محیط شناسی، سال سی و پنجم، شمارهٔ ۵۲ زمستان ۸۸، صفحهٔ ۶۵-۷۴

روند فراغنی شدن تالاب انزلی با استفاده از اطلاعات ده‌ساله ۱۳۷۱-۱۳۸۱

چکیده

تالاب انزلی در حاشیهٔ جنوب غربی دریای خزر با ویژگی‌های منحصر به‌فرد خود در سال ۱۳۵۴ در فهرست کنوانسیون رامسر قرار گرفت. در حال حاضر این تالاب دچار مشکلات متعددی است که فراغنی شدن از پیامدهای بارز آن است. ورودی‌های تالاب انزلی در روند یوتریفیکاسیون آن مؤثر بوده و بخش‌های شرقی و مرکزی را بیشتر تحت اثر خود قرار می‌دهند. بررسی حاضر طی سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ در ایستگاههای موجود در پیکرهٔ