بررسی فصلی وضعیت آلودگی فسفر در برخی از حوضه‌های استان گیلان

حسین اسدی*[۱]، عیسی ابراهیمی[۲]، وحید لطیفی[۳]
۱- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران؛ ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه گیلان

چکیده

فسفر اضافی ناشی از کوددهی در اثر فرسایش از خاک خارج شده و در منابع آب‌های سطحی سبب آلودگی و پدیده غنی‌شدن می‌شود. برای انجام این پژوهش نمونه‌برداری از خروجی حوضه‌های سیاهرود، لیلاکوه، کمسار، دیوشل، جوکلبندان، سنگر و سراوان در استان گیلان طی چهار فصل صورت گرفته است. میزان فسفر کل، محلول و چسبیده به ذرات در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که خروجی فسفر تابعی از تغییرات مکانی و زمانی است. در فصول با بارندگی بالا و پوشش نامناسب، میزان خروجی فسفر افزایش یافت. نتایج نشان داده است که در حوضه‌های که کاربری جنگل دارند و دارای پوشش مناسبی هستند، میزان خروجی فسفر کاهش می‌یابد و در کاربری‌های کشاورزی و مسکونی میزان فسفر بیش‌تری وارد رودخانه شده است. به طور کلی نتایج نشان داده است که خروجی فسفر در غالب مناطق استان از حد مجاز بالاتر است.

واژه‌های کلیدی: غنی‌شدن، فرسایش، کاربری اراضی، گراولیوس

مقدمه

فسفر یکی از عناصر مهم آلاینده غیرنقطه‌ای منابع آب می‌باشد که از مناطق مسکونی و صنعتی، زمین‌های کشاورزی و رواناب‌های شهری سرچشمه می‌گیرد. در فواصل سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ میلادی با افزایش تولیدات صنعتی و مصارف خانگی حجم زیادی از آلاینده‌های حاوی فسفر وارد منابع آب و محیط زیست شد. اما در اواخر قرن بیستم با بهبود روش‌های تصفیه رواناب‌های شهری و کاهش فسفر در شوینده‌های خانگی، آلایندگی فسفر از این بخش روند کاهشی پیدا کرد (ترولی و سوفیا، ۲۰۱۶؛ کلین و پریرا، ۲۰۰۲). برای تأمین غذای کافی جهت جمعیت روبه افزایش جهان، فشار زیادی به مناطق کشاورزی آورده می‌شود (شارپلی و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین خاک‌های زراعی و باغی تحت کشت از عناصر غذایی (به خصوص فسفر) تهی می‌شوند. برای حفظ حاصلخیزی خاک، کودهای دامی و شیمیایی به خاک اضافه می‌شوند. قسمت زیادی از فسفری که به خاک اضافه می‌شود با توجه به اسیدیته خاک، به شکل‌های تثبیت شده در آمده و با خاک پیوند محکمی ایجاد می‌کند (ریچاردسون و همکاران، ۲۰۱۱). فسفر از جمله عناصری است که بیش از نیاز گیاه به خاک‌ها افزوده می‌شود. مقدار مصرف فسفر به صورت کود درکشاورزی مدرن امروزه نسبت به دهه شصت میلادی دو برابر شده است، در حالی که در ده سال گذشته کم‌تر از دو میلیون تن فسفر در سال تثبیت شده است (وود و همکاران، ۲۰۰۵). در حقیقت ورودی فسفر بیش‌تر از مقدار جذب آن توسط گیاه است (ریچاردسون و همکاران، ۲۰۱۱).

