مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

مدلینگ ایزوتوپ های پایدار ^{18}O و ^{2}H در منابع ذخیره سازی آب با استفاده از آزمون آمار GGE Biplot

میراحمد موسوی شلمانی[۱*]، علی خراسانی[۲]، نجات پیرولی بیرانوند[۳]، ابراهیم مقیسه[۳]، نازنین پورمحمد[۲]، اعظم برزویی[۳]

۱- محقق پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای (دانشجوی دکتری) دانشگاه فردوسی مشهد،
۲- کارشناس پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، ۳- عضو هیئت علمی پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای

چکیده: به منظور بررسی ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و هیدروژن ۲ در منابع ذخیره سازی آب، مطالعه در ۳۰ تالاب مختلف در شمال ایران با استفاده از مدل آماری GGE بای پلات انجام شد. نمونه‌برداری از آب تالاب، آب زیرزمینی و باران در طول سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۱ انجام شد. نسبت ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ و هیدروژن ۲ با استفاده از دستگاه اسپکترومتر جرمی نسبت ایزوتوپی آژانس بین المللی انرژی اتمی اندازه گیری شد. برخی از شاخص های آلودگی در نمونه های خاک و رسوب تالاب نیز اندازه گیری شد. برای گروه‌بندی تالاب‌ها از دو روش مجزا (تداخل خطوط ایزوتوپی و GGE بای پلات نمودار) استفاده شد. بر اساس نمودار GGE همبستگی معنی دار بین غلظت سولفات و پتاسیم بدست آمد. به نظر می‌رسد با توجه به ممنوعیت شکار در این استخرها، جمعیت پرندگان مهاجرت افزایش یافته بنابراین به دلیل فضولات پرندگان و حوضچه های پرورش ماهی در این استخرها، غلظت املاح افزایش یافته است. در طول تابستان هفده تالاب شناسایی شدند که الگوی ایزوتوپی آنان نه مطابق با خط بارش منطقه بوده و نه بر اساس الگوی ایزوتوپی ماه آگوست شکل گرفته است. مقایسه شیمیایی بین خاک بالادست و رسوب کف تالاب‌ها نشان دهنده انتقال برخی از عناصر از مزارع بالا دست به این حوضچه ها بوده است. مطالعات محلی انتقال آلودگی فاضلاب‌های شهری را به این حوضچه ها تایید نموده است. تمامی این یافته‌ها نشان دهنده سطح بالای نمکهای محلول در این حوضچه ها بوده است. به نظر می‌رسد تجمع آلاینده ها و خصوصا فسفر، باعث رشد سریع آزولا (جلبک آبی) در این حوضچه ها شده است. در نتیجه تبخیر آب از سطح استخر کاهش یافته و بدین ترتیب فرایند غنی سازی ایزوتوپ های سنگین کاهش یافته است.

واژگان کلیدی: ایزوتوپ پایدار، هیدرولوژی ایزوتوپی، آب‌بند ، مدل آماری، ^{18}O، ^{2}H

Modelling of ^{18}O and ^{2}H stable isotopes in water reservoirs using statistical programme GGE Biplot

Mir Ahmad Mousavi Shalmani[1]*, Ali Khorasani[2], Nejat Pirvali Bieranvand[3], Ebrahim Moghise[3], Nazanin PourMohammad[2], Azam Borzuee[3]

1-Resercher at Nuclear Science and Technology Research Institute, PhD University student of Ferdowsi Mashhad, 2- Researcher at Nuclear Agriculture Research School, 3- Scientific committee of Nuclear Agriculture Research School

