

تأثیر نوسانات هیدرولوژیکی بر غلظت مواد مغذی آب‌های ورودی به دریاچه زریوار

شیرکو ابراهیمی محمدی^۱، سید حمیدرضا صادقی^{۲*} و کامران چپی^۲

^۱ دانش‌آموخته دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، ^۲ استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران و ^۳ استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۷

چکیده

در این پژوهش، ضمن بررسی تغییرات فصلی دبی و غلظت نیتریت، نیترات، آمونیوم، اورتوفسفات و پتاسیم محلول، تغییرات غلظت این مواد در آب پایه و رواناب ناشی از بارش نیز در آبراهه‌های فصلی و دائمی ورودی به دریاچه زریوار مطالعه شد. بررسی داده‌ها حکایت از تغییرات زیاد دبی در فصل بهار نسبت به دیگر فصول به دلیل وقوع بارش‌های مکرر و وقوع بیشینه‌های دبی در این فصل داشت. با وجود تفاوت‌های رفتاری ورودی‌های مختلف به دریاچه و همچنین، ماهیت متفاوت مواد مغذی، در مجموع غلظت مواد مغذی دارای تفاوت‌های فصلی معنی‌دار بودند، به طوری که بیشینه غلظت‌ها و بیشترین تغییرات غلظت نیتریت، نیترات، اورتوفسفات محلول و آمونیوم در فصل تابستان مشاهده شد. تحلیل نتایج بررسی تغییرپذیری غلظت مواد مغذی در طول و بین وقایع بارشی بیان‌گر تفاوت‌های معنی-دار نیتریت و نیترات در طول و بین وقایع بارشی با سطوح معنی‌داری صفر و ۰/۰۱۸ بود، به طوری که بیشترین تغییرات و بیشینه غلظت‌های نیتریت و نیترات به دلیل اثر رقیق‌سازی در طول رگبارها، عدم جذب به‌وسیله ذرات خاک و در نتیجه عدم تجمع آن در آبخیز و حمل به‌وسیله آب زیرزمینی، در آب پایه مشاهده شد. بیشینه غلظت‌های اورتوفسفات محلول در نقاط ۱ و ۲ در آب پایه و در نقاط ۳ و ۴ در طی رگبارها ثبت شد. در مجموع، تغییرات معنی‌داری بین غلظت مواد مغذی به‌جز پتاسیم در طول و بین وقایع بارشی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آبراهه‌های فصلی و دائمی، تغییرات فصلی، جریان پایه، رگبار، مریوان

مقدمه

سهولت فرسایش و هدررفت بیشتر مواد مغذی به شکل‌های مختلف است (Anderson, ۱۹۸۸). حمل مواد مغذی به‌وسیله رواناب به شکل‌های مختلف محلول، ذره‌ای^۲، آلی و معدنی به خروجی آبخیز، یکی از مهمترین دلایل کاهش کیفیت سامانه‌های آبی است. در دهه‌های اخیر، مقادیر زیاد مواد مغذی در

فرسایش خاک، منجر به هدررفت مواد مغذی^۱ و کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود. برآیند کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش پوشش گیاهی است که باعث ایجاد بازخورد منفی در زیست‌بوم شده که همانا

* مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

^۱ Nutrients

^۲ Particulate

برخوردار است (Buda و DeWalle، ۲۰۰۹). اگرچه انتقال مواد مغذی به ویژگی‌های آبخیز و تأثیر آن‌ها بر فرایندهای هیدرولوژیک وابسته است (Cirimo و McDonnell، ۱۹۹۷)، اما چگونگی حمل این مواد به وسیله پاسخ‌های هیدرولوژیک در مقیاس مکانی حوزه آبخیز و مقیاس زمانی وقایع سیلابی هنوز ناشناخته است (Ramos و همکاران، ۲۰۱۵). به‌طوری که پژوهش‌های مختلف در مورد نحوه انتقال مواد مغذی مشخص، بعضاً نتایج متفاوتی را به‌دنبال داشته‌اند. به‌عنوان نمونه نتایج پژوهش Kato و همکاران (۲۰۰۸)، Blanco و همکاران (۲۰۱۰)، Oeurng و همکاران (۲۰۱۰)، Zhu و همکاران (۲۰۱۰) و Abell (۲۰۱۳) حاکی از حمل نیترات به‌وسیله آب پایه و فسفر محلول و آمونیوم مانند مواد مغذی ذره‌ای از طریق آزاد شدن از ذرات خاک صورت گرفت. اما به‌عنوان نمونه، بر اساس نتایج پژوهش Rodríguez-Blanco و همکاران (۲۰۱۳) فسفر محلول به‌وسیله آب‌های زیرسطحی حمل می‌شود. بر همین اساس، جمع‌آوری داده‌های منظم دبی و غلظت مواد مغذی در طول وقایع بارشی منجر به رواناب، برای درک تغییرات غلظت مواد مغذی در شرایط مختلف هیدرولوژیک و همچنین، عوامل تأثیرگذار بر فرایند حمل، ضروری است. جمع‌بندی سوابق پژوهش دلالت بر تغییرپذیری غلظت مواد مغذی در فصول مختلف و همچنین، شرایط متفاوت هیدرولوژیکی از جمله آب پایه و رواناب ناشی از رگبار در زمان‌ها و مکان‌های مختلف حوزه آبخیز بوده که خود ضرورت انجام پژوهش‌های جامع در این زمینه را توجیه می‌کند. لذا، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات فصلی غلظت مواد مغذی محلول در آب پایه آبراهه‌های اصلی ورودی به دریاچه زریوار و همچنین، بررسی تغییرات غلظت مواد مغذی در طول و بین وقایع بارشی سال ۱۳۹۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها

انتخاب منطقه: پس از بررسی‌های به‌عمل آمده، حوزه آبخیز دریاچه زریوار با مساحت ۱۹۴۳۶ هکتار در مجاورت شهرستان مریوان در استان کردستان به دلیل اهمیت اکولوژیک از لحاظ انباشتگی مواد مغذی،

رودخانه‌های واقع در حوزه‌های آبخیز با کاربری وسیع کشاورزی، به یکی از مشکلات محیط زیستی جهان تبدیل شده است (Haag و Kaupenjohann، ۲۰۰۱)؛ Blanco و همکاران، (۲۰۱۰). غلظت‌های بالای مواد مغذی در آب‌های سطحی نقش مهمی در افزایش جلبک‌ها و در نتیجه غنی‌شدگی^۱ دارد (Heathwaite و همکاران، ۱۹۹۶؛ Garnier و همکاران، ۱۹۹۵؛ Sharpley و همکاران، ۲۰۰۳).

استفاده مفرط از کودهای کشاورزی (Cirimo و McDonnell، ۱۹۹۷؛ Jordan و همکاران، ۱۹۹۷؛ Badruzzaman و همکاران، ۲۰۱۲) و فاضلاب‌های روستایی (Gouze و همکاران، ۲۰۰۸) از بزرگ‌ترین منابع ورود مواد مغذی به سامانه‌های آب شیرین هستند. از طرفی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بین مواد مغذی مختلف بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب دارند. حمل نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌صورت محلول و یا ذره‌ای رابط کلیدی بین زیست‌بوم‌های خاکی و آبی است که وضعیت تغذیه‌ای آب‌های پذیرنده را کنترل می‌کند و به‌عنوان پاسخی در مقابل فعالیت‌های مدیریت اراضی است (Likens و Bormann، ۱۹۷۴). اصولاً غلظت ترکیبات ممکن است با میزان جریان تغییر کند. به‌طور کلی، رابطه بین غلظت مواد مغذی و دبی بایستی رابطه‌ای هذلولی^۲ باشد. اما اگر تعداد داده کافی در دسترس نباشد، یا این دو متغیر به‌درستی اندازه‌گیری نشده باشند، چنین رابطه‌ای برقرار نخواهد شد و در مواردی تنها یک رابطه خطی مد نظر قرار خواهد گرفت (Golterman، ۲۰۰۴).

وجود داده‌های بلندمدت غلظت مواد مغذی برای متخصصین محیط زیست و مدیران آبخیزها امکان تجزیه و تحلیل میزان ورود آن‌ها به منابع آب، بررسی روند و رفتار آن‌ها، ارزیابی اقدامات حفاظتی و اصلاحی گذشته و اتخاذ تصمیمات موثر در خصوص مهار مواد مغذی در آینده را فراهم می‌کند (Burt، ۲۰۰۳). به دلیل اضافه شدن منابع آب جدید، طی وقایع سیلابی و در نتیجه فعال‌شدن و انتقال منابع مختلف مواد مغذی در حوزه آبخیز، بررسی دوره‌های فعال هیدرولوژیک به‌ویژه سیلاب‌ها از اهمیت خاصی

^۱ Eutrophication

^۲ Hyperbole

خورد. این اراضی جنگلی به دلیل شرایط بهره‌برداری نادرست، خاک، سازند و توپوگرافی در برخی دامنه‌ها بسیار تنک شده، بیشترین تراکم آن‌ها در ارتفاعات جنوب غرب، غرب و شمال غرب دیده می‌شود. در سرتاسر محدوده مطالعاتی حدود نه روستای مهم دره-تفی، پیرصفا، کانی سپیلکه، ینگجه، برده‌رشه، کانی-میران، محمده، سیف‌پایین و کولان وجود دارد که همگی پیرامون دریاچه و در دامنه ارتفاعات، به‌طور تقریباً یکنواخت پراکنده شده‌اند. شکل ۱، موقعیت و وضعیت حوزه آبخیز دریاچه زریوار را نشان می‌دهد. بر اساس روش آمبرژه، اقلیم منطقه مورد مطالعه نیمه-خشک سرد می‌باشد. منطقه دارای دوره مرطوب طولانی بوده که از اوایل مهر ماه آغاز و در فصل زمستان به اوج و پس از آن کاهش یافته، در اواسط خرداد ماه به پایان می‌رسد. همچنین، دوره خشکی در این منطقه از اواسط خرداد شروع شده، تا اوایل مهر ماه ادامه دارد ولی شدت دوره خشکی در منطقه نسبتاً پایین است. برای تعیین میزان بارندگی و همچنین، باران‌نمودهای منطقه از آمار ایستگاه سینوپتیک میوان واقع در داخل حوزه آبخیز استفاده شد. متوسط بارش سالیانه منطقه بر اساس دوره آماری ۲۰ ساله از ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱، ۹۰۴/۸ میلی‌متر است که بیشینه آن مربوط به فروردین با متوسط ۱۲۴/۸ میلی‌متر است. دمای متوسط سالانه منطقه ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر از تشتک ایستگاه سینوپتیک میوان، ۱۶۷۶ میلی‌متر در سال می‌باشد. سردترین ماه سال دی با متوسط کمینه دمای ۱۳/۹- درجه سانتی‌گراد و گرم‌ترین ماه سال مرداد با متوسط بیشینه دمای ۳۸/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. رطوبت نسبی متوسط سالانه ۵۴/۹ درصد، متوسط تعداد روزهای یخبندان ۹۶ روز و ضریب برف متوسط سالانه ۲۵/۸ درصد است.

روش پژوهش: دریاچه زریوار دارای یک ورودی دائمی، دو ورودی فصلی و چهار ورودی موقت است که در این پژوهش، چهار نقطه نمونه‌برداری به شرح نمایش داده شده در شکل ۱، روی ورودهای دائمی و فصلی انتخاب شد. به‌طوری که نقاط ۱ و ۲ در غرب حوضه به ترتیب در بالادست و پایین‌دست روستای دره‌تفی انتخاب شدند. با توجه به این‌که رودخانه

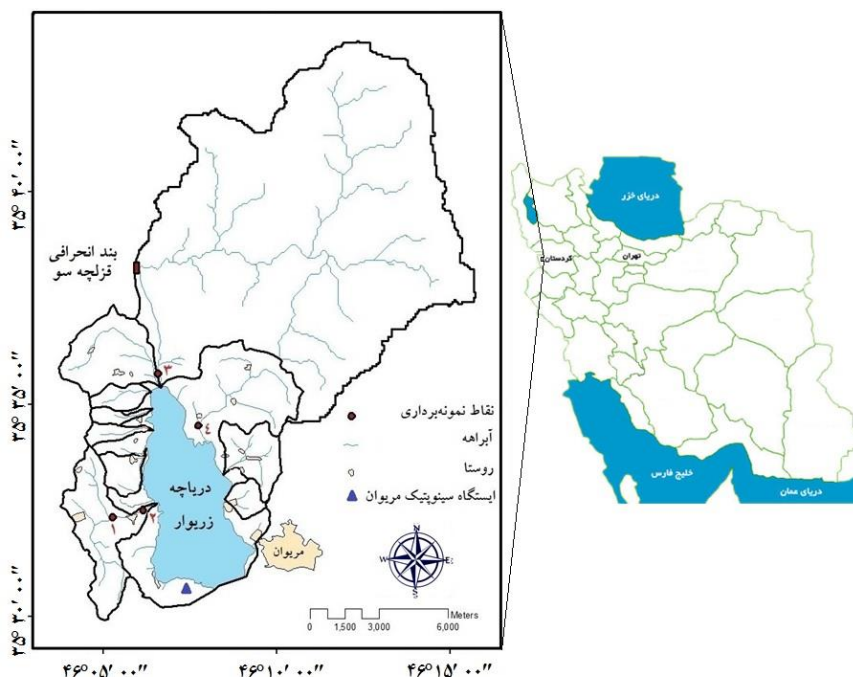
امکان نمونه‌برداری رواناب و رسوب به‌وسیله افراد قابل اعتماد و آموزش دیده ساکن روستاهای دور تا دور دریاچه، دسترسی آسان در کم‌ترین زمان ممکن به آبراهه‌های اصلی ورودی به دریاچه و نیز انجام پژوهش‌های زمینه‌ای، برای انجام این پژوهش انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه شامل یک حوزه آبخیز تقریباً داخلی است که زهکش ارتفاعات اطراف وارد دریاچه-ای در مرکز به نام زریوار شده و در مواردی که حجم آب ورودی بیشتر از ظرفیت دریاچه شود، به‌طور طبیعی شروع به تخلیه رواناب مازاد از قسمت جنوبی آبخیز می‌نماید.