پس از وقوع بارش‌های شدید، خاک موجود در زمین‌های شیب‌دار به شدت تحت تأثیر فرسایش قرار می‌گیرد. ذرات خاک که فسفر زیادی را به همراه دارند، به همراه رواناب‌های ایجاد شده به مناطق پایین دست منتقل می‌شوند. در اثر ایجاد رواناب در اراضی شیب‌دار، فسفر خاک به شکل محلول نیز به رواناب اضافه می‌گردد (شارپلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ ویلا و همکاران، ۲۰۱۴). شدت انتقال فسفر به غلظت فسفر خاک، مواد آلی و ظرفیت جذب خاک وابسته است (دالی و همکاران، ۲۰۰۱). فسفر پتانسیل کمی برای

رسیدن به آب‌های زیرزمینی دارد، چون نسبت به نیتروژن دارای حلالیت کم‌تری است. از سوی دیگر، ذرات خاک ظرفیت زیادی برای جذب شکل‌های غیر محلول فسفر دارند. در واقع، خاک برای فسفر همانند یک فیلتر عمل می‌کند. هدررفت فسفر از زمین‌های کشاورزی به سه سطح تقسیم می‌شود: (الف) هدررفت سریع فسفر محلول در مدت کوتاهی پس از مصرف کودهای دامی و شیمیایی، (ب) هدررفت آرام فسفر محلول پس از کوددهی، (پ) هدررفت توسط فرسایش خاک (لوری، ۱۹۹۵). استاتر و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که کاربری اراضی تاثیر بسیار مهمی بر مقدار فسفر در آبخیز دارد. همچنین شکل‌آبادی و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان کردند که خروجی فسفر از حوضه‌ها به شدت تابع کاربری موجود در حوضه است.

افزایش فسفر به سامانه‌های آبی باعث زیاد شدن بیش از حد جمعیت جلبک‌ها و ماکروفیت‌ها شده که نتیجه آن تخریب محیط خواهد بود (وینتر و دوتیه، ۲۰۰۰). در سامانه آب‌های تازه، فسفر یک ماده غذایی برای رشد جلبک‌ها به شمار می‌رود (اسچوم و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین غلظت زیاد فسفر در آب‌های سطحی منجر به ایجاد پدیده یوتریفیکاسیون یا غنی‌شدن می‌گردد که نتیجه آن رشد نامناسب جلبک‌ها می‌باشد که استفاده از آب را برای مصارف صنعتی، مصرف خانگی و غیره دچار محدودیت می‌کند (ساتون و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین، نتیجه مستقیم افزایش زیست‌توده مصرف زیاد اکسیژن در زیر آب است و مرگ جاندارن آب‌زی است (کلین و پریرا، ۲۰۰۲). با توجه به خطرات و آسیب‌های فسفر برای محیط زیست و موجودات زنده لازم است تغییرات مکانی و زمانی فسفر مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین هدف از این پژوهش (۱) بررسی مقدار و شکل فسفر خروجی از چند حوضه انتخابی با کاربری متفاوت در استان گیلان و (۲) بررسی اثر تغییرات فصلی بر مقدار خروجی فسفر بوده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات حوضه‌های مورد مطالعه

در جدول ۱ مشخصات کلی حوضه‌های مورد مطالعه آمده است. عمده کاربری حوضه رودخانه سیاهرود به صورت جنگل بوده و ۶۲/۲ درصد حوضه را جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه تشکیل می‌دهد. حدود ۵/۲ درصد حوضه نیز دارای کاربری زراعی می‌باشد که عمده محصول کشت شده آن برنج است. با توجه به اینکه رودخانه‌ی اصلی از کنار شهرک صنعتی رشت می‌گذرد، بنابراین حدود ۲/۷ درصد مساحت حوضه نیز کاربری صنعتی دارد. این حوضه در انتها به بافت مسکونی و شهری ختم می‌شود که حدود ۲۹/۹ درصد از مساحت آن را به خود اختصاص می‌دهد در قسمت بالادست شیب نسبتا تند و در قسمت‌های میانی و پایین‌دست شیب کند است. حوضه سیاهرود بیش‌ترین مساحت را دارد (۱۸۶/۲۶ کیلومتر مربع). کاربری عمده حوضه لیلاکوه مورد مطالعه باغ مرکبات از نوع چای است و در قسمتی از حوضه نیز باغ مرکبات دیده می‌شود. مساحت این حوضه ۲/۴۶ کیلومترمربع بوده و میانگین ارتفاع آن ۲۸۶ متر می‌باشد. همچنین شیب متوسط حوضه مورد مطالعه ۳۴/۹ درصد است. در این حوضه از دو نقطه نمونه‌برداری انجام شد. حدود ۵۹ درصد از مساحت حوضه را باغ‌های چای و حدود ۲۱ درصد را مخلوط باغ‌های چای و مرکبات تشکیل می‌دهند. مابقی سطح حوضه (۲۰ درصد) نیز شامل بیرون‌زدگی سنگی، مسیر رودها، جاده و کاربری مسکونی است. ضریب گراولیوس به‌دست آمده حوضه کمسار و دیوشل نشان می‌دهد که تقریباً گرد می‌باشند. حوضه دیوشل با مساحتی برابر با ۳/۳ کیلومتر مربع دارای کم‌ترین مساحت در بین مناطق مورد بررسی است. کاربری چای‌کاری و مرکبات نیز در حوضه دیوشل یافت شده است. عمده کاربری جوکلبندان شامل جنگل (۹۲/۴۷) و منطقه مسکونی (۷/۵۳) است.