Abstract: In order to investigation of ^{18}O and ^{2}H stable isotopes in water reservoirs using statistical model GGE Biplot a study was conducted in 30 different ponds in the north of Iran. Ponds water, ground water, and precipitation were analysed for chemical and isotopic properties during 2010- 2012. Isotopic signatures of water (δ18O and δ2H) were analysed by using cavity ring-down spectrophotometry (CRDS) of International Atomic Energy Agency. Some indicators of pollution in soil and pond sediment samples were measured. For grouping ponds in to different categories, two distinct methods (overlapping isotopic lines and GGE Biplot diagram) were used. Based on GGE diagram, high correlation has been recognized between sulphate and potassium concentrations. It seems due to prohibition of hunting in these ponds, population of the migrated birds increased. Therefore because of the bird's wastes and fish farming in these ponds, solute concentrations increased. During summer seventeen ponds are neither too light falling to isotopic pattern of

precipitation trend line nor too heavy falling to isotopic pattern of August. Chemical comparison between soil upstream and pond's sediment suggest elements movement from upland to these ponds. Field studies confirmed municipal sewage contamination movement into these ponds. All these data suggest high levels of soluble salts in these ponds. It seems accumulation of pollutant and phosphorus, caused rapid growth of Azolla (aquatic alga) in these ponds and consequently evaporation of water from pond surface diminished and heavy isotope enrichment process decreased.

Keywords: Stable isotope, Isotope hydrology, ponds, statistical modeling, ^{18}O, ^{2}H.

مقدمه:

با وجود بارندگی فراوان در اراضی واقع در امتداد خط ساحلی (بین دریای خزر و رشته کوه البرز)، حتی در این بخش نیز در طول ماه‌های گرم تابستان، کمبود آب برای آبیاری مزارع برنج غرقابی ملاحظه می شود. به این منظور تالاب‌های طبیعی (و یا مصنوعی) می‌تواند گزینه مناسب برای نگهداری، ذخیره و استفاده از آب در شرایط گرم سال به شمار رود. در استان گیلان یکی از مهم‌ترین انواع مخازن ذخیره‌سازی آب، تحت عنوان آب‌بند نام گذاری شده است. این منابع تعدادی از تالاب‌های طبیعی و یا آبگیرهای ساخته دست بشر را شامل می‌گردد. این مخازن کم عمق، در اندازه‌های مختلف از ۳ تا ۱۰۰۰ هکتار، در ابتدا به عنوان آب‌انبار موقت تامین آب برای آبیاری مزارع برنج در طول فصل گرم سال کاربری یافت. هم اکنون حدود ۲۱۶۰ آب‌بند در استان گیلان وجود دارد که در مجموع ۸۳۵۳ هکتار اراضی را تحت پوشش قرار می‌دهد.

یکی از مهم‌ترین مشکلات آب‌بندها، ظرفیت ذخیره‌سازی کم آب و کیفیت شیمیایی نامناسب آنها از نظر ملاحظات زیست محیطی است. در این راستا، مطالعات هیدرولوژی ایزوتوپی می‌تواند با ثبت داده‌های توده‌ای آب و شناسایی تعادلات آن، ظرفیت کاربرد این منابع ذخیره‌سازی آب را در حوزه‌های آبریز افزایش دهد [1]. *جانسون* و همکاران شاخص‌های ایزوتوپی در دریاچه‌های قطبی شمال سوئد را مورد بررسی ومطالعه قرار دادند [2]. آنها گزارش کردند که این دریاچه‌ها عمدتا توسط آبهای زیرزمینی کم عمق تغذیه می‌شوند و فرایند تبخیر نیز تاثیر جزئی در بارش‌های منطقه‌ای باران بر جا می‌گذارد. آنها نتیجه گرفتند که ترکیب ایزوتوپی (^{18}O و ^{2}H) ورودی به اغلب این دریاچه‌ها بر اساس بارش‌های فصلی زمستانی و تابستانی متفاوت بوده است. طیف ایزوتوپی آب این دریاچه‌ها نیز در سایت‌های مختلف بر اساس زمان ذوب برف و ارتفاع حوزه آبریز تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت. *ورهکا* و همکاران گزارش کردند که تغییرات فصلی در $\delta^{18}O$ در ایستگاه‌های ساحلی نسبت به ایستگاه‌های قاره‌ای (اسلوونی و کرواسی) به دلیل کاهش تغییرات درجه حرارت فصلی، پایین‌تر می‌باشد [3]. لذا به دلیل تعامل قویتر فرایندهای هوا، دریا و سهم فشار بخار دریا در تخلیه رطوبت هوای قاره‌ای، یک الگوی پیچیده‌تر در حوزه دریای مدیترانه مشاهده شده است [4]. به این منظور، برای ارزیابی کمیت ذخیره‌سازی آب و ترکیب شیمیایی آب آبیاری، ۳۰ آب‌بند در شمال ایران در راستای کاربری بلند مدت آن در تولید محصولات کشاورزی انتخاب شد. هدف از مطالعه حاضر استفاده از فناوری هسته ای در بدست آوردن اطلاعات هیدرولوژیکی تالاب ها در ارتباط با بررسی تغییرات فصلی ^{18}O و ^{2}H در ارتباط با خواص شیمیایی آب تالاب‌ها و استفاده از مدل آماری GGE Biplot در بررسی ایزوتوپ های پایدار ^{18}O و ^{2}H در منابع ذخیره سازی آب می باشد [5 ,6] .