دریاچه زریوار به‌عنوان یکی از مناطق اکولوژیک منحصر به‌فرد جهان، با سطحی معادل ۲۴۴۱/۱ هکتار و محیطی برابر با ۲۷/۱ کیلومتر در بخش مرکزی آبخیز با امتداد تقریباً شمالی-جنوبی قرار گرفته که طول آن حدود ۸۵۹۰ متر و عرض آن در قسمت مرکزی دریاچه در حدود ۲۵۵۶ متر برآورد شده است. دریاچه به سه بخش عمده از داخل به خارج و به-صورت سطح آبی، در مرکز با مساحت ۹۱۱/۷ هکتار، سطح نیزار و چمن‌زارها با مساحت ۹۳۶/۹ هکتار و اراضی مرطوب و باتلاقی، در بخش بیرونی با مساحت ۵۹۲/۵ هکتار، تقسیم‌بندی می‌شود. در نگاه کلی به آبخیز، از دریاچه به سمت ارتفاعات، اراضی زراعی به-خصوص به‌دلیل وجود اراضی مسطح با خاک عمیق و مناسب، گسترش یافته‌اند. این اراضی در مناطق مسطح‌تر به‌دلیل دسترسی به آب دریاچه، به‌صورت آبی و در مناطق دیگر به‌سمت دامنه ارتفاعات، به‌دلیل ریزش‌های جوی مناسب در منطقه، به‌صورت دیم مورد کشت قرار گرفته‌اند. به‌دلیل حجم ریزش‌های جوی مناسب در منطقه، تفکیک مرز زراعت آبی و دیم تا حدودی مشکل است، ولی حدود آن تقریباً محدود به جاده آسفالتی پیرامون دریاچه است. بدین شکل که تقریباً تمام اراضی واقع بین جاده دسترسی پیرامون دریاچه و سطح دریاچه، زیر کشت آبی و بقیه با اندکی اختلاف به‌صورت دیم مورد کشت و کار قرار می‌گیرند. ارتفاعات منطقه پوشیده از درختان جنگلی بلوط ایرانی^۱ است که با تراکم‌های متفاوت به چشم می

^۱ Quercus brantii

شرق حوضه روی آبراه‌های که مستقیماً به دریاچه می‌ریزد، انتخاب شد. ضمناً برای رعایت نکات لازم برای نمونه‌برداری از قبیل دسترسی آسان به نقاط نمونه‌برداری و همچنین، محاسبه دبی در مقاطع ثابت، نقطه ۱ روی سرریز یک سد رسوب‌گیر قدیمی و دیگر نقاط در محل پل‌ها، روی جاده اصلی قرار گرفته است.

دائمی از وسط روستا عبور می‌کند، رسوبات در فصل بارش و نیز فاضلاب قسمت اعظمی از خانه‌های روستایی مستقیماً به دریاچه منتقل می‌شود. نقطه نمونه‌برداری ۳ در بخش شمالی حوضه روی کانال جدا شده از بند انحرافی قزله‌سو انتخاب شد. این کانال، رواناب فصلی یک حوزه آبخیز بزرگ شامل چندین روستا را به دریاچه می‌ریزد. نقطه نمونه‌برداری ۴ در



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز دریاچه زریوار در استان کردستان و ایران و نقاط نمونه‌برداری

همچنین، نمونه‌های متوالی با فاصله زمانی یک ساعت در روزهای بارشی جمع‌آوری شدند. برای دستیابی به داده‌های بارش منطقه، از داده‌های باران‌نگار ایستگاه سینوپتیک مریوان مستقر در داخل حوزه آبخیز دریاچه زریوار استفاده شد. در مواقع رگباری، نمونه‌برداری و ثبت دبی به محض کسب اطلاع از وقوع سیلاب و یا پیش‌بینی‌های سازمان هواشناسی کشور، آغاز و تا پایان رگبار و قطع رواناب در ورودی‌های فصلی و رسیدن ارتفاع جریان آبراهه دائمی به ارتفاع اولیه قبل از رگبار، ادامه یافت.

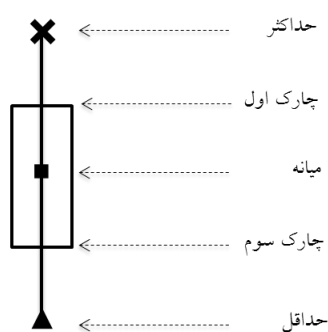
$$Q=1.7Lh^{1.5} \quad (1)$$

که در آن، Q دبی مقطع (متر مکعب بر ثانیه)، L عرض مقطع (متر) و h ارتفاع آب روی سرریز (متر) می‌باشد.

جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز: اطلاعات

مورد نیاز در این پژوهش، شامل داده‌های بارش منطقه، دبی آب و غلظت مواد مغذی محلول (نیتريت، نترات، آمونیوم، اورتوفسفات و پتاسیم) آبراهه‌های دائمی و فصلی ورودی به دریاچه زریوار بود که در مقیاس روزانه و وقایع رگباری تهیه و جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از ابتدای فروردین ۱۳۹۰ شروع و تا اردیبهشت ۱۳۹۱ به صورت روزانه و طی رگبارهای اتفاق افتاده، در دوره پژوهش انجام پذیرفت. در چهار نقطه نمونه‌برداری، دبی با برداشت ارتفاع آب در هر بار نمونه‌برداری و با استفاده از قوانین حاکم بر سرریز لبه‌پهن سیمانی (May و همکاران، ۲۰۰۳) بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد. نمونه‌های رواناب در آبراهه‌ها به وسیله ظروف پلاستیکی یک لیتری به صورت یک‌بار در روز در ساعت ۱۰ صبح در زمان‌های دارای رواناب و

Mann-Whitney انجام پذیرفت. تغییرپذیری غلظت مواد مغذی در طول و بین وقایع بارشی به‌وسیله آزمون Mann-Whitney مورد سنجش قرار گرفت. از نمودار جعبه‌ای^۶ به‌منظور نمایش و تحلیل بیشتر در زمینه بررسی تغییرات فصلی و تغییرپذیری دبی و غلظت مواد مغذی استفاده شد. این نمودار با دارا بودن یک شاخص مرکزی (میانه)، دو شاخص پراکندگی (دامنه تغییرات و اختلاف چارک اول و سوم) و چولگی (انحراف میانه نسبت به چارک‌ها) یکی از مهمترین نمودارها برای مقایسه دو یا چند جامعه آماری است (Daly و همکاران، ۱۹۹۵) و به‌وسیله محققین مختلف به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی رواناب و مواد مغذی مورد استفاده قرار گرفته است (Bartley و Speirs، ۲۰۱۰؛ Chiew و Scanlon، ۲۰۰۲؛ King و همکاران، ۲۰۰۷؛ Rodríguez-Blanco و همکاران، ۲۰۱۳). اجزای نمودار جعبه‌ای مورد استفاده در این پژوهش، یکسان و به شرح شکل ۲ است. به‌منظور بررسی میزان ارتباط بین دبی و مواد مغذی محلول از لحاظ وجود یا عدم وجود رابطه معنی‌دار با لحاظ فرضیات آماری لازم از جمله نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس‌ها به‌وسیله آزمون Levene، از ضریب همبستگی پیرسون و برای بررسی نوع ارتباط آن‌ها از انواع مهم و مختلف رگرسیون، استفاده شد.



شکل ۲- اجزای نمودار جعبه‌ای مورد استفاده در این پژوهش

نتایج و بحث

نتایج بررسی وضعیت بارش: با تحلیل داده‌های ماهانه بارش ایستگاه سینوپتیک مریوان، ارتفاع بارش

با توجه به دائمی بودن رودخانه دره‌تفی، در طول دوره نمونه‌برداری (ابتدای فروردین ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱)، از هر یک از نقاط ۱ و ۲ نمونه-برداری ۴۲۷ نمونه رواناب برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. حال آن‌که با توجه به فصلی بودن نقاط نمونه‌برداری ۳ و ۴ و جاری شدن رواناب در بخشی از سال در آن‌ها (از ابتدای فروردین ۱۳۹۰ تا ۲۱ خرداد ۱۳۹۰ و همچنین، ۱۴ بهمن ۱۳۹۰ تا آخر اردیبهشت ۱۳۹۱ در مورد نقطه ۳ و از ابتدای فروردین ۱۳۹۰ تا ۱۰ خرداد ۱۳۹۰ و همچنین، ۱۴ بهمن ۱۳۹۰ تا آخر اردیبهشت ۱۳۹۱ در مورد نقطه ۴) به‌ترتیب در نقاط ۳ و ۴ نمونه‌برداری تعداد ۱۹۰ و ۱۷۹ نمونه رواناب جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. برای حفظ ویژگی‌های نمونه‌ها طی انتقال به آزمایشگاه از اضافه نمودن هشت میلی‌لیتر اسید سولفوریک چهار نرمال و رساندن pH نمونه‌ها به دو و همچنین، نگهداری نمونه‌ها در دمای کمتر از چهار درجه سانتی‌گراد استفاده شد. با این روش، نیتريت، نیترات و فسفات تا ۴۸ ساعت، فسفر کل تا ۲۸ روز و آمونیوم تا هفت روز حفاظت شد (Zhang, ۲۰۰۷). بعد از نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، برای حذف رسوبات و تفکیک فاز محلول مواد مغذی از ذره‌ای، نمونه‌های رواناب از کاغذ صافی واتمن^۱ شماره ۴۲ عبور داده شدند. میزان نیتريت (-NO₂) در طول موج ۵۴۳ نانومتر، نیترات (-NO₃) در طول موج ۲۲۰ نانومتر، آمونیوم (NH₄⁺) در طول موج ۶۴۰ نانومتر و اورتوفسفات محلول^۲ (PO₄-3) در طول موج ۸۸۰ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر^۳ مدل Uvi Light & UVIKON XL/XS و میزان پتاسیم (K) در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر به‌وسیله نوریسنج شعله‌ای^۴ مدل BWB-XP اندازه‌گیری شدند (APHA, ۲۰۰۵).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: بررسی تغییرات فصلی دبی و غلظت مواد مغذی در صورت نرمال بودن داده‌ها، به-کمک آزمون t مستقل^۵ و در غیر این صورت، آزمون

^۱ Whatman

^۲ Dissolved orthophosphate or filterable reactive phosphorus

^۳ Spectrophotometer

^۴ Flame photometer

^۵ Independent sample t-test

^۶ Box plot or box and whisker diagram

حاکی از وقوع بیشینه شدت‌های بارش (۶۰ میلی‌متر در ساعت به‌ترتیب در بارش‌های ۱۳۹۰/۲/۱ و ۱۳۹۱/۱/۸) و وقفه‌های بارشی (۱۶ و ۱۵ ساعته به ترتیب در بارش‌های ۱۳۹۰/۲/۱ و ۱۳۹۰/۲/۶) در بارش‌های بهاره بود که ناشی از طبیعت بارش‌های این فصل بود (جدول ۲). جدول ۳ میزان رواناب تولید شده در نقاط نمونه‌برداری طی هشت بارش اتفاق افتاده در دوره پژوهش را نشان می‌دهد.

سال ۱۳۹۰، ۸۶۲ میلی‌متر محاسبه شد که نشان‌گر شرایط متوسط از منطقه با بارندگی متوسط سالانه $904/8 \pm 195$ میلی‌متر می‌باشد. ۶۰ درصد بارش سال ۱۳۹۰ مربوط به ریزش‌های فصل زمستان بود. ریزش حدود ۱۰۰ میلی‌متر برف در زمستان و میانگین دمای $1/67$ درجه سانتی‌گراد در این فصل حاکی از تأثیر هم‌زمان بارش باران و ذوب برف بر جریان در این دوره بود (جدول ۱). بررسی باران‌نگارهای هشت بارش منجر به تولید رواناب ایستگاه سینوپتیک مریوان نیز،

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های بارش و دمای فصلی منطقه طی دوره پژوهش (منبع: سایت اداره کل هواشناسی استان کردستان www.kurdistanmet.ir)

فصل	مجموع بارش (میلی‌متر)	تعداد روزهای بارندگی	تعداد روزهای یخبندان	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)
بهار	۲۱۹/۷	۲۹	۶	۱۵/۴۳
تابستان	۵/۷	۱	۰	۲۴/۰۳
پاییز	۱۱۵/۷	۱۷	۴۷	۸/۸۶
زمستان	۵۲۰/۹	۴۷	۷۰	۱/۶۷
کل	۸۶۲	۹۴	۱۲۳	۱۲/۵ *