جدول ۱- مشخصات حوضه‌های مورد مطالعه

	مساحت (km^2)	محیط (km)	طول آبراهه‌ی اصلی (km)	شیب متوسط‌حوضه ($m.m^{-1}$)	میانگین‌ارتفاع (m)	طول‌حوضه (km)	ضریب گراولیوس
سنگر	۱۵/۹	۲۶/۲۹	۸/۰۸	۰/۰۱	۳۹/۷۷	۷/۶۷	۱/۸۴
جوکلبندان	۵۰/۹	۴۰/۹۸	۱۲/۶۴	۰/۲۱	۲۹۸/۸۷	۱۱/۴۳	۱/۶۱
سراوان	۸۲/۷	۶۸/۸۹	۲۵/۵۴	۰/۱۶	۲۲۴/۱۶	۲۰/۲۰	۲/۱۲
کمسار	۷۶	۵۳/۶۹	۱۵/۲۳	۰/۲۱	۲۰۶/۰۹	۱۴/۲۰	۱/۷۲
دیوشل	۳/۳	۹/۲۱	۱۰۳۷/۹۰	۰/۳۵	۳۴۵/۵۴	۲/۵۳	۱/۴۲
لیلاکوه	۲/۴۶	۸/۶۶	۸۳۰	۰/۳۴۹۴	۲۸۵/۶۵	۱/۸۱	۱/۵۴۶
سیاهرود	۱۸۶/۲۶	۱۳۰/۲۰	۴۹/۹۰	۰/۰۷۵	۱۰۲/۵۵	۳۶/۸۵	۲/۶۷

نمونه‌برداری از آب رودخانه‌های اصلی حوضه‌های سنگر، سراوان، جوکلبندان، دیوشل، کمسار، لیلاکوه و سیاهرود در استان گیلان به طور فصلی انجام گرفته است. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظرف‌های پلی اتیلن و در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری و سپس به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

اندازه‌گیری شکل‌های فسفر

فسفر به شکل‌های مختلفی در طبیعت وجود دارد، ولی فقط شکل‌های فسفات $PO4^{3-}$ و ارتوفسفات $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} آن قابل اندازه‌گیری است، از این‌رو باید فسفر موجود در نمونه‌ها را به شکل فسفات و ارتوفسفات تبدیل کرد تا قابل اندازه‌گیری شود. به این منظور نمونه‌ها را باید ابتدا هضم کرد که برای هضم از روش اسید پرسولفات پتاسیم استفاده شد. بعد از هضم، میزان فسفر با روش اسید آسکوربیک تعیین شد (کارلسون و سیمپسون، ۱۹۹۶).

