۷۹۳	۰/۹۹۷	۱۱۵/۱۰۸
۹	Pht=۴۵۰/۲۹۱NIpMax-۸۶۵/۹۳۸Qp- ۶۷۴/۰۷۰	۰/۰۰۵	۰/۹۳۱	۲۳/۱۴۴	۰/۹۳۱	۵۸۴/۳۶۱
۱۰	Pht=۱۳۳۲/۹۱۷NIpav-۶۲۲/۵۳۴Qav+ ۸۴۷/۱۳۳	۰/۰۳۷	۰/۸۰۷	۵۰/۰۰۰	۰/۸۰۷	۹۸۷/۱۳۶
۱۱	Pht=۴۸۱/۵۱NIpMax- ۱۰۱/۳۹۵	۰/۰۰۴	۰/۸۳۷	۴۸/۹۹۲	۰/۸۳۷	۸۹۹/۸۹۱
۱۲	Pht=۲۹۸/۸۰۲(NIpMax×Qp)+ ۷۳۶/۹۳۵	۰/۰۲۶	۰/۶۶۳	۷۰/۰۷۹	۰/۶۶۳	۱۲۹۱/۸۵
۱۳	Pht=۱۵۷۴/۱۶Ln(NIpMax×Qp)+ ۷۳۳/۸۶۸	۰/۰۱۳	۰/۷۳۸	۳۴/۳۹۱	۰/۷۳۸	۱۱۴۰/۱۶۲
۱۴	Pht= / -۳۵۸۱/۹ (NIpMax×Qp)+ ۴۶۰۱/۹۱	۰/۰۲۹	۰/۶۴۸	۶۴/۴۷۹	۰/۶۴۸	۱۳۲۰/۶۱۳
۱۵	Pht=۱/۱۵۴۵× ۶۵۸/۴۵۸(NIpMax×Qp)	۰/۰۲۶	۰/۶۶۰	۶۱/۶۹۹	۰/۳۸۶	۱۷۴۴/۲۴۴
۱۶	Pht=۶۱۶/۸۴۶ (NIpMax×Qp)۰/۸۰۹۷	۰/۰۰۴	۰/۸۴۰	۴۰/۲۰۹	۰/۶۶۶	۱۲۸۶/۸۵۴
۱۷	Pht=Exp(/-۲/۰۴۰۶ (NIpMax×Qp)+(۸/۵۲۲۸	۰/۰۰۱	۰/۹۰۶	۳۰/۵۹۹	۰/۷۲۳	۱۱۷۱/۹۹۸
۱۸	Pht=Exp(۰/۱۴۳۷ (NIpMax×Qp)+(۶/۴۸۹۹	۰/۰۲۶	۰/۶۶۰	۶۱/۷۱۶	۰/۳۸۶	۱۷۴۴/۸۱۹
۱۹	Pht=Exp(۱۴۳۷/۰ (NIpMax×Qp))+۴۵/۶۵۸	۰/۰۲۶	۰/۶۶۰	۶۱/۷۱۵	۰/۳۸۶	۱۷۴۴/۸۱۰
۲۰	Pht=/۲۹۳۲۵- (NIpMax×Rv)+۲۱۷۵/۸	۰/۰۲۹	۰/۶۴۹	۶۲/۴۰۴	۰/۴۲۴	۱۶۹۰/۲۰۸
۲۱	Pht=۰/۷۷۱× ۰/۳۱۶۶(NIpMax×Qp)	۰/۰۲۱	۰/۶۸۸	۴۹/۶۰۹	۰/۲۰۹	۱۹۸۰/۰۷۶

Php، Phav، Pht، NIpMax، NIpav، Qp، Qav و Rv بـه ترتیب حداکثر غلظت فسـفر (میکروگرم در لیتر)، متوسـط غلظت فسفر (میکروگرم در لیتر)، هدر رفت کل فسفر (گرم)، حداکثر شدت بارش نوشهر (میلی متر بر ساعت)، متوسط شدت بارش (میلی متر بر ساعت)، دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)، دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه) و حجم روان آب (مترمکعب) می باشد.

منابع مورد استفاده

1-American Society of Civil Engineers. (1970) Sediment sources and sediment yields. *Journal of the Hydraulic Division, American Society of Civil Engineers*, vol, 96. Pp: 1283-1329.

2-Blanco, H. and Lal, R. (2008) *Principles of soil conservation and management*. Springer Science. pp: 617.

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

4-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*. Vol, 352. pp: 322– 335.

5- Liu, X. and Li, J. (2008) Application of SCS Model in Estimation of Runoff from Small Watershed in Loess Plateau of China. *Chinese Geographical Sciences,* vol, 18, No, 3. pp: 235–241.

6-McDowell, R.W., Sharpley, A.N., Condron, 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*. Vol, 59. pp: 269–284.

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

8-Noor, H., Mirnia, S.K., Fazli, S., Raisi, M.B. and Vafakhah M. (2010) Application of MUSLE for the prediction of phosphorus losses. *Water Science and Technology*, vol. 62, no. 4, pp. 809-815.

9- Raeisi, M.B., Sadeghi, S.H.R. and Noor, H. (2010). Accuracy of time- area method in sedimentgraph development in Kojour *Watershed, Rangeland*, vol. 4, no.2, pp.320-333.

10-Singh, V.P. (1992) *Elimentary hydrology*. Eastern Economy Edition, New Delhi, India.pp 973.

11-Zhang, F., X. He, X. Gao, C. Zhang and Keli. T. (2005) Effects of erosion patterns on nutrient loss following deforestation on the Loess Plateau of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 108: 85–97.

Archive