* متوسط درجه حرارت سالانه در طول سال ۱۳۹۰

جدول ۲- خصوصیات رگبارهای اتفاق افتاده منجر به تولید رواناب طی دوره پژوهش

ردیف	تاریخ بارش	مدت بارش (ساعت)	وقفه‌های بارشی (ساعت)	ارتفاع بارش (میلی‌متر)	شدت متوسط (میلی‌متر در ساعت)	بیشینه شدت در پایه زمانی پنج دقیقه (میلی‌متر در ساعت)
۱	۱۳۹۰/۱۱/۲۰	۲۰	۵	۱۲/۳	۰/۶۲	۳۶
۲	۱۳۹۰/۱۱/۲۳	۲۹	۸	۲۰/۹	۰/۷۲	۲۶/۴
۳	۱۳۹۰/۲/۱	۵۰	۱۶	۵۹/۳	۱/۱۹	۶۰
۴	۱۳۹۰/۲/۶	۲۵	۱۵	۱۹/۵	۰/۷۸	۵۶/۴
۵	۱۳۹۰/۲/۱۱	۱۷	۹	۱۰/۵	۰/۶۲	۵۵/۲
۶	۱۳۹۰/۱۱/۲۷	۳۲	۳	۲۶/۷	۰/۸۳	۳۶/۰
۷	۱۳۹۰/۱۲/۲۶	۵۲	۹	۵۵/۳	۱/۰۶	۳۰/۰
۸	۱۳۹۱/۱/۸	۱۹	۸	۱۶/۰	۰/۸۴	۶۰/۰

($p=0/924$) از لحاظ آماری برابر بود. نتایج نشان داد که دبی فصول بهار، تابستان و زمستان در نقطه نمونه برداری ۲ دارای اختلاف معنی‌دار ($p=0/000$) اما دبی فصول تابستان و پاییز به دلیل انحراف رواناب رودخانه دره‌تفی از ابتدای تابستان تا اواسط پاییز در حدفاصل نقاط ۱ و ۲ برای آبیاری مزارع و در نتیجه تغییرات ناچیز دبی در نقطه ۲، اختلاف معنی‌داری نشان نداد

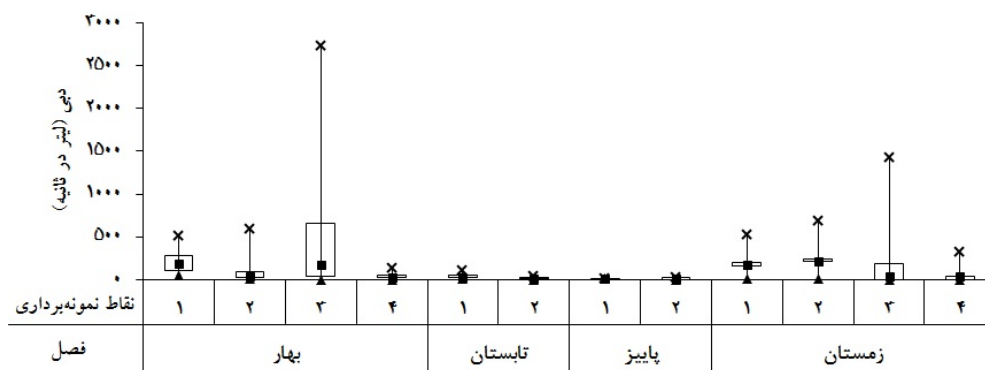
تحلیل تغییرات فصلی دبی و غلظت مواد مغذی محلول آب پایه: نتایج تحلیل تغییرات فصلی دبی هر یک از نقاط نمونه‌برداری بر اساس آزمون Mann-Whitney به دلیل عدم نرمال بودن داده‌ها، حاکمی از عدم تساوی میانگین دبی نقطه نمونه‌برداری ۱، در فصول بهار، تابستان و پاییز ($p=0/000$) است، در حالی که میانگین دبی فصول بهار و زمستان

دبی (شکل ۳)، بیان‌گر تغییرات فراوان دبی در فصل بهار نسبت به دیگر فصول به دلیل وقوع بارش‌های مکرر و همچنین، وقوع بیشینه‌های دبی در این فصل بود.

($p=0/257$). همچنین، نتایج حاکی از عدم تساوی میانگین‌های دبی فصول بهار و زمستان در نقطه ۳ ($p=0/020$) و تساوی میانگین‌ها در نقطه ۴ ($p=0/784$) بود. تحلیل نمودار جعبه‌ای تغییرات فصلی

جدول ۳- میزان رواناب تولید شده (هزار متر مکعب) در نقاط نمونه‌برداری طی بارش‌های مختلف در دوره پژوهش

تاریخ رگبار	نقاط نمونه‌برداری			
	۴	۳	۲	۱
۱۳۹۰/۱/۲۰			۲/۹۴	۵/۳۳
۱۳۹۰/۱/۲۳	۳/۳۶	۱۳۹/۱۳	۷/۸۴	۱۵/۱۲
۱۳۹۰/۲/۱	۳۴/۵۲	۵۲۱/۴۷	۸۵/۴۰	۱۰۴/۷۲
۱۳۹۰/۲/۶	۵/۶۶	۲۳۷/۴۴	۲۰/۳۴	۲۳/۵۰
۱۳۹۰/۲/۱۱	۸/۰۸	۱۶۶/۹۹	۲۳/۰۵	۲۰/۳۳
۱۳۹۰/۱۱/۲۷	۱۱/۳۵	۱۹/۷۸	۳۰/۴۴	۲۱/۵۵
۱۳۹۰/۱۲/۲۶	۲۶/۵۲	۱۵۳/۲۸	۶۶/۳۵	۵۴/۳۵
۱۳۹۱/۱/۱۸	۱۲/۸۲	۱۰۴/۶۷	۲۸/۴۹	۲۰/۵۴
کل	۱۰۲/۳۱	۱۳۴۲/۷۶	۲۶۴/۸۵	۲۶۵/۴۴



شکل ۳- تغییرات فصلی دبی آب پایه نقاط نمونه‌برداری واقع بر آبراه‌های ورودی به دریاچه زریوار طی دوره پژوهش

نتایج آزمون t مستقل به دلیل نرمال بودن داده‌ها، برای بررسی تغییرات فصلی نیتريت آب پایه نقطه نمونه‌برداری ۱، بیان‌گر عدم تساوی میانگین‌ها در تمامی فصول سال ($p=0/000$) و نتایج آزمون Mann-Whitney به علت عدم نرمال بودن داده‌های نیتريت نقطه نمونه‌برداری ۲، نشان‌گر تغییرات معنی‌دار غلظت نیتريت فصل تابستان با دیگر فصول ($p=0/004$) با بهار و ($p=0/000$) با پاییز و زمستان) بود که ناشی از تأثیر منابع آب زیرزمینی و افزایش غلظت نیتريت در تابستان بود (شکل ۴). در حالی‌که غلظت نیتريت در فصول بهار، پاییز و زمستان دارای تغییرات معنی‌دار نبود. به دلیل غیر نرمال بودن داده‌های غلظت نیتريت فصول بهار و زمستان نقاط ۳ و ۴، نتایج آزمون

Mann-Whitney حاکی از عدم تغییرات فصلی معنی‌دار در نقطه ۳ ($p=0/668$) و تغییرات فصلی معنی‌دار در نقطه ۴ ($p=0/031$) بود. نتایج تحلیل تغییرات فصلی نیتريت بر اساس آزمون t مستقل به دلیل نرمال بودن داده‌های نقاط نمونه‌برداری ۱ و ۴ و نرمال‌سازی داده‌های نقاط نمونه‌برداری ۲ و ۳، به صورت مربعیات داده‌ها، حاکی از تغییرات فصلی معنی‌دار غلظت نیتريت در تمامی نقاط نمونه‌برداری بود، به طوری که در نقطه ۱، فصل تابستان و پاییز با $p=0/007$ و پاییز و زمستان با $p=0/001$ و دیگر فصول با $p=0/000$ با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. در نقطه ۲ نیز فصول بهار و زمستان با $p=0/001$ و دیگر فصول با $p=0/000$ با هم اختلاف

مشاهده شد، به طوری که مقایسه غلظت اورتوفسفات محلول در فصول مختلف نشان داد که در نقاط ۱ و ۲ بیشینه غلظت‌ها در بهار و در نقاط ۳ و ۴، در زمستان اتفاق افتاد که دلایل آن، خشک بودن این دو ورودی در تابستان و پاییز، ماهیت ذره‌ای فسفر و تجمع آن در طول دوره خشک و تخلیه همراه با بارش‌های زمستانه و یا ذوب برف بود. بیشینه غلظت‌ها در نقطه نمونه برداری ۲ مشاهده شد که ناشی از ورود فاضلاب روستای دره تفی و تجمع کودهای کشاورزی و فضولات دامی در آبراهه دره تفی بودند. بر اساس نتایج پژوهش های Cloern (۲۰۰۱)، Kato و همکاران (۲۰۰۹)، Blanco و همکاران (۲۰۱۰)، Ramos و همکاران (۲۰۱۵)، فاضلاب روستایی، کودهای کشاورزی و فضولات دامی منابع اصلی فسفر در حوزه‌های آبخیز هستند. همچنین، نتایج بررسی تغییرات فصلی اورتوفسفات محلول حاکی از بیشترین تغییرات در فصل تابستان (دوره خشک) بود که با نتایج Gouze و همکاران (۲۰۰۸) هم‌سو می‌باشد.

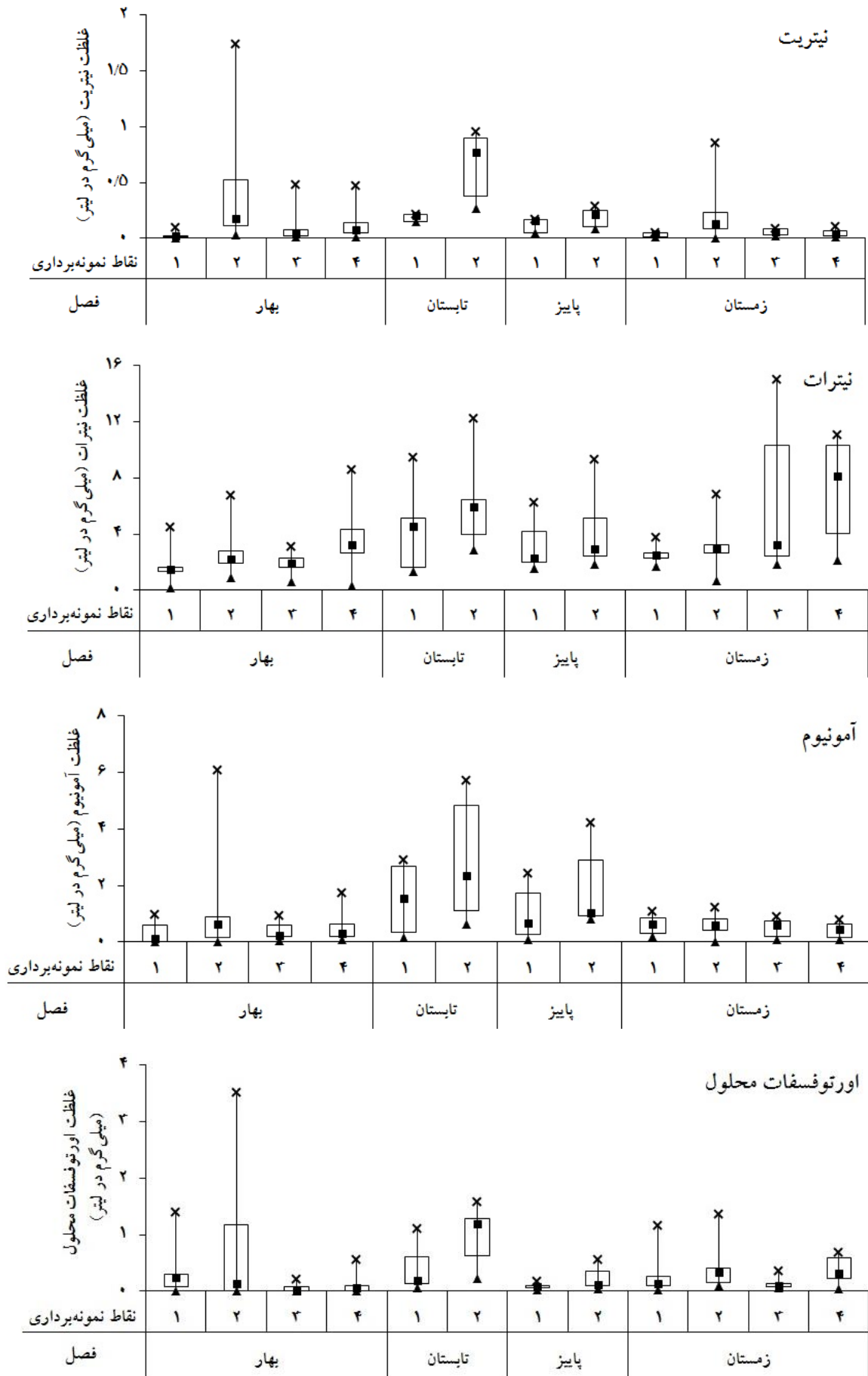
تحلیل نتایج آزمون Mann-Whitney به سبب غیر نرمال بودن داده‌ها، حاکی از تفاوت‌های معنی‌دار غلظت پتاسیم در فصول مختلف بود، به طوری که در نقطه ۱، تنها میانگین غلظت پتاسیم فصول تابستان و پاییز با سطح معنی‌داری ۰/۷۶۱ یکسان و بقیه فصول متفاوت بودند. اما در نقطه ۲ با توجه به تأثیرات انسانی مانند اضافه شدن فاضلاب روستایی و تجمع مازاد فضولات دامی در آبراهه در طول سال، تنها فصل پاییز با فصول تابستان و زمستان با سطوح معنی‌دار به ترتیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۱۷ تفاوت معنی‌دار داشت. در دیگر فصول تفاوت بین میانگین غلظت‌های پتاسیم معنی‌دار نبود. یکسان بودن غلظت پتاسیم در فصول بهار و زمستان در نقطه ۳ با سطح معنی‌داری ۰/۴۸۱ مورد تأیید قرار گرفت، حال آن‌که اختلاف معنی‌دار آن در نقطه ۴ ($p=0/000$) تأیید شد. بیشترین تغییرات غلظت پتاسیم و همچنین، بیشینه غلظت‌های آن نیز در نقاط ۲ و ۴ مشاهده شد (شکل ۴).