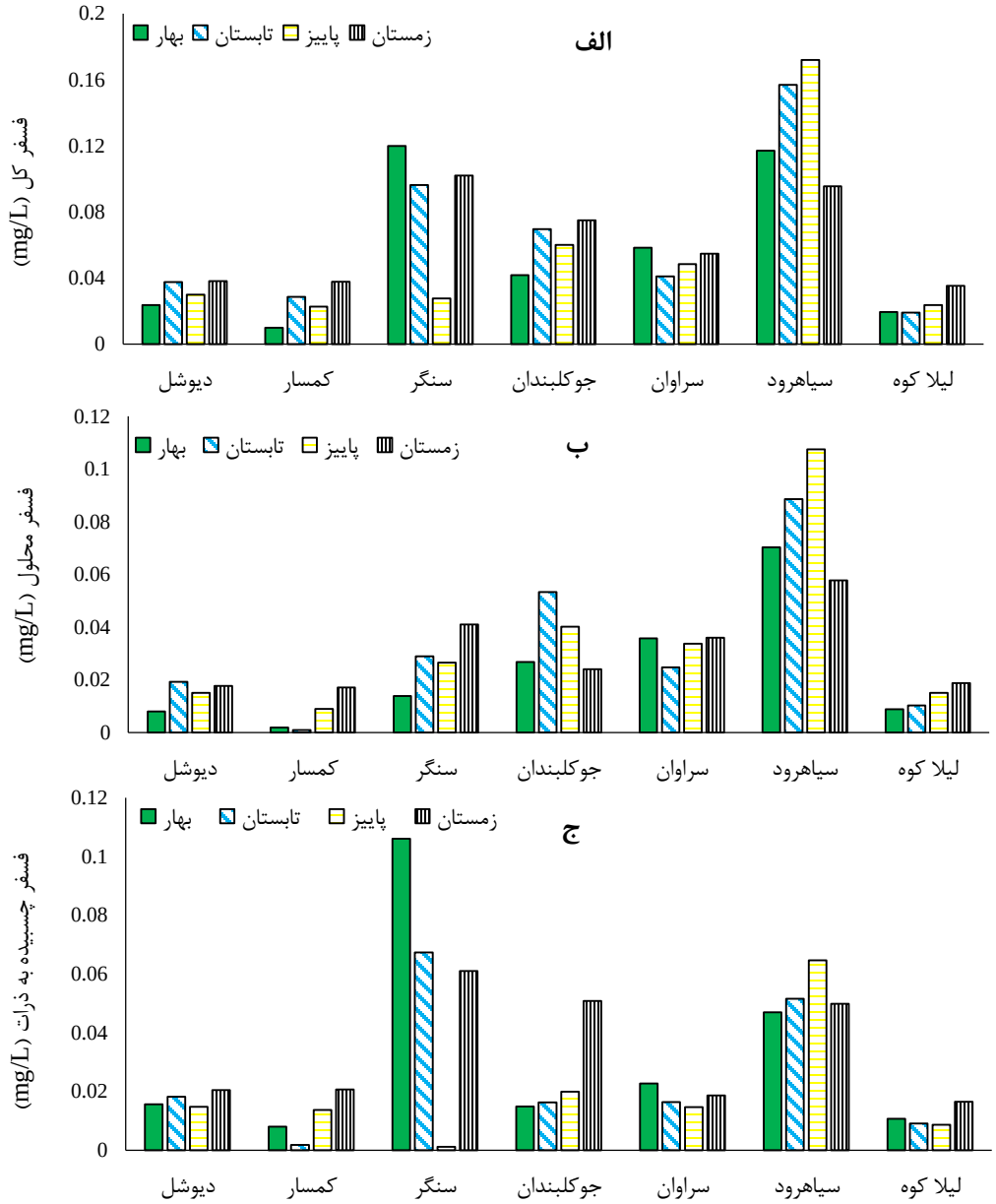
$$Total\ P\ (mgP/lit) = \frac{mgP_{from the calibration curve} \times 1000}{ml\ sample} \qquad (1)$$

اندازه‌گیری فسفر محلول مانند فسفر کل است با این تفاوت که قبل از هضم کردن نمونه‌ها باید آن‌ها را با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۴ فیلتر کرد. لازم به ذکر است که باید نمونه‌ها را از سه لایه فیلتر کاغذی عبور داد (کارلسون و سیمپسون، ۱۹۹۶). فسفر پیوند خورده به ذرات از اختلاف بین فسفر کل و فسفر محلول به دست آمد.