مواد و روش‌ها:

بررسی در استان گیلان در ۳۰ منبع ذخیره‌سازی آب به مختصات جغرافیایی X:۳۶۸۳۷۶ تا ۴۳۳۵۸ و Y:۴۱۰۴۳۷۰ تا ۴۱۳۹۵۲۲ در طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸ صورت گرفت. از فاکتورهای متعدد اقتصادی و اجتماعی نظیر اهمیت، مساحت و کاربری تالاب در انتخاب آن ها مورد استفاده قرار گرفت. کلیه اطلاعات مربوط به هیدرولوژی و فیزیوگرافی از ایستگاه‌های آب و هوایی مجاور آب‌بندهای مورد مطالعه جمع‌آوری شد. نمونه آب تالاب در طی فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان جمع‌آوری گردید. در طول این دوره همچنین مساحت آب‌بندها، حجم کل آب، عمق متوسط آب و توزیع تجمعی فیتوپلانکتون نیز اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌های شیمیایی آب، با استفاده از روش‌های متداول تجزیه در آزمایشگاه گروه پژوهشی کشاورزی هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران صورت گرفت. تجزیه ایزوتوپی ($\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$) نیز با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جرمی نسبت ایزوتوپی (IRMS) در مقیاس فراوانی طبیعی، توسط آزمایشگاه کشاورزی و بیوتکنولوژی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی انجام شد. در این روش با استفاده از سیستم احتراق، نمونه‌های گیاه به فرم گازی‌شکل تبدیل شده (N_2، CO_2، H_2 و SO_2) و سپس گازهای حاصل به دستگاه تجزیه‌کننده انتقال می‌یابند. چشمه یونی از نوع برخورد الکترونی و تجزیه‌کننده جرمی از نوع ادوات قطاع مغناطیسی بود. در نهایت با استفاده از مدل آماری GGE Biplot (به عنوان یکی از برنامه‌های آماری کارآمد در پیشگویی متغیرهای غیر وابسته)، مدل‌سازی تغییرات فصلی ایزوتوپ‌های پایدار O^{18} و H^{2} در آب‌بندهای انتخاب شده در استان گیلان انجام شد.

نتایج و بحث:

در جدول ۱ تغییرات ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ ، هیدروژن ۲ و دوتریوم اضافه ۳۰ تالاب در طول سال ارائه شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود، در فصل بهار الگوی ایزوتوپی آب در آبگیرهای شماره ۶، ۱۰، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۴ و ۲۶ به ترکیب ایزوتوپی باران مشابهت بیشتری داشته است. آبگیرهای شماره ۱، ۳، ۴، ۷، ۱۱، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۲۸ و ۲۹ از الگوی ایزوتوپی فصل زمستان تبعیت نموده و در نهایت آبگیرهای شماره ۲، ۵، ۸، ۹، ۱۲، ۱۳،۱۴ و ۳۰ در ترند جدید قرار گرفته اند.