معنی‌دار داشتند. اختلاف میانگین‌های غلظت نترات فصول بهار و زمستان در نقاط ۳ و ۴ به ترتیب با سطوح معنی‌دار ۰/۰۰۱ و صفر معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش، در خصوص تغییرات فصلی معنی‌دار غلظت نترات با نتایج Martin و همکاران (۲۰۰۴) و Gouze و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. Martin و همکاران (۲۰۰۴) تغییرات فصلی غلظت نترات را ناشی از چرخه‌های هیدرولوژیک و زیست‌زمین شیمیایی^۱ معرفی کردند. بیشترین تغییرات و بیشینه غلظت‌های نترات در فصل تابستان به دلیل رفتار انحلالی نترات و کم شدن دبی در این فصل و پاییز به دلیل توزیع کودهای ازته مشاهده می‌شود (شکل ۴) که با نتایج Rusjan و همکاران (۲۰۰۸)، Ramos و همکاران (۲۰۱۵) و همچنین، Vogt و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر بیشینه میزان غلظت نترات در تابستان تا اوایل پاییز، به دلیل کودپاشی مزارع و جریان دبی پایه و عدم وقوع بارش هم‌سو می‌باشد.

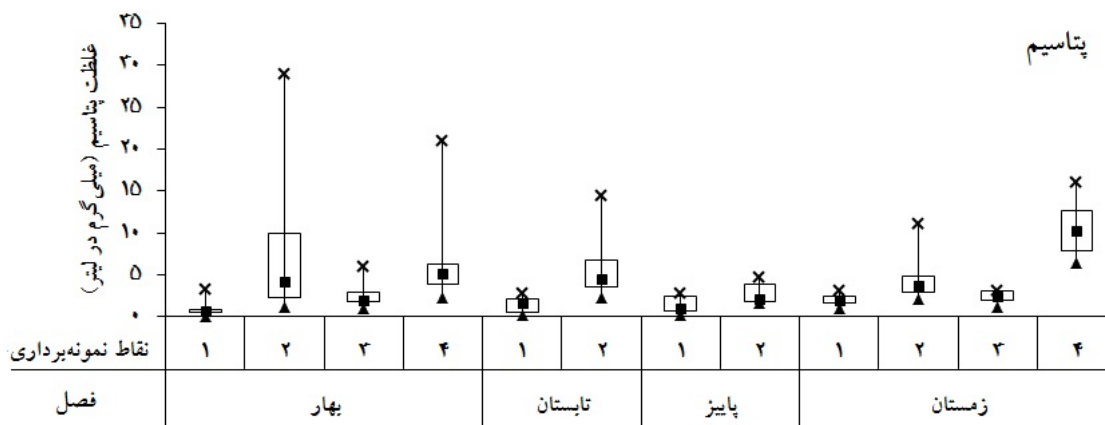
تحلیل تغییرات فصلی آمونیوم با توجه به نتایج آزمون Mann-Whitney به دلیل نرمال نبودن داده‌ها، حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار غلظت آمونیوم نقاط نمونه برداری ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب با سطح معنی‌داری ۰/۵۹۲، ۰/۴۸۴، ۰/۲۶۱ و ۰/۹۰۵ بین فصول بهار و زمستان بود. همچنین، میانگین غلظت آمونیوم در فصول تابستان و پاییز در نقاط نمونه برداری ۱ و ۲ با سطح معنی‌داری به ترتیب ۰/۴۰۸ و ۰/۳۳۶ و همچنین، میانگین غلظت آن در نقطه نمونه برداری ۱ طی فصول پاییز و زمستان با سطح معنی‌داری ۰/۲۴۹ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. اما غلظت‌ها در تابستان با فصول زمستان و بهار دارای تفاوت معنی‌دار بود، به طوری که بیشینه غلظت‌ها و همچنین، بیشینه تغییرات غلظت آمونیوم در تابستان مشاهده شد، در حالی که تغییرات غلظت در دیگر فصول ناچیز بود (شکل ۴).

با توجه به نتایج آزمون t مستقل، به دلیل نرمال بودن داده‌ها، میانگین غلظت اورتوفسفات محلول فصول مختلف دارای تفاوت‌های معنی‌دار ($p<0/05$) بودند. همچنین، تفاوت‌های رفتاری زیرحوضه‌ها

¹ Biogeochemical



شکل ۴- تغییرات فصلی مواد مغذی آب پایه نقاط نمونه برداری واقع بر آبراهه‌های ورودی به دریاچه زریوار



ادامه شکل ۴- تغییرات فصلی مواد مغذی آب پایه نقاط نمونه برداری واقع بر آبراهه های ورودی به دریاچه زریوار

روابط رگرسیون خطی دبی و نیتريت در نقاط ۲ و ۴ طی بارش ۱۳۹۰/۲/۱۱ (شکل ۶)، به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۳۸ بود که با نتایج Gunes (۲۰۰۸) مبنی بر عدم برقراری رابطه معنی دار بین دبی و نیتريت مطابقت دارد. نتایج بررسی ضرایب همبستگی پیرسون دبی و نیتريت طی رگبارها در نقاط نمونه برداری مختلف در جدول ۴ و رابطه آب نمود و نیتريت نمود به همراه روابط رگرسیونی آنها در نقاط ۲ و ۴ طی رگبار ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ به عنوان نمونه به شرح شکل ۶ است.

ارتباط دبی و غلظت آمونیوم: با توجه به ضرایب همبستگی پیرسون دبی و آمونیوم (جدول ۵)، از ۳۰ رابطه به دست آمده، ۱۷ رابطه (۵۷ درصد) کاهنده و دارای ضرایب منفی بود که تنها پنج رابطه (۲۹ درصد) آن در سطوح یک و پنج درصد معنی دار بود، که با توجه به شکل ۷، بالاترین ضریب تبیین ($R^2=0/54$) مربوط به نقطه ۲، طی بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ بود. ۱۳ رابطه باقی مانده بیانگر رابطه مثبت و افزایشی دبی و آمونیوم بودند، که تنها سه رابطه (۲۳ درصد) آن در سطوح یک و پنج درصد معنی دار تشخیص داده شد، که با توجه به شکل ۷، بالاترین ضریب تبیین رگرسیون خطی ($R^2=0/39$) مربوط به نقطه ۳ طی بارش ۱۳۹۰/۰۲/۰۶ بود. نتایج این پژوهش با نتایج به دست آمده به وسیله Gunes (۲۰۰۸)، Kato و همکاران (۲۰۰۹) و Abell (۲۰۱۳) مبنی بر افزایش یا کاهش غلظت آمونیوم با افزایش دبی طی رگبارها و عدم وجود رابطه معنی دار و یکسان بین آنها تطابق دارد.

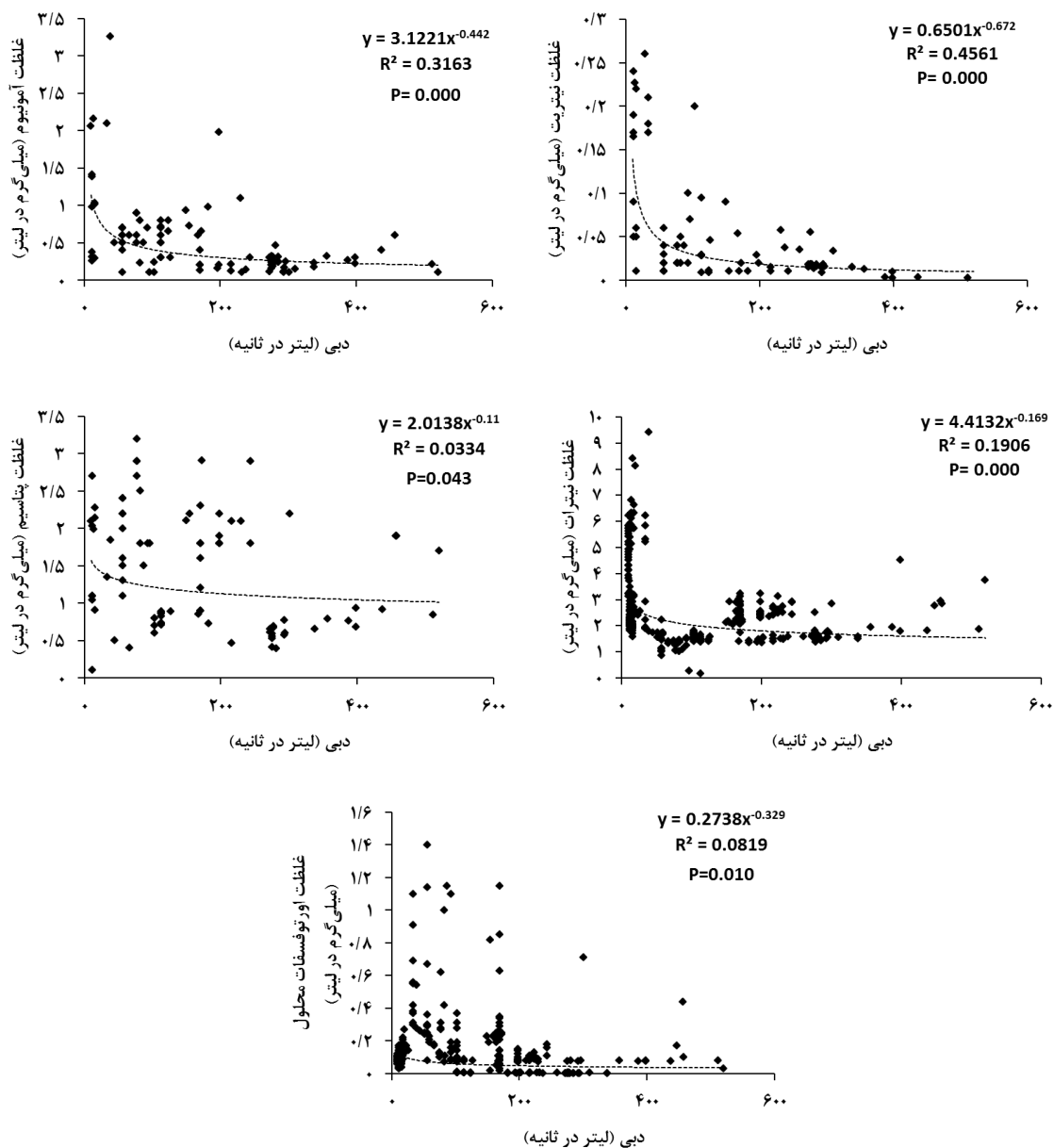
تحلیل ارتباط دبی و غلظت مواد مغذی محلول

در آب پایه: بررسی ارتباط دبی و غلظت مواد مغذی محلول آب پایه شامل نیتريت، آمونیوم، نیترات، اورتوفسفات محلول و پتاسیم نقاط نمونه برداری طی دوره پژوهش حاکی از وجود رابطه کاهشی و معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود، اما به دلیل تغییرات فصلی غلظت مواد مغذی، ضرایب تبیین آنها پایین بود به طوری که با توجه به شکل ۵، در نقطه نمونه برداری ۱، ضرایب تبیین نیتريت، آمونیوم، نیترات، اورتوفسفات محلول و پتاسیم به ترتیب ۰/۴۶، ۰/۳۳، ۰/۱۹، ۰/۰۰۰ ($p=0/000$)، ۰/۰۸، ۰/۱۰ ($p=0/010$) و ۰/۰۳۳ ($p=0/043$) بود. ارتباط دبی و غلظت نیتريت، آمونیوم، نیترات، پتاسیم و اورتوفسفات محلول آب پایه نقاط نمونه برداری بررسی و به عنوان نمونه روابط رگرسیونی آنها در نقطه نمونه برداری ۱ در شکل ۵ نشان داده شده است.