نتایج و بحث

در شکل ۱ تغییرات فصلی شکل‌های مختلف فسفر شامل فسفر کل، فسفر محلول و فسفر چسبیده به ذرات جامد نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱-الف دیده می‌شود، بیش‌ترین مقدار فسفر کل (۰/۱۷۲ میلی‌گرم در لیتر) در فصل پاییز در حوضه سیاهرود به‌دست آمده است. به طور کلی، در تمام فصول میزان فسفر کل حوضه سیاهرود بیش‌تر از دیگر حوضه‌های مورد مطالعه بوده است. به طور کلی می‌توان با مقایسه فصول مختلف نتیجه گرفت که در فصولی از سال که پوشش گیاهی ضعیف است و فرسایش افزایش پیدا می‌کند میزان خروجی فسفر از اراضی نیز بیش‌تر می‌شود. همچنین در حوضه‌های که فعالیت کشاورزی وجود دارد مشاهده شده است که بعد از کوددهی پاییز در زمستان میزان خروجی فسفر افزایش پیدا کرده است. با بررسی شکل ۱-ب مشاهده می‌شود که بیش‌ترین مقدار فسفر محلول همانند فسفر کل مربوط به فصل پاییز در حوضه سیاهرود بوده است (۰/۱۰۷ میلی‌گرم در لیتر). مقایسه مقادیر به دست آمده از فسفر محلول با استانداردهای فسفر نشان می‌دهد که در حوضه‌های مورد مطالعه عموما میزان فسفر از حد مجاز بالاتر بوده و می‌تواند سبب پدیده غنی‌شدن در منابع آبی استان گردند. برخی از پژوهشگران (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۳؛ فوی و ویترس، ۱۹۹۸) غلظت فسفر بین محدوده‌ی ۰/۰۱ تا ۰/۰۱۵ میلی‌گرم بر لیتر را غلظتی دانستند که باعث رشد شدید جلبک‌های مضر در آب می‌شود. با تحقیقاتی که در نیوزیلند صورت گرفت، غلظت ۰/۰۱۵ - ۰/۰۳

میلی‌گرم بر لیتر تأیید شد (سوکیاس و نگویان، ۲۰۰۲). شارپلی و همکاران (۲۰۰۳) پشنهاد کردند که غلظت فسفر در آب دریاچه اگر بالاتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر باشد، معمولاً باعث تسریع غنی‌شدن می‌گردد. البته باید اشاره کرد که میزان غلظت فسفر در آب برای تعیین غلظت آستانه، بستگی به منطقه مورد بررسی نیز دارد.



شکل ۱- تغییرات فصلی الف) فسفر کل، ب) فسفر محلول، و ج) فسفر چسبیده به ذرات در حوضه‌های مورد مطالعه

در شکل ۱-ج تغییرات فصلی فسفر چسبیده به ذرات خاک در حوضه‌های مورد مطالعه آمده است. بیش‌ترین مقدار فسفر چسبیده به ذرات مربوط به منطقه سنگر است (۰/۱۰۶ میلی گرم در لیتر). حدود ۳۱/۴۵ درصد اراضی منطقه سنگر کاربری زراعی داشته و حدود ۸ درصد نیز دارای کاربری شهری و روستایی است. به دلیل وجود کاربری زراعی در این منطقه زهکش‌های زیادی وجود داشته که وارد رودخانه‌ی اصلی شده است و باعث کاهش کیفیت آب می‌گردد. علاوه بر زهکش‌ها، در مناطق شهری و