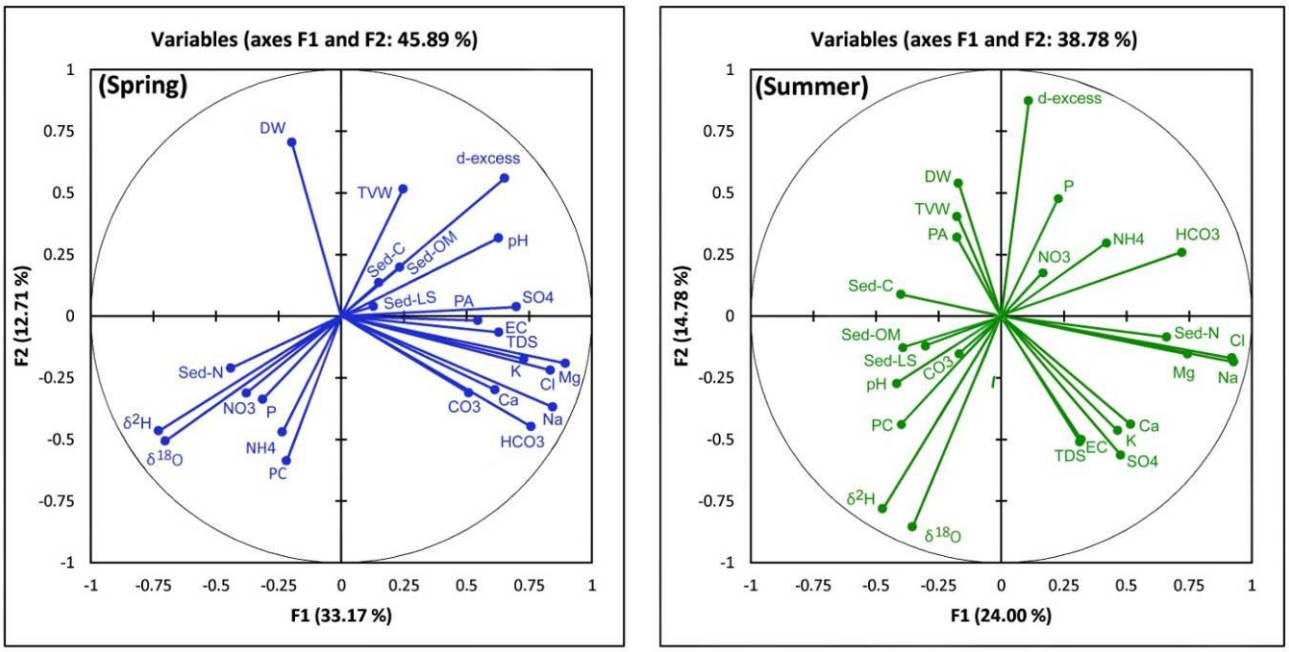
جدول ۱- تغییرات ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ ، هیدروژن ۲ و دوتریوم اضافه ۳۰ تالاب در طول سال