تحلیل ارتباط دبی و غلظت مواد مغذی محلول

طی رگبارها

ارتباط دبی و غلظت نیتريت: با توجه به ضرایب همبستگی پیرسون دبی و نیتريت (جدول ۴)، از ۱۸ رابطه به دست آمده، ۱۳ رابطه (۷۲ درصد) کاهنده و دارای ضرایب منفی بود که تنها شش رابطه آن معنی دار بود، به طوری که دو رابطه در سطح یک درصد و چهار رابطه در سطح پنج درصد معنی دار تشخیص داده شد. روابط کاهنده یا روند کاهشی غلظت نیتريت با افزایش دبی طی رگبارها نشانگر اثر رقیق سازی است. بالاترین ضرایب تبیین با توجه به

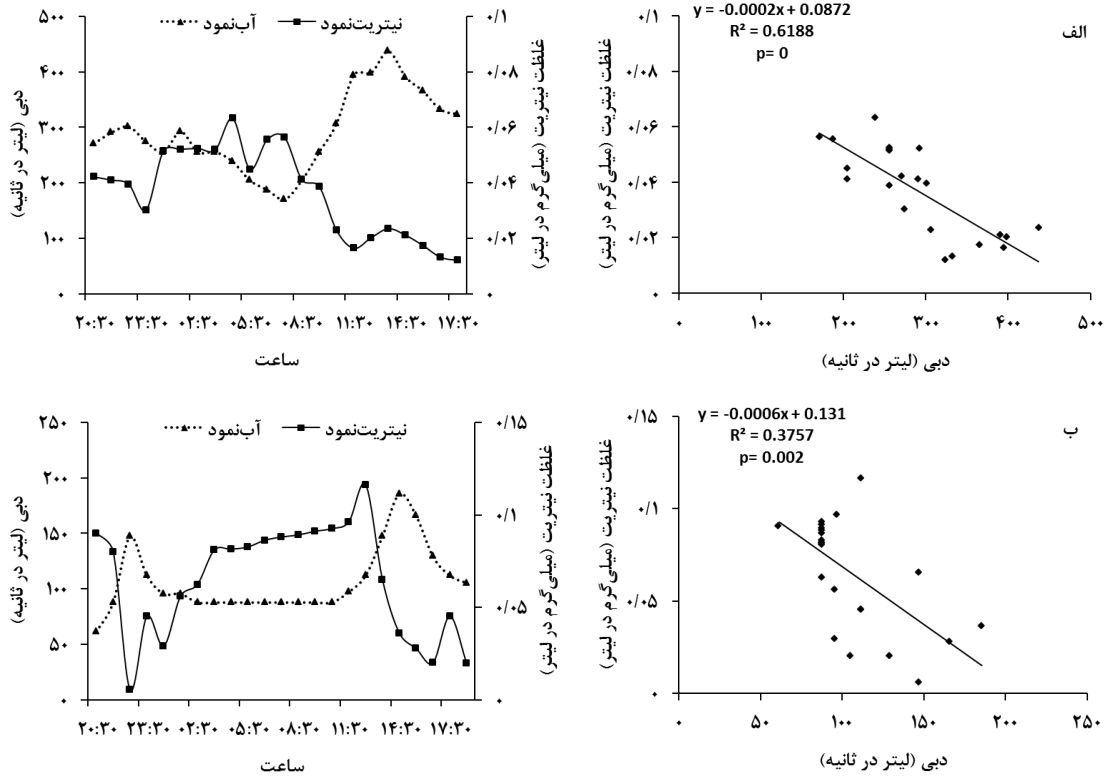


شکل ۵- روابط دبی آب پایه و مواد مغذی محلول نقطه نمونه‌برداری ۱ طی سال ۱۳۹۰

جدول ۴- ضرایب همبستگی پیرسون و سطح معنی‌داری روابط دبی و نیتریت نقاط نمونه‌برداری طی رگبارها

نقاط نمونه‌برداری	آماره	تاریخ رگبار			
		۱۳۹۰/۲/۱۱	۱۳۹۰/۲/۱۶	۱۳۹۰/۲/۲۱	۱۳۹۰/۱/۲۳
۱	ضریب همبستگی	-۰/۳۴۶	۰/۱۴۸	-۰/۱۴۳	-۰/۵۵۱ *
	سطح معنی‌داری	۰/۳۶۹	۰/۵۹۸	۰/۳۲۵	۰/۰۴۱
۲	ضریب همبستگی	-۰/۷۸۷ **	۰/۵۰۵	-۰/۱۷۵	-۰/۳۰۸
	سطح معنی‌داری	.	۰/۰۵۵	۰/۲۳	۰/۲۲۹
۳	ضریب همبستگی	-۰/۲۴۳	۰/۲۳۵	-۰/۶۱۲ **	-۰/۶۷۸ **
	سطح معنی‌داری	۰/۲۷۶	۰/۱۸۸	.	.
۴	ضریب همبستگی	-۰/۶۱۳ **	-۰/۱۱	-۰/۱۰۳	-۰/۴۹۷ *
	سطح معنی‌داری	۰/۰۰۲	۰/۶۸۴	۰/۴۹۵	۰/۰۲۲

X فاقد رواناب، * معنی‌دار در سطح یک درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد



شکل ۶- آب‌نمود و نیتريت‌نمود بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ و سنجه دبی و غلظت نیتريت نقاط ۲ (الف) و ۴ (ب)

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون و سطح معنی‌داری روابط دبی و آمونیوم نقاط نمونه‌برداری طی رگبارها

نقاط نمونه‌برداری	آماره	تاریخ رگبار	۱۳۹۰/۱۱/۲۷	۱۳۹۰/۱۲/۲۶	۱۳۹۰/۰۲/۱۱	۱۳۹۰/۰۲/۱۱	۱۳۹۰/۰۲/۱۱	۱۳۹۰/۰۲/۱۱	۱۳۹۰/۰۲/۱۱	۱۳۹۰/۰۲/۱۱
۱	ضریب همبستگی	۰/۰۸۳	۰/۱۰۲	۰/۰۲۴	۰/۳۹۳	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴
	سطح معنی‌داری	۰/۷۷۹	۰/۷۱۸	۰/۸۶۸	۰/۱۴۷	۰/۱۴۷	۰/۱۴۷	۰/۱۴۷	۰/۱۴۷	۰/۱۴۷
۲	ضریب همبستگی	۰/۲۰۴	۰/۲۹۹	۰/۱۲۳	۰/۷۳۴	۰/۷۳۴	۰/۷۳۴	۰/۷۳۴	۰/۷۳۴	۰/۷۳۴
	سطح معنی‌داری	۰/۴۸۳	۰/۲۴۴	۰/۳۹۹	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴
۳	ضریب همبستگی	X	۰/۳۵۶	۰/۴۶۵	۰/۵۲۲	۰/۵۲۲	۰/۵۲۲	۰/۵۲۲	۰/۵۲۲	۰/۵۲۲
	سطح معنی‌داری	X	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
۴	ضریب همبستگی	X	۰/۰۶۷	۰/۱۴۲	۰/۲۵۶	۰/۲۵۶	۰/۲۵۶	۰/۲۵۶	۰/۲۵۶	۰/۲۵۶
	سطح معنی‌داری	X	۰/۷۷۳	۰/۳۴۵	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸

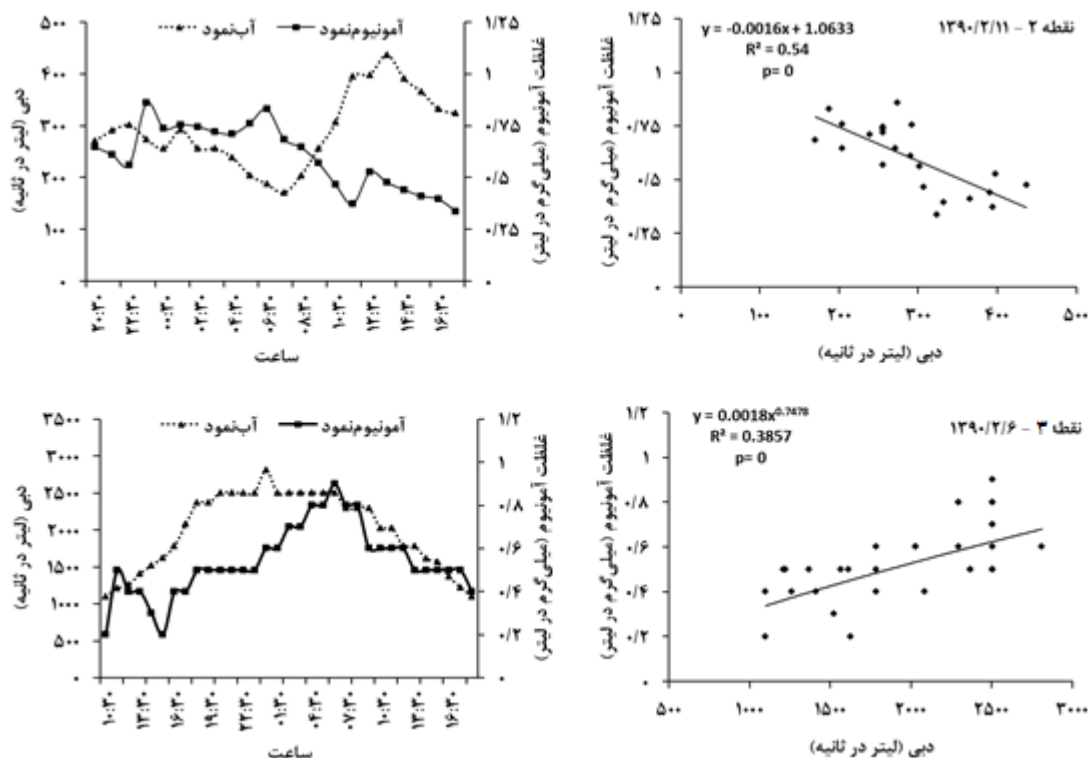
X فاقد رواناب، * معنی‌دار در سطح یک درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد

نقطه ۲ طی بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ و نقطه ۳ طی بارش ۱۳۹۰/۰۲/۰۶ به‌عنوان نمونه به شرح شکل ۷ است. ارتباط دبی و غلظت نیترات: از ۳۰ رابطه به‌دست آمده در خصوص ارتباط دبی و غلظت نیترات (جدول ۶)، ۲۰ رابطه (۶۷ درصد) کاهنده و دارای ضرایب منفی پیرسون بود که ۱۶ رابطه آن (۸۰ درصد) در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار تشخیص داده شد. با توجه به شکل ۸، به‌عنوان نمونه ضرایب تبیین

در بسیاری از رگبارها، غلظت آمونیوم در ابتدای شروع رگبار افزایش قابل توجهی نشان داد که Butturini و Sabater (۲۰۰۲) علت آن را بیشتر بودن غلظت آمونیوم در آب‌های ناحیه زیرسطحی کف و کناره آبراه‌ها معرفی کردند. نتایج بررسی ضرایب همبستگی پیرسون دبی و آمونیوم طی رگبارها در نقاط نمونه‌برداری مختلف در جدول ۵ و رابطه آب-نمود و آمونیوم‌نمود به‌همراه روابط رگرسیونی آن‌ها در

غلظت در طول وقایع هیدرولوژیکی، تمایل به بازگشت به غلظت اولیه پیش از بارش را دارد که با نتایج Volk و همکاران (۲۰۰۶) و Blanco و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. نتایج بررسی ضرایب همبستگی پیرسون دبی و نیترات طی رگبارها در نقاط نمونه‌برداری مختلف در جدول ۶ و رابطه آن‌ها در نقطه ۱، طی رگبار همراه روابط رگرسیونی آن‌ها در نقطه ۱، طی رگبار ۱۳۹۰/۱۱/۲۷ و نقطه ۴، طی رگبار ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ به‌عنوان نمونه به‌شرح شکل ۸ است.

رگرسیون خطی نقطه ۲، طی بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ و نقطه ۴، طی بارش ۱۳۹۰/۱۱/۲۷ به‌ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۶۵ بودند. نتایج این پژوهش، در خصوص برقراری رابطه معکوس بین دبی و غلظت نیترات در بیشتر نقاط نمونه‌برداری طی بارش‌های مختلف و روند کاهشی غلظت نیترات در وقایع بارشی با نتایج به‌دست آمده به‌وسیله Borah و همکاران (۲۰۰۳) و Kato و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. با توجه به شکل ۸، به‌عنوان نمونه، نیترات با وجود افزایش یا کاهش

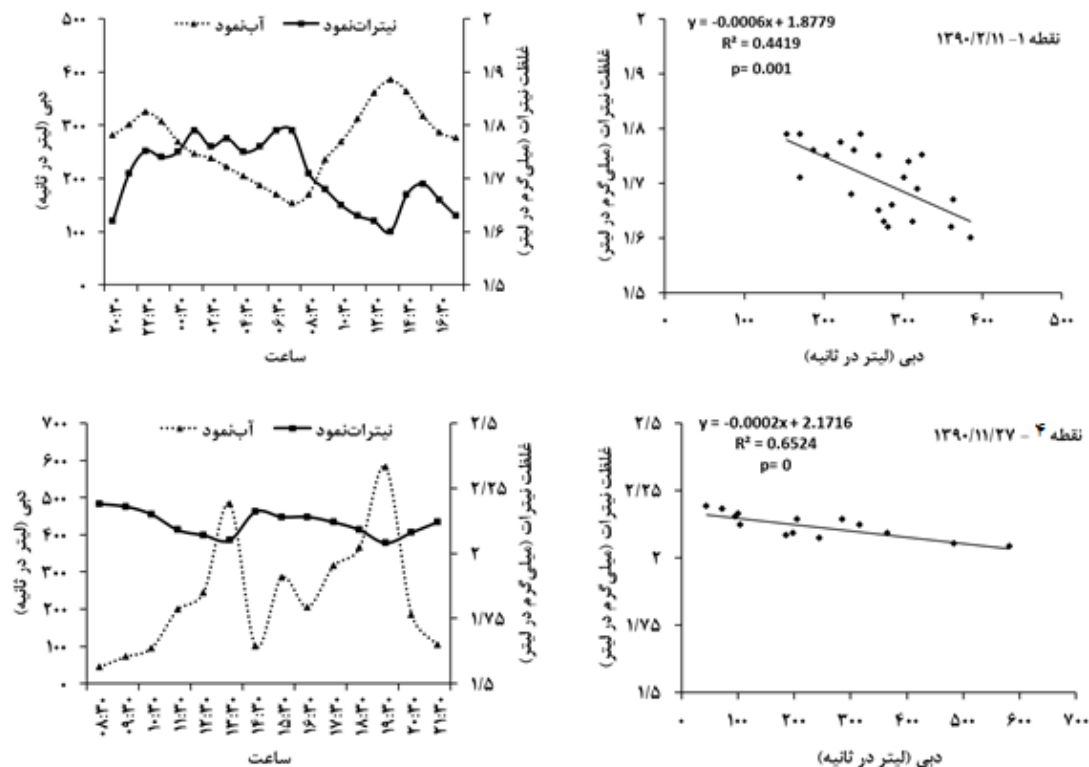


شکل ۷- آب‌نمود و آمونیوم‌نمود بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ نقطه ۲ و بارش ۱۳۹۰/۰۲/۰۶ نقطه ۳

جدول ۶- ضرایب همبستگی پیرسون و سطح معنی‌داری روابط دبی و نیترات نقاط نمونه‌برداری طی رگبارها