روستایی نیز ورود فاضلاب‌های خانگی باعث آلودگی آب می‌شود. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که نوع کاربری اراضی فقط بر روی مقدار فسفر تأثیر گذار نیست بلکه بر روی شکل فسفر نیز تأثیر بسزایی دارد. فسفر محلول خروجی از زمین‌های کشاورزی بیش‌تر به محتوای فسفر خاک بستگی دارد. زمان به کار بردن کودهای شیمیایی و دامی نیز نقش مهمی در خروج فسفر از این مناطق بازی می‌کند (شارپلی و همکاران، ۱۹۹۲). زیاد بودن فسفر در اراضی چای‌کاری (لیلاکوه) را می‌توان به وجود ماده آلی بالا و مصرف کودهای شیمیایی ارتباط داد. کودهای دامی و شیمیایی حاوی مقدار زیادی فسفر قابل حل هستند و می‌تواند غلظت این عنصر را به صد برابر حد طبیعی خود برساند (لوری و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین یکی دیگر از دلایل زیاد بودن فسفر در حوضه‌ی لیلاکوه را می‌توان به توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و میانگین بارندگی بالای آن نسبت داد. شواهد نشان داده است که بیش‌ترین فسفر خروجی از زمین‌های کشاورزی مناطق مرطوب و مناطق مرتفع است (گبورک و شارپلی، ۱۹۹۸). این مناطق در واقع مناطق بحرانی برای آزاد کردن فسفر به درون جریانات سطحی و زیرسطحی می‌باشند (نیدلمن، ۲۰۰۱). جلالی و همکاران (۲۰۱۴) در آبخیز تیلن رود واقع در استان مازندران نشان دادند که میانگین فسفر خروجی در سه ماه تابستان معادل ۰/۱۰۴ میلی‌گرم در لیتر با ضریب تغییرات ۱۱۲/۹ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داده است که خروجی فسفر تابعی از تغییرات زمانی و مکانی می‌باشد. تغییرات مکانی عمدتا تابعی از کاربری و نوع مدیریت موجود در منطقه است. تغییرات زمانی فسفر نیز تابعی از نوع پوشش گیاهی است و با تغییر فصول پوشش گیاهی دچار تغییرات اساسی می‌شود، بنابراین میزان فرسایش و انتقال ذرات متفاوت خواهد بود. یکی دیگر از دلایل تغییرات زمانی در خروجی فسفر می‌تواند ناشی از زمان مصرف کود توسط کشاورزان باشد. عمدتاً بعد از مصرف کودهای فسفره در فصول بعدی آن میزان خروجی فسفر نیز افزایش پیدا می‌کند. شکل فسفر خروجی عمدتا تابعی از ویژگی‌های منطقه است و همان‌گونه که نتایج نشان داده است میزان خروجی فسفر محلول نسبت به فسفر چسبیده به ذرات در حوضه‌های جوکلبندان، سراوان، سیاهرود و لیلاکوه بیشتر بوده است. اما در مناطق کمسار، سنگر و دیوشل میزان خروجی بیش‌تر به صورت چسبیده به ذرات بوده است. به طور کلی نتایج نشان داده است که خروجی فسفر از حوضه‌های مورد مطالعه می‌تواند سبب پدیده نامطلوب غنی‌شدن شود.

منابع

Daly K., Jeffrey D. and Tunney H. 2001. The effect of soil type on phosphorus sorption capacity and desorption dynamics in Irish grassland soils. Journal of Soil Use Management, 17:12–20.

Foy R.H. and Withers P.J.A. 1998. The contribution of agricultural phosphorus to eutrophication. In: Proceedings of the Fertilizer Society, Vol. 365. Greenhill House, Thorpe Wood, Peterborough, UK.

Gburek W.J. and Sharpley A.N. 1998. Hydrologic controls on phosphorus loss from upland agricultural watersheds. Environmental Quality Journal, 27: 267–277.

Jalai P., Vafakhah M. and Javadi M.R. 2014. Review changes to suspended sediment, phosphorus and organic matter flowing river (Tilenroud). Journal of natural ecosystems Iran. 5(3)103-113.

Klein G. and Perera P. 2002. Eutrophication and Health. Environment Quality and Natural Resources European Commission. Luxembourg. L-2985.

Lory J.A. 1995. Agriculture phosphorus and water quality. Department of Agronomy and Commercial Agriculture Program. Published by MU Extension, university of Missouri Columbia.