شماره تالاب	بهار			تابستان			پاییز			زمستان		
	$\delta^{18}O$	$\delta^{2}H$	d-excess	$\delta^{18}O$	$\delta^{2}H$	d-excess	$\delta^{18}O$	$\delta^{2}H$	d-excess	$\delta^{18}O$	$\delta^{2}H$	d-excess
1	-2.60	-23.18	-2.36	0.45	-1.44	-5.05	-5.91	-36.10	11.20	-7.47	-45.96	13.80
2	2.54	0.18	-20.12	-1.14	-6.24	2.85	-5.14	-38.15	2.98	-7.26	-46.57	11.48
3	-2.62	-22.32	-1.35	-0.90	-8.97	-1.75	-4.90	-34.88	4.30	-7.11	-45.70	11.18
4	-1.83	-18.43	-3.80	-0.41	-4.57	-1.28	-5.05	-35.44	4.95	-7.78	-48.12	14.16
5	-1.46	-17.97	-6.31	-0.17	-3.53	-2.19	-5.44	-36.91	6.58	-7.11	-46.22	10.69
6	-5.92	-38.71	8.62	-0.20	-3.97	-2.39	-6.06	-36.48	11.97	-7.71	-46.43	15.29
7	-5.19	-35.84	5.65	-1.61	-17.25	-4.34	-6.07	-39.97	8.58	-7.62	-48.24	12.74
8	-1.08	-16.31	-7.70	5.26	18.57	-23.54	-5.26	-39.82	2.30	-8.51	-60.09	8.03
9	-2.13	-20.76	-3.75	3.41	11.67	-15.63	-5.17	-31.56	9.84	-6.52	-42.96	9.20
10	-5.30	-34.13	8.27	-2.85	-17.26	5.56	-6.59	-43.34	9.41	-7.75	-48.40	13.58
11	-2.55	-22.61	-2.18	-0.32	-12.26	-9.66	-4.47	-32.61	3.13	-5.57	-37.82	6.71
12	-1.24	-16.33	-6.45	-6.34	-36.09	14.65	-6.29	-42.67	7.63	-6.89	-43.55	11.53
13	-0.89	-16.28	-9.20	-0.01	-8.81	-8.74	-5.70	-38.44	7.13	-8.05	-49.65	14.77
14	1.02	-6.05	-14.25	-0.11	-12.00	-11.12	-5.30	-38.01	4.37	-7.85	-48.50	14.33
15	-5.55	-38.13	6.30	-1.04	-16.09	-7.75	-6.14	-46.30	2.84	-8.54	-54.10	14.23
16	-3.99	-29.71	2.18	1.26	1.71	-8.33	-5.37	-35.54	7.46	-7.58	-49.07	11.59
17	-5.14	-32.91	8.24	1.35	2.37	-8.43	-4.70	-31.65	5.97	-6.42	-41.68	9.65
18	-6.31	-41.84	8.62	-1.46	-17.51	-5.84	-5.15	-38.69	2.48	-7.42	-46.33	12.99
19	-5.84	-39.37	7.33	-2.41	-20.47	-1.23	-6.77	-40.14	14.06	-8.08	-49.13	15.54
20	-6.07	-40.96	7.62	-4.16	-29.44	3.80	-5.98	-38.95	8.87	-6.93	-42.46	12.95
21	-6.58	-43.00	9.67	-3.53	-26.72	1.53	-6.18	-41.67	7.75	-7.36	-44.85	14.07
22	-4.72	-34.04	3.74	-3.45	-26.38	1.26	-6.07	-43.60	4.99	-8.15	-50.69	14.53
23	-5.46	-37.70	5.95	-1.77	-18.68	-4.51	-5.77	-37.01	9.18	-7.25	-44.73	13.29
24	-5.46	-37.63	6.08	-3.82	-27.24	3.29	-5.48	-35.32	8.48	-6.03	-37.28	11.00
25	-4.66	-33.76	3.55	-6.49	-37.82	14.12	-7.48	-45.08	14.79	-8.14	-49.42	15.69
26	-6.81	-43.23	11.29	-5.27	-32.41	9.71	-6.89	-45.28	9.85	-8.12	-50.83	14.14
27	-4.16	-28.61	4.71	-1.35	-14.87	-4.09	-5.44	-34.86	8.70	-6.42	-38.58	12.74
28	-3.00	-23.21	0.80	-1.04	-5.58	2.70	-6.95	-39.57	16.00	-7.67	-47.37	13.95
29	-3.37	-23.95	2.99	1.83	2.02	-12.61	-6.25	-41.52	8.48	-8.85	-54.08	16.73
30	-0.72	-14.91	-9.15	1.69	5.82	-7.68	-5.98	-43.73	4.12	-9.54	-60.92	15.38

*d-excess= $\delta^{2}H-8\delta^{18}O$

نمودار بای پلات در فصل بهار موید این مطلب بود که صفاتی که بیشترین همبستگی را با صفات ارزش دلتا اکسیژن ۱۸ در آب آبگیر ($\delta^{18}O$)، ارزش دلتا هیدروژن ۲ در آب آبگیر ($\delta^{2}H$) و ارزش دلتا دوتریوم اضافی در آب آبگیر (d-excess) داشتند صفات غلظت سولفات، منیزیم و پتاسیم در آب بود. این صفات با $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۴۷۳-، ۰/۴۶۶- و ۰/۴۶۲- را داشت که این مقادیر در سطح احتمال ۱ درصد از لحاظ آماری معنی‌دار بود. به عبارت دیگر مطابق این نتیجه در بهار با افزایش غلظت سولفات، منیزیم و پتاسیم در آب ارزش دلتای $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ کاهش و ارزش d-excess افزایش می‌یابد. همچنین مطابق این نتیجه افزایش غلظت آمونیوم (۰/۳۵۵) و فسفر (۰/۳۱۶) در آب آبگیرها باعث می شود تا ارزش دلتا $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ افزایش و ارزش دلتا d-excess کاهش می‌یابد. از سوی دیگر با افزایش غلظت سدیم (۰/۳۳۷-)، کلر