نقاط نمونه‌برداری	آماره	تاریخ رگبار
		۱۳۹۰/۱۱/۲۰ ۱۳۹۰/۱۱/۲۳ ۱۳۹۰/۱۱/۲۱ ۱۳۹۰/۰۲/۰۶ ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ ۱۳۹۰/۱۱/۲۷ ۱۳۹۰/۱۲/۲۶ ۱۳۹۱/۱/۱۸
۱	ضریب همبستگی	-۰/۳۸۵ -۰/۱۹
	سطح معنی‌داری	۰/۱۲۷ ۰/۲۹۸ ۰/۹۴۸
۲	ضریب همبستگی	-۰/۱۳۶ -۰/۰۷
	سطح معنی‌داری	۰/۹۷۷ ۰/۶۴۳
۳	ضریب همبستگی	-۰/۲۰۵
	سطح معنی‌داری	X
۴	ضریب همبستگی	۰/۴۰۷
	سطح معنی‌داری	X

X فاقد رواناب، * معنی‌دار در سطح یک درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد



شکل ۸- آب‌نمود و نیترات‌نمود بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ نقطه ۱ و بارش ۱۳۹۰/۱۱/۲۷ نقطه ۴

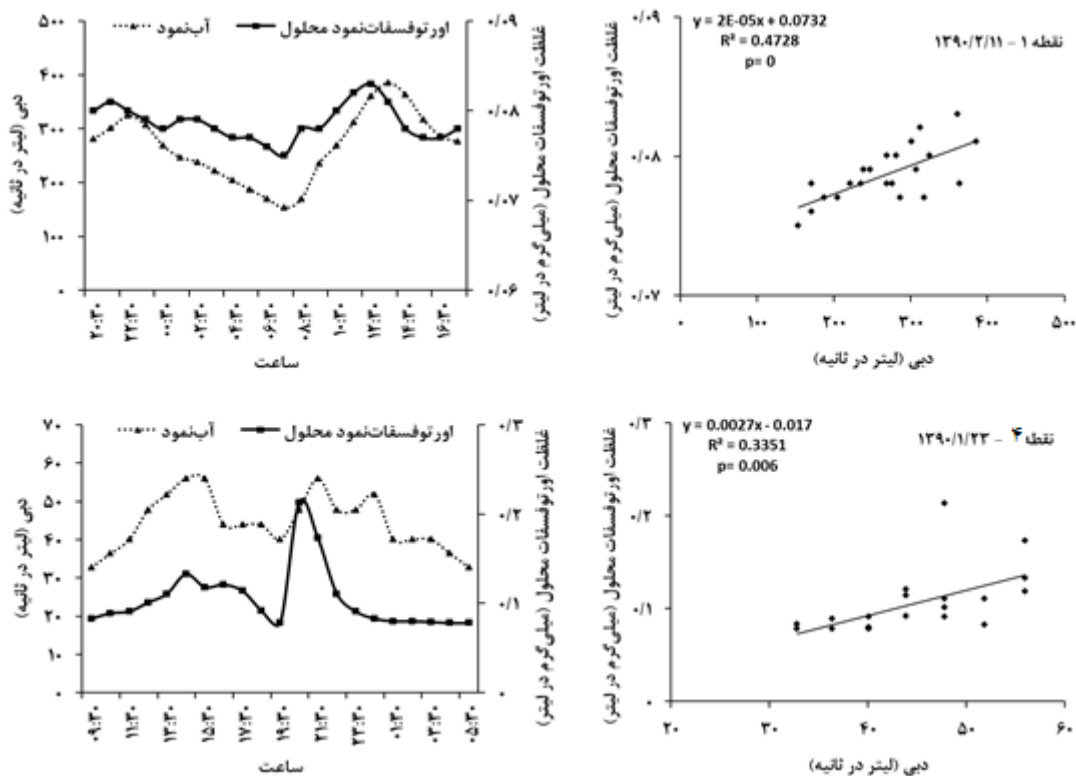
تخلیه در بارش‌های حدواسط نسبت به بارش‌های با شدت زیاد بیشتر است، به طوری که در این پژوهش نیز ثابت شد که در بارش‌های حد واسط زمستانه ۱۳۹۰/۱۱/۲۷ و بهار ۱۳۹۰/۰۱/۰۸ به ترتیب با متوسط شدت بارش ۰/۸۴ و ۰/۸۳ میلی‌متر در ساعت شاهد بیشینه متوسط غلظت‌های اورتوفسفات محلول به ترتیب برابر با ۰/۷۴ و ۰/۴۱ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیارهای به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۳۱ بوده، در حالی که در شدیدترین بارش دوره پژوهش در تاریخ ۱۳۹۰/۲۰/۰۱ با شدت متوسط ۱/۲ و بیشینه شدت بارش ۶۰ میلی‌متر در ساعت، کمینه متوسط و انحراف معیار غلظت‌های اورتوفسفات به ترتیب برابر با ۰/۰۹ و ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر، اتفاق افتاد. نتایج بررسی ضرایب همبستگی پیرسون دبی و اورتوفسفات محلول طی رگبارها در نقاط نمونه‌برداری مختلف در جدول ۷ و رابطه آب‌نمود و اورتوفسفات‌نمود محلول، به همراه روابط رگرسیونی آن‌ها در نقطه ۱، طی رگبار ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ و نقطه ۴، طی رگبار ۱۳۹۰/۰۱/۲۳ به-عنوان نمونه به شرح شکل ۹ است.

ارتباط دبی و اورتوفسفات محلول: با توجه به ضرایب همبستگی پیرسون، ۳۰ رابطه دبی و اورتوفسفات محلول به دست آمده (جدول ۷)، ۱۲ رابطه (۴۰ درصد) کاهنده بود که نشان از رابطه معکوس دبی و اورتوفسفات محلول داشت و تنها دو رابطه آن در سطح یک درصد معنی‌دار بود. ۱۸ رابطه (۶۰ درصد) افزایشی و مثبت بود که نه رابطه آن (۵۰ درصد) در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار بودند. در مجموع نتایج بیان‌گر عدم برقراری رابطه یکسان و معنی‌دار بین دبی و اورتوفسفات محلول در نقاط نمونه برداری طی بارش‌های مختلف بود که با نتایج Gouze و همکاران (۲۰۰۸)، Kato و همکاران (۲۰۰۹) و Abell (۲۰۱۳) مطابقت دارد. با توجه به ماهیت ذره‌ای فسفر و قابلیت جذب بالای آن در خاک، Blanco و همکاران (۲۰۱۰) علت عدم برقراری ارتباط معنی‌دار دبی و اورتوفسفات محلول را تفاوت در میزان تخلیه فسفر از خلل و فرج خاک و مدت زمان حضور رواناب بر سطح خاک، بیان کردند که به دلیل محدودیت در واجذب فسفر از رسوبات، اورتوفسفات محلول تنها در بارش‌های با شدت متوسط، به اوج می‌رسد. زیرا میزان

جدول ۷- ضرایب همبستگی پیرسون و سطح معنی‌داری روابط دبی و اورتوفسفات محلول نقاط نمونه‌برداری طی رگبارها

نقاط نمونه‌برداری	آماره	تاریخ رگبار				
		۱۳۹۱/۱/۸	۱۳۹۰/۱۲/۲۶	۱۳۹۰/۱۱/۲۷	۱۳۹۰/۲/۱۱	۱۳۹۰/۲/۱۶
۱	ضریب همبستگی	-۰/۳۷۹	-۰/۵۲۱ **	-۰/۱۷۱	۰/۶۸۸ **	-۰/۰۹۰
	سطح معنی‌داری	۰/۲۲۴	۰/۰۰۳	۰/۵۱۱	۰	۰/۷۵۰
۲	ضریب همبستگی	۰/۷۰۷ *	۰/۶۰۲ **	-۰/۲۸۰	-۰/۷۳۳ **	۰/۵۹۴ *
	سطح معنی‌داری	۰/۰۱۰	۰	۰/۲۷۶	۰	۰/۰۲۰
۳	ضریب همبستگی	۰/۷۶۳ **	-۰/۱۶۵	-۰/۲۶۸	-۰/۱۰۱	۰/۴۹۱ **
	سطح معنی‌داری	۰	۰/۳۶۸	۰/۳۳۵	۰/۶۵۴	۰/۰۰۴
۴	ضریب همبستگی	۰/۵۴۱ *	-۰/۱۳۲	۰/۱۹۱	۰/۴۴۱ *	۰/۰۳۷
	سطح معنی‌داری	۰/۰۱۱	۰/۴۷۰	۰/۵۱۴	۰/۰۴۰	۰/۱۱۰

X فاقد رواناب، * معنی‌دار در سطح یک درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد



شکل ۹- آب‌نمود و اورتوفسفات‌نمود محلول بارش ۱۳۹۰/۰۲/۱۱ نقطه ۱ و بارش ۱۳۹۰/۰۱/۲۳ نقطه ۴

محلول طی رگبارها در نقاط نمونه‌برداری مختلف در جدول ۸ نشان داده شده است.

تحلیل تغییرپذیری غلظت مواد مغذی در طول و بین وقایع بارشی: تحلیل نتایج بررسی تغییرپذیری غلظت نیتريت در طول و بین وقایع بارشی به‌وسیله آزمون Mann-Whitney، در نقاط ۱، ۲، ۳ و ۴ نشان دهنده تفاوت‌های معنی‌دار میانگین غلظت نیتريت در طول وقایع بارشی و بین بارشی با سطح معنی‌داری

ارتباط دبی و غلظت پتاسیم: با توجه به ضرایب همبستگی پیرسون ۲۸ رابطه دبی و پتاسیم به‌دست آمده (جدول ۸)، ۱۷ رابطه (۶۱ درصد) مثبت و افزایشی بود که تنها پنج رابطه آن (۲۹ درصد) در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار تشخیص داده شد. بقیه روابط منفی و کاهنده بود، لذا در مجموع، رابطه معنی‌دار و یکسان بین دبی و پتاسیم در نقاط نمونه-برداری طی بارش‌های دوره پژوهش مشاهده نشد. نتایج بررسی ضرایب همبستگی پیرسون دبی و پتاسیم

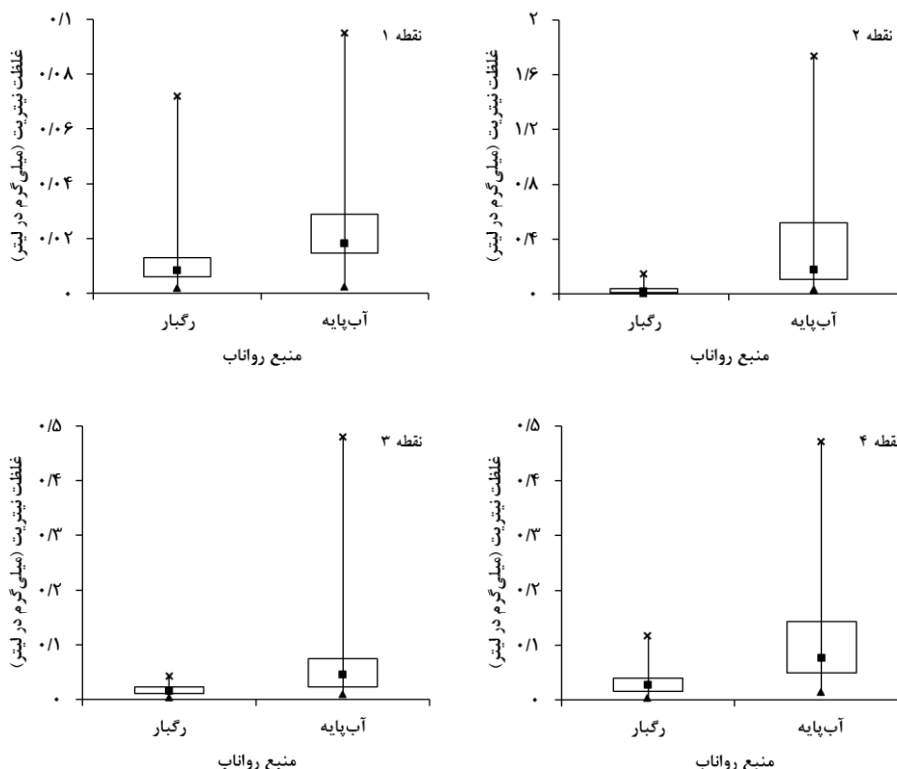
صفر بود. به طوری که در تمامی نقاط، بیشترین تغییرات و بیشینه غلظت‌های نیتریت در نمونه‌های آب پایه مشاهده شد (شکل ۱۰). بیشینه غلظت مشاهده شده نیتریت ۱/۷۳ میلی گرم در لیتر در نقطه نمونه برداری ۲ ثبت شد. نتایج پژوهش حاکی از تفاوت معنی دار غلظت نیترات آب پایه و رگباری نقاط ۲، ۳ و ۴ در طول سال با سطوح معنی دار به ترتیب صفر،

۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۸ بود، اما در نقاط ۲ و ۴ در فصل بهار با سطح معنی داری به ترتیب ۰/۰۶۷ و ۰/۵۵۲ و نقطه ۳ فصل زمستان با سطح معنی داری ۰/۴۵۴ تفاوت معنی داری بین غلظت نیترات آب پایه و رگبار دیده نشد. بیشترین تغییرات و بیشینه غلظت نیترات در نمونه‌های آب پایه نقاط ۳ و ۴ در فصل زمستان مشاهده شد (شکل ۱۱).