Needelman B.A., Gburek W.J., Sharpley A.N. and Petersen G.W. 2001. Environmental Management of Soil Phosphorus: Modeling Spatial Variability in Small Fields. Soil Science Society of America Journal, 65: 1516–1522.

Neguyen L. and Sukias J. 2002. Phosphorus fractions and retention in drainage dich sediments receiving surface runoff and subsurface drainage from agricultural catchments in the North Island, New Zealand. Agri. Eco. Environ. 92:49-69.

Richardson A.E., Lynch J.P., Ryan P.R., Delhaize E., Smith F.A., Smith S.E., Harvey P.R., Ryan M.H., Veneklaas E.J.,Lambers H., Oberson A., Culvenor R.A. and Simpson R.J. 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. Plant Soil. 349: 121–156.

Schwemm A., Pasker R., Clayton M. and Brown E. 2004. Phosphorus Sorption by Sediments from Wetlands in the Cedar River Watershed. Journal American Journal of Undergraduate Research, 5(3): 21-28

Sharpley A.N., Daniel T.T. and Sims J. 2003. Agricultural Phosphorus and Eutrophication. 2th ed. United States Department of Agriculture, ARS–149.

Sharpley A.N., Smith S.J. and Jones O.R. 1992. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. Environ. Qual. J. 21: 30–35.

Sheklabadi M., Mahmoudzadeh H., Mahboubi A.A., Gharabaghi B. and Ahrens B. 2014. Land use effects on phosphorus sequestration in soil aggregates in western Iran. Journal of Environmental Monitoring and Assessment186:6493–6503.

Smith C.M., Wilcock R.J., Vant W.N., Smith D.G. and Cooper A.B. 1993. Towards sustainable agriculture: Freshwater quality in New Zealand and the influence of agriculture. MAF Policy Technical Paper 93/10. New Zealand, Wellington, Pp 208.

Stutter M.I., Charles A.Sh., Timothy S.G., Martin S.A.B., Liz D., Roland B., Regina L.M., Alan E.R., Leo M.C. and Philip M.H. 2015. Land use and soil factors affecting accumulation of phosphorus species in temperate soils. Geoderma 257–258.

Sutton J.D., Bagdon J., Bernard J., Brady S., Burgan B. and Carriker N. 1997.Water Quality and Agriculture. NRCS and USDA, Working Paper, No: 16.

Tarolli P. and Sofia G. 2016. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. Geomorphology, 255:140–161.

Villa A., Djodjic F. and Bergstrom L. 2014. Soil dispersion tests combined with topographical information can describe field-scale sediment and phosphorus losses, Soil Use Manage, 30: 342–350.

Winter J.G. and Duthie H.C. 2000. Export coefficient modeling to assess phosphorus loading in urban watersheds. Journal American Water Resources Association, 36: 1053-1061.

Wood C.W., Mullins G.L. and Hajek B.F. 2005. Phosphorus in Agriculture. Soil Quality Institute Technical Pamphlet, No. 2.

Investigation of seasonal variation of phosphorus contamination in some watersheds in Guilan province

H. Asadi[1], E. Ebrahimi[2], and V. Latifi[3]

1-Associate Professor, Soil Science department, University of Tehran; 2,3- PhD and graduate Students, Soil Science department, University of Guilan

Abstract

Excessive use of fertilizers leads to soil phosphors increase, while additional soil phosphors can be washed away from soil due to erosion leading to water contamination and the phenomenon of eutrophication. To conduct this research, seasonal sampling was carried out from the outlet of watersheds of Leylakooh, Siahroud, Komsar, Divshel, Jokalbandan, Sangar and Saravan in Guilan Province during four seasons. Total, water-soluble and particulate-bound phosphors were measured in the samples. The results showed spatial and temporal variations in outflow phosphorous. The phosphorous pollution increased during the season with high rainfall and poor vegetation cover. The watersheds of forest land use showed low phosphorous outflow, while greater amount of phosphorous was observed in the watersheds under agricultural and residential uses. In general, the results demonstrated that phosphorous pollution was higher than permissible limit in most areas of the province.

Keywords: Eutrophication, soil erosion, land use, Gravelius