(۰/۳۹۴-)، بیکربنات (۰/۳۱۷-) و افزایش میزان EC از ارزش دلتای $\delta^{18}O$ کاسته شده است. اما در این میان تاثیر غلظت سولفات در آب بر روی ارزش $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ بیش از عوامل دیگری تشخیص داده شد. اما در بین آنیون‌ها موثرترین آنها سولفات و در بین کاتیون‌ها پتاسیم بود که افزایش هر دو عامل باعث کاهش ارزش $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ گردید (شکل ۱).

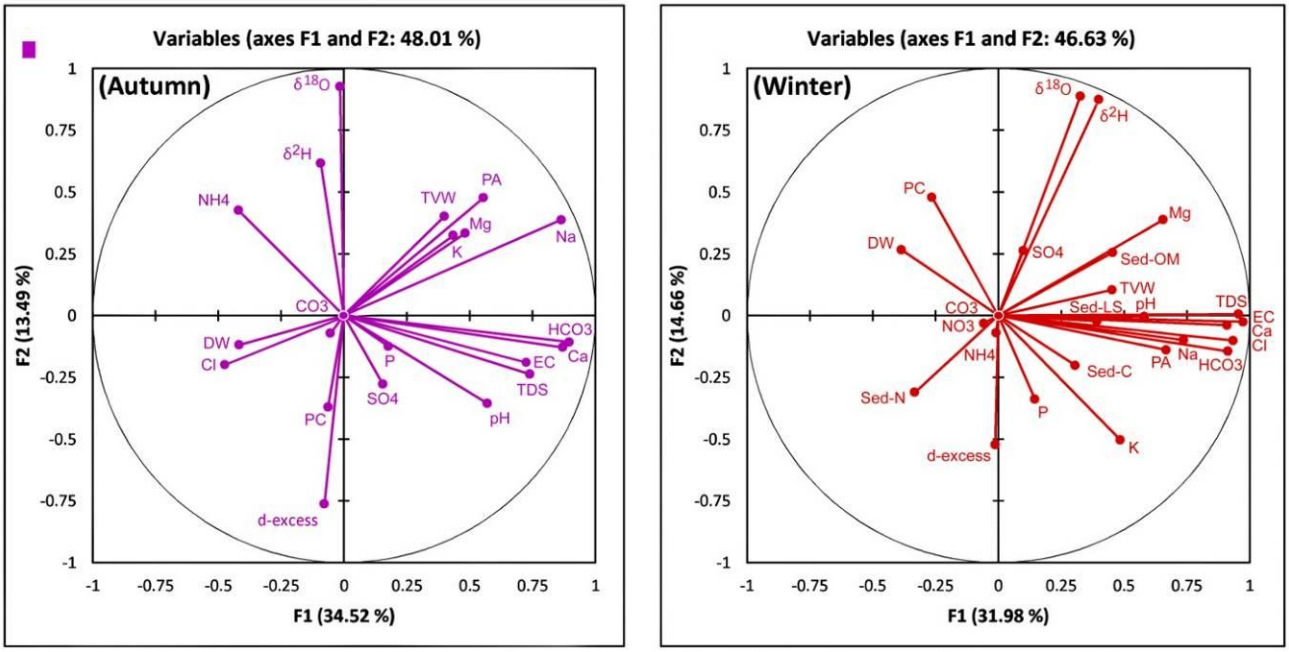


شکل ۱- مقایسه خصوصیات شیمیایی و ایزوتوپی آب و رسوب کف آبگیرها در فصول بهار و تابستان با استفاده از نمودار بای پلات