جدول ۸- ضرایب همبستگی پیرسون و سطح معنی داری روابط دبی و پتاسیم محلول نقاط نمونه برداری طی رگبارها

نقاط نمونه برداری	آماره	تاریخ رگبار			
		۱۳۹۰/۱/۲۳	۱۳۹۰/۲/۱	۱۳۹۰/۲/۱۱	۱۳۹۰/۱۲/۲۶
۱	ضریب همبستگی	۰/۰۵۹	۰/۶۵۱ **	-۰/۱۳۰	۰/۷۱۱ *
	سطح معنی داری	۰/۸۴۰	۰	۰/۷۰۳	۰/۰۴۸
۲	ضریب همبستگی	-۰/۵۸۰ *	-۰/۰۵۱	۰/۰۱۵	۰/۵۲۴
	سطح معنی داری	۰/۰۳۰	۰/۸۴۵	۰/۹۲۹	۰/۱۸۳
۳	ضریب همبستگی	*	۰/۴۳۳ *	۰/۵۱۳	-۰/۴۷۰
	سطح معنی داری	X	۰/۰۳۴	۰/۰۶۱	۰/۱۴۴
۴	ضریب همبستگی	*	۰/۷۲۴ **	-۰/۲۱۲	-۰/۳۸۷
	سطح معنی داری	X	۰/۰۰۲	۰/۲۴۴	۰/۱۹۲

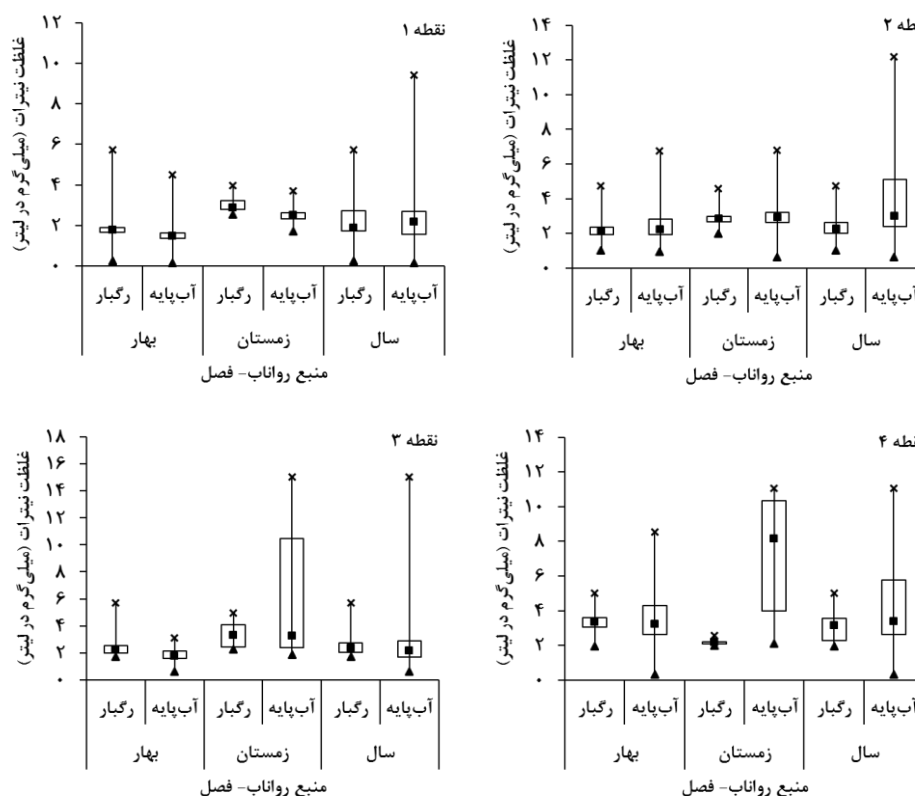
X فاقد رواناب، * معنی دار در سطح یک درصد، ** معنی دار در سطح پنج درصد



شکل ۱۰- تغییرپذیری غلظت نیتریت نقاط نمونه برداری در طول و بین وقایع بارشی بهار ۱۳۹۰ در زیرحوزه‌های آبخیز دریاچه زریوار

عدم تجمع آن در آبخیز و حمل به‌وسیله آب زیرزمینی بیان کردند. اما با نتایج Borah و همکاران (۲۰۰۳) و Stutter و همکاران (۲۰۰۸) مغایر بود که دلایل احتمالی آن را می‌توان تفاوت در مساحت حوزه‌های آبخیز، غلظت اولیه نیتрат پیش از شروع رگبار و میزان دبی اوج وقایع بارشی عنوان کرد.

نتایج این پژوهش، در خصوص کاهش غلظت نیترات در نمونه‌های رگباری نسبت به آب پایه با نتایج Jordan و همکاران (۱۹۹۷)، Kato و همکاران (۲۰۰۹)، Blanco و همکاران (۲۰۱۰)، Zhu و همکاران (۲۰۱۱) و Abell (۲۰۱۳) هم‌سو بود که دلایل این کاهش را اثر رقیق‌سازی در طول رگبار، عدم جذب نیترات به‌وسیله ذرات خاک و در نتیجه



شکل ۱۱- تغییرپذیری غلظت نیترات در نقاط نمونه‌برداری در طول و بین وقایع بارشی و فصول مختلف سال ۱۳۹۰ در زیرحوزه‌های آبخیز دریاچه زریوار

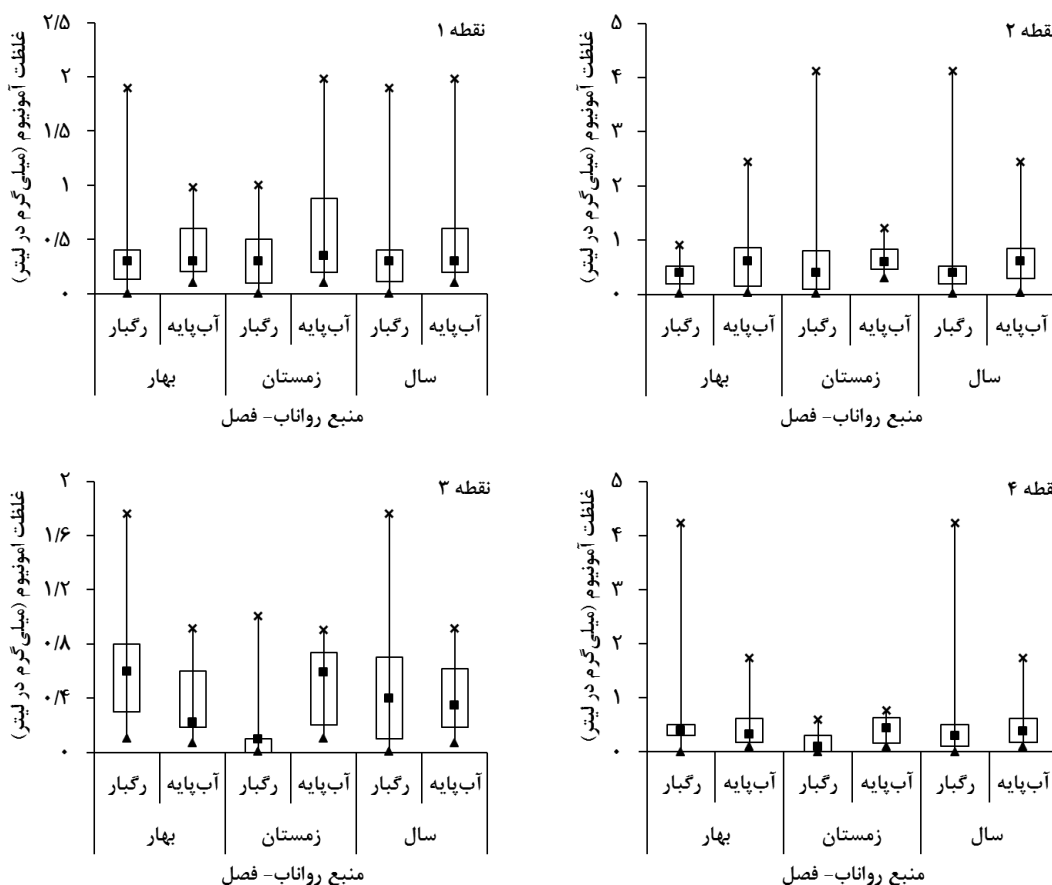
آمونیم در وقایع رگباری ثبت شد که با نتایج Kato و همکاران (۲۰۰۹) هم‌سو است.

تحلیل‌ها در خصوص مقایسه غلظت درون و بین رگباری اورتوفسفات محلول، بیان‌گر تفاوت‌های اساسی بین نقاط ۱ و ۲ (دارای رواناب دائمی) و نقاط ۳ و ۴ (دارای رواناب فصلی در بهار و زمستان) بود. به‌طوری که بیشینه غلظت‌های اورتوفسفات محلول در نقاط ۱ و ۲ در آب پایه و در نقاط ۳ و ۴ در طی رگبارها ثبت شد (شکل ۱۳). با توجه به این‌که منابع فسفر ذره‌ای شامل هر دو منبع نقطه‌ای (فاضلاب‌ها و مناطق تجمع فضولات دامی) و غیر نقطه‌ای (فسفر خاک و یا پخش

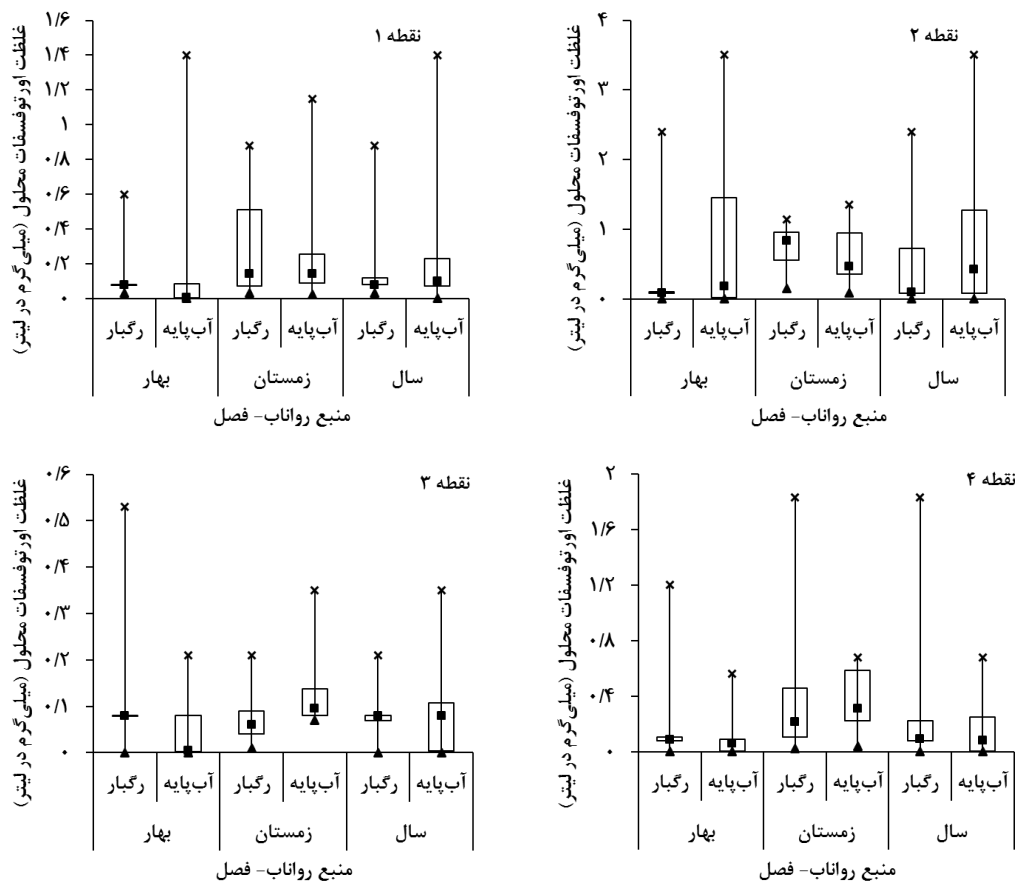
تحلیل نتایج آزمون Mann-Whitney، حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار میانگین غلظت آمونیم آب پایه و رگبار نقاط ۲ و ۴ در فصل بهار با سطوح معنی‌دار به-ترتیب ۰/۰۵۳ و ۰/۴۴۱ و همچنین، نقطه ۱ در فصل زمستان با سطح معنی‌داری ۰/۱۴۳ بود، اما در دیگر فصول تفاوت‌ها معنی‌دار تشخیص داده نشد. در مجموع رفتارهای متفاوتی از ورودی‌ها در ارتباط با مقایسه مقادیر غلظت آمونیم در آب پایه و رگبار مشاهده شد. بیشترین تغییرات و همچنین، بیشینه غلظت آمونیم در نقاط ۲ و ۴ مشاهده شد (شکل ۱۲). با توجه به نتایج این پژوهش، بیشینه غلظت‌های

ناچیز بود، اما در زمان آب پایه بیشترین تغییرات مشاهده شد که با نتایج Gouze و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. نتایج به دست آمده حاکی از کمتری بودن غلظت اورتوفسفات محلول در طول سال در مقایسه با نیترات و آمونیوم بود که با نتایج Cai و همکاران (۲۰۰۸) هم‌سو می‌باشد. تحلیل نتایج تغییرپذیری غلظت پتاسیم بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در درون و بین وقایع رگباری در این پژوهش بود. به طوری که به-جز نقطه نمونه‌برداری ۴ با سطوح معنی‌دار به ترتیب ۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۱ در فصول بهار و زمستان، در دیگر نقاط تفاوت معنی‌داری بین غلظت پتاسیم در آب پایه و رگبار در فصول بهار، زمستان و کل سال مشاهده نشد (شکل ۱۴).

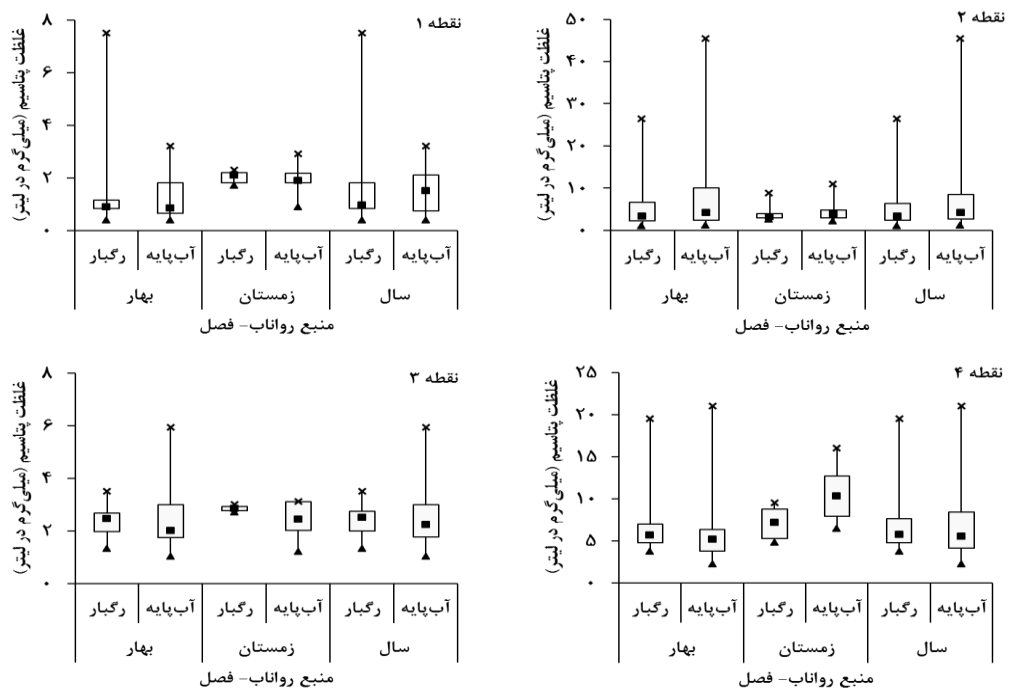
کود در مزارع) می‌باشد (Owens و Walling، ۲۰۰۲)، روند مشاهده‌ای کاهش میزان اورتوفسفات محلول با افزایش دبی در نقطه ۲ در طول رگبارها نشانگر اثر رقیق‌سازی در ارتباط با تغییر منابع رسوب در طول وقایع با دبی زیاد بود. زیرا منابع غیر نقطه‌ای مانند سطح حوزه آبخیز، دارای فسفر کمتری نسبت به منابع نقطه‌ای مانند فاضلاب‌ها و مراکز تجمع مازاد فضولات دامی در آبراهه‌هاست. لذا، در مواقع رگباری، بیشتر رسوبات از منابع نقطه‌ای تأمین شده، با توجه به اثر رقیق‌سازی در طول وقایع، با افزایش دبی و غلظت رسوب معلق، غلظت اورتوفسفات محلول کاهش یافت، که با نتایج Blanco و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. تغییرات غلظت اورتوفسفات محلول در طول رگبارها



شکل ۱۴- تغییرپذیری غلظت آمونیوم در نقاط نمونه‌برداری در طول و بین وقایع بارشی و فصول مختلف سال ۱۳۹۰ در زیرحوزه‌های آبخیز دریاچه زریوار



شکل ۱۳- تغییرپذیری غلظت اورتوفسفات محلول در نقاط نمونه‌برداری در طول و بین وقایع بارشی و فصول مختلف سال ۱۳۹۰ در زیرحوزه‌های آبخیز دریاچه زریوار



شکل ۱۴- تغییرپذیری غلظت پتاسیم در نقاط نمونه‌برداری در طول و بین وقایع بارشی و فصول مختلف سال ۱۳۹۰ در زیرحوزه‌های آبخیز دریاچه زریوار

نتیجه‌گیری

بارشی بود، به طوری که غلظت نیتريت، نیترات و آمونیوم آب پایه بیش از نمونه‌های رگباری بود. نتایج حاکی از تأثیر نوع آبراهه‌ها از لحاظ فصلی و دائمی‌بودن بر تجمع فسفر در آبراهه‌ها در فصول مختلف بود. غلظت پتاسیم در طول و بین وقایع بارشی هیچ تغییر معنی‌داری را از خود نشان نداد. بدیهی است بررسی تغییرات در مقیاس زمانی سالانه و همچنین، لحاظ شرایط انسانی حاکم بر حوزه آبخیز از جمله کاربری‌های مختلف اراضی، تأثیر نوع محصولات کشاورزی کشت شده، نحوه آبیاری و در نتیجه آب‌شویی مواد مغذی برای ارائه جمع‌بندی نهایی و نیز تعمیم آن به حوضه‌های مشابه ضروری به نظر می‌رسد.

پژوهش حاضر، با هدف بررسی تغییرات فصلی دبی و غلظت نیتريت، نیترات، آمونیوم، اورتوفسفات و پتاسیم محلول و همچنین، تغییرات غلظت این مواد در زمان آب پایه و رواناب ناشی از بارش در آبراهه‌های فصلی و دائمی ورودی به دریاچه زریوار صورت پذیرفت. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تغییرات فصلی معنی‌دار مواد مغذی محلول آب پایه شامل نیتريت، نیترات، آمونیوم، اورتوفسفات محلول و پتاسیم بود. تحلیل نتایج تغییرات غلظت مواد مغذی محلول در طول و بین وقایع بارشی بیانگر تفاوت معنی‌دار نیتريت و نیترات، رفتار متفاوت زیرحوضه‌ها در رابطه با تغییرات غلظت آمونیوم و اورتوفسفات محلول و عدم تفاوت معنی‌دار غلظت پتاسیم در طول و بین وقایع

منابع مورد استفاده

1. Abell, J.M. 2013. Variability in nutrient loading to lake ecosystems and associated impacts on water quality. PhD Thesis, University of Waikato, 216 pages.
2. Anderson, D.W. 1988. The effect of parent material and soil development on nutrient cycling in temperate ecosystems. *Biogeochemistry*, 5: 71-79.
3. APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edition, American Public Health association, Washington, D.C. pp 4-118-4-1121.
4. Badruzzaman, M., J. Pinzon, J. Oppenheimer and G. Jacangelo. 2012. Sources of nutrients impacting surface waters in Florida: a review. *Journal of Environmental Management*, 109: 80-92.
5. Bartley, R. and W. Speirs. 2010. Review and summary of constituent concentration data from Australia for use in catchment water quality models. Water Cooperative Research Centre Technical Report, 59 pages.
6. Blanco, A.C., K. Nadaoka, T. Yamamoto and K. Kinjo. 2010. Dynamic evolution of nutrient discharge under stormflow and baseflow conditions in a coastal agricultural watershed in Ishigaki Island, Okinawa, Japan. *Hydrological Processes*, 24: 2601-2616.
7. Borah, D.K., M. Bera and S. Shaw. 2003. Water, sediment, nutrient and pesticide measurements in an agricultural watershed in Illinois during storm events. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 46: 657-674.
8. Buda, A.R. and D.R. DeWalle. 2009. Dynamics of stream nitrate sources and flow pathways during stormflows on urban, forest and agricultural watersheds in central Pennsylvania, USA. *Hydrological Processes*, 23: 3292-305.
9. Burt, T.P. 2003. Monitoring change in hydrological systems. *Science of the Total Environment*, 310(1-3): 9-16.
10. Butturini, A. and F. Sabater. 2002. Nitrogen concentrations in a small Mediterranean stream: 1. Nitrate 2. Ammonium. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6: 539-550.
11. Cai, Y., L. Guo, T.A. Douglas and T.E. Whitley. 2008. Seasonal variations in nutrient concentrations and speciation in the Chena River, Alaska. *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-11.
12. Chiew, F.H.S. and P.J. Scanlon. 2002. Estimation of pollutant concentrations for EMSS modelling of the south-east Queensland region. Technical Report 02/2. Cooperative Research Center for Catchment Hydrology, 117 pages.
13. Cirimo, C.P. and J.J. McDonnell. 1997. Linking the hydrologic and biogeochemical controls of nitrogen transport in near-stream zones of temperate forested catchments: a review. *Journal of Hydrology*, 199: 88-120.
14. Cloern, J.E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 223-253.

15. Daly, F., D.J. Hand, M.C. Jones, A.D. Lunn and K.J. McConway. 1995. Elements of statistics. Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company, 682 pages.
16. Garnier, J., G. Billen and M. Coste. 1995. Seasonal succession of diatoms and chlorophyceae in the drainage network of the river Seine: observations and modelling. *Limnological Oceanography*, 40(4): 750–765.
17. Golterman, H.L. 2004. The chemistry of phosphate and nitrogen compounds in sediments, Kluwer Academic Publisher (<http://ebooks.kluweronline.com>), 50 pages.
18. Gouze, E., P. Raimbault and N. Garcia. 2008. Nutrient and suspended matter discharge by tributaries into the Berre Lagoon (France): The contribution of flood events to the matter budget. *Surface Geoscience*, 340: 233–244.
19. Gunes, K. 2008. Point and nonpoint sources of nutrients to lakes—ecotechnological measures and mitigation methodologies—case study. *Ecological Engineering*, 34: 116–126.
20. Haag, D. and M. Kaupenjohann. 2001. Landscape fate of nitrate fluxes and emissions in Central Europe, a critical review of concepts, data and models for transport and retention. *Agricultural Ecosystems Environment*, 86: 1-21.
21. Heathwaite, A.L., P.J. Johnes and N.E. Peters. 1996. Trends in nutrients. *Hydrological Processes*, 10: 263–93.
22. Jarvie, H.P., C. Neal, P.J.A. Withers, C. Wescott and R.M. Acornley. 2005. Nutrient hydrochemistry for a groundwater-dominated catchment: the Hampshire Avon, UK. *Science of the Total Environment*, 344: 143–58.
23. Jordan, T.E., D.L. Correll and D.E. Weller. 1997. Relating nutrient discharges from watersheds to land use and streamflow variability. *Water Resources Research*, 33: 2579–2590.
24. Kato, T., H. Kuroda and H. Nakasone. 2009. Runoff characteristics of nutrients from an agricultural watershed with intensive livestock production. *Journal of Hydrology*, 368: 79–87.
25. King, K.W., J.C. Balogh and R.D. Harmel. 2007. Nutrient flux in storm water runoff and baseflow from managed turf. *Environmental Pollution*, 150: 321-328.
26. Likens, G.E. and F.H. Bormann. 1974. Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. *Bioscience*, 24: 447-56.
27. Martin, C., L. Aquilina, C. Gascuel-Oudou, J. Molenat, M. Fauchoux and L. Ruiz. 2004. Seasonal and interannual variations of nitrate and chloride in stream waters related to spatial and temporal patterns of groundwater concentrations in agricultural catchments. *Hydrological Processes*, 18: 1237–1254.
28. May, R.W.P., B.C. Bromwich, Y. Gasowski and C.E. Rickard. 2003. Hydraulic design of side weirs. Thomas Telford Publishing, London, 59 pages.
29. Oeurng, C., S. Sauvage and J.M. Sánchez-Pérez. 2010. Temporal variability of nitrate transport through hydrological response during flood events within a large agricultural catchment in south-west France. *Science of the Total Environment*, 409: 140-149.
30. Owens, P.N. and D.E. Walling. 2002. The phosphorus content of fluvial sediment in rural and industrialized river basins. *Water Research*, 36: 685-701.
31. Ramos, T.B., M.C. Gonçalves, M.A. Branco, D. Brito, S. Rodrigues, J.M. Sánchez-Pérez, S. Sauvage, Á. Prazeres, J.C. Martins, M.L. Fernandes and F.P. Pires. 2015. Sediment and nutrient dynamics during storm events in the Enxó temporary river, southern Portugal. *CATENA*, 127: 177–190.
32. Rodríguez-Blanco, M.L., M.M. Taboada-Castro and M.T. Taboada-Castro. 2013. Phosphorus transport into a stream draining from a mixed land use catchment in Galicia (NW Spain): Significance of runoff events. *Journal of Hydrology*, 481: 12-21.
33. Rusjan, S., M. Brilly and M. Mikoš. 2008. Flushing of nitrate from a forested watershed: an insight into hydrological nitrate mobilization mechanisms through seasonal high-frequency stream nitrate dynamics. *Journal of Hydrology*, 354: 187–202.
34. Sharpley, A.N., T. Daniel, T. Sims, J. Lemunyon, R. Stevens and R. Parry. 2003. Agricultural phosphorus and eutrophication. 2nd edition, US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS 149, 38 pages.
35. Stutter, M.I., S.J. Langan and R.J. Cooper. 2008. Spatial contributions of diffuse inputs and within-channel processes to the form of stream water phosphorus over storm events. *Journal of Hydrology*, 350: 203–214.
36. Vogt, E., C.F. Braban, U. Dragosits, P. Durand, M.A. Sutton, M.R. Theobald, R.M. Rees, C. McDonald, S. Murray and M.F. Billett. 2015. Catchment land use effects on fluxes and concentrations of organic and inorganic nitrogen in streams. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 199: 320–332.
37. Volk, J.A., K.B. Savidge, J.R. Scudlark, A.S. Andres and W.J. Ullman. 2006. Nitrogen loads through baseflow, stormflow and underflow to Rehoboth Bay, Delaware. *Environmental Quality*, 35: 1742–1755.

38. Zhang, C.H. 2007. Fundamentals of environmental sampling and analysis. John Wiley and Sons, Inc. Publication, pp: 71-74.
39. Zhu, Q., J.P Schmidt, A.R. Buda, R.B. Bryant and G.J. Folmar. 2011. Nitrogen loss from a mixed land use watershed as influenced by hydrology and seasons. Journal of Hydrology, 405: 307-315.