در فصل تابستان با استفاده از نمودار بای‌پلات، نتایج موید این مطلب بود که صفاتی که صفتی که بیشترین همبستگی را با صفات ارزش دلتا اکسیژن ۱۸ در آب آبگیر ($\delta^{18}O$) و ارزش دلتا هیدروژن ۲ در آب آبگیر ($\delta^{2}H$) دارد صفت غلظت آمونیوم در آب می‌باشد (شکل ۱). این صفت با $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ ضریب همبستگی ۰/۴۲۴- را داشت که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. دومین عامل مرتبط با $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ غلظت آنیون بیکربنات در آب آبگیرها (HCO_3) که دارای ضریب همبستگی ۰/۴۱۲- بود و نشان می‌داد با افزایش غلظت این آنیون در آبگیرها ارزش $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد کاهش می یابد. جالب اینکه در تابستان اگرچه بین دو عامل $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ و با d-excess همبستگی منفی بالایی همانند ۰/۹۲۲- وجود داشت اما الزاما عوامل مرتبط با دو عامل $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ با d-excess نیز مرتبط نبود. به عنوان مثال غلظت یون بیکربنات در آب آبگیرها (HCO_3) همبستگی معنی‌داری با ارزش d-excess نداشت. اما غلظت پتاسیم در آب آبگیر همبستگی منفی (۰/۴۰-) و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با d-excess داشت، اما غلظت این کاتیون ارتباط منطقی با دو

عامل $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ نداشت. بنابر نتایج به دست آمده تاثیر pH آب (۰/۳۹۸)، غلظت نیترات (۰/۳۹۲)، و غلظت فسفر (۰/۳۵۵) بر روی دو عامل $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ بیش از صفات دیگری مشهود بود.

در بحث همبستگی خصوصیات شیمیایی و ایزوتوپی آب و رسوب کف آبگیرها در فصل پائیز با استفاده از نمودار بای‌پلات، نتایج موید این مطلب بود که بر خلاف فصول بهار و تابستان در فصل پائیز بین ارزش دلتا اکسیژن ۱۸ در آب آبگیر ($\delta^{18}O$)، ارزش دلتا هیدروژن ۲ در آب آبگیر ($\delta^{2}H$) و ارزش دلتا دوتریوم اضافی در آب آبگیر (d-excess) با صفات غلظت آمونیوم (۰/۲۸۰)، و غلظت کلسیم (۰/۲۳۵) همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید. بررسی دقیق‌تر نمودار بای پلات مربوطه نشان داد بین مقادیر فیتوپلانکتون‌ها در واحد حجم آب (۰/۲۲۸-)، pH آب (۰/۲۴۰-) و غلظت فسفر در آب (۰/۱۴۸-) با صفات مورد مطالعه همبستگی معنی‌دار منفی در فصل پائیز وجود داشت (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه خصوصیات شیمیایی و ایزوتوپی آب و رسوب کف آبگیرها در فصول پاییز و زمستان با استفاده از نمودار بای پلات

در بحث همبستگی خصوصیات شیمیایی و ایزوتوپی آب و رسوب کف آبگیرها در فصل تابستان با استفاده از نمودار بای-پلات، نتایج موید این مطلب بود که سه صفت به ترتیب غلظت منیزیم در آب آبگیر، درصد ماده آلی در رسوب کف آبگیر (Sed-OM)، درصد ماده احتراق شونده در رسوب کف آبگیر (Sed-LS) به ترتیب به طور میانگین همبستگی ۰/۵۶۵، ۰/۴۵۶ و ۰/۴۰۹ با ارزش دلتا اکسیژن ۱۸ در آب آبگیر ($\delta^{18}O$) و ارزش دلتا هیدروژن ۲ در آب آبگیر ($\delta^{2}H$) داشتند که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، اما این صفات همبستگی معنی‌دار منفی با ارزش دلتا دوتریوم اضافی در آب آبگیر (d-excess)

داشت (۰/۶۷۴-). بنابرین افزایش غلظت منیزیم در آب آبگیر (Mg) منجر به افزایش دو عامل $\delta^{18}O$ و $\delta^{2}H$ می‌گردد. بررسی روابط بین غلظت سولفات در آب آبگیر (۰/۳۵۴)، کلسیم (۰/۲۴۲) و کلر (۰/۲۰۹) با سایر صفات مورد مطالعه نشان داد که این صفت بیشترین همبستگی مثبت را به ترتیب با صفات هدایت الکتریکی آب (۰/۲۵۹)، باقی مانده خشک (۰/۲۸۰)، حجم کل آب (۰/۲۳۹) و میزان فیتوپلانکتون در واحد حجم آب آبگیرها (۰/۲۲۶) داشت (شکل ۲).

نتیجه‌گیری:

نتایج الگوی ایزوتوپی تالاب ها در فصول مختلف موید این مطلب بود که گروه آبگیرهای شماره ۶، ۱۰، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۴ و ۲۶ به ترکیب ایزوتوپی باران مشابهت بیشتری داشته است. از استراتژی‌های مدیریتی در خصوص افزایش کمیت آب در این گروه از آبگیرها می‌توان به هدایت مستقیم منابع آب باران به آبگیرها از طریق سیستم کانال‌کشی مستقیم، عمیق‌تر نمودن عمق آبگیرها از طریق بازدید سالانه و لایروبی آن‌ها، کاهش نفوذ عمقی آب از کف آبگیرها از طریق ایجاد دیافراگم، پرده تزریق، لایه ژئوممبران و کف بند اشاره نمود. ایجاد تعاونی‌های آبیاری، یکی نمودن کانال‌های آبیاری در منطقه، حذف کاشت گیاهان با بازدهی مصرف آب پایین (نظیر چغندر قند، حبوبات، آفتابگردان و غیره) نیز از استراتژی‌های سودمند در افزایش کارایی مصرف آب در منطقه به شمار میرود. در این راستا تغییر مدیریت آبیاری از حالت غرقابی به آبیاری هشت روز یکبار میتواند ۵۰ درصد به سودمندی مدیریت آبیاری بیافزاید.

مقایسه کیفیت شیمیایی خاک اراضی بالا دست آبگیر با رسوب کف آبگیر، موید انتقال عناصر شیمیایی به بعضی از آبگیرها بوده است. بررسی‌ها نشان داد که کلیه آبگیرهای ترند جدید، آلودگی شیمیایی N، NO_3، NH_4 و P دارند. در رسوب یک سری از آبگیرها pH اسیدی‌تر بوده و میزان مواد آلی و میزان مواد احتراق شونده (در نتیجه گرما) بالا تر بوده است. لذا به نظر میرسد این آبگیرها (۱، ۷، ۸، ۹، ۱۷ و ۳۰) فاضلاب شهری دریافت مینمایند (که مطالعات میدانی هم این قضیه را تایید نموده است). در آبگیرهای دیگر EC و TDS و غلظت سدیم، کلر و پتاسیم بالا تر بوده است که نشان دهنده تراوش پساب مزارع بالا دست به این آبگیرها می باشد. تجمع آلاینده‌ها و افزایش غلظت بعضی از عناصر (نظیر فسفر) باعث رشد بیش از حد آزولا در آبگیرهای ترند جدید شده و لذا از ترکیب ایزوتوپی سنگین آب کاسته می‌شود. رشد آزولا باعث مصرف اکسیژن در سطح آب شده و لذا افزایش اسیدیته (کاهش pH) و کاهش میزان فیتوپلاکتون آب از پیامدهای این امر بوه است.

مراجع:

1. I. Leontiadis, S. Vergis, and T. Christodoulou, "Isotope hydrology study of areas in Eastern Macedonia and Thrace, Northern Greece. Journal of hydrology". 182(1), 1-17 (1996).
2. C. E. Jonsson, M. J. Leng, G. C. Rosqvist, J. Seibert, and C. Arrowsmith, "Stable oxygen and hydrogen isotopes in sub-Arctic lake waters from northern Sweden. Journal of Hydrology". 376(1-2), 143-151 (2009).
3. P. Vreča, I. K. Bronić, N. Horvatinčić, and J. Barešić, "Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations. Journal of Hydrology". 330(3-4), 457-469 (2006).
4. W. D'Alessandro, C. Federico, M. Longo, and F. Parello, "Oxygen isotope composition of natural waters in the Mt Etna area. Journal of Hydrology". 296(1-4), 282-299 (2004).
5. R. Choukan, "Genotype, environment and genotype× environment interaction effects on the performance of maize (Zea mays L.) inbred lines. Crop Breeding Journal". 1(2), 97-103 (2011).

6. P. Vreča, I. K. Bronić, N. Horvatinčić, and J. Barešić, "Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations. Journal of Hydrology". 330(3–4), 457-469 (2006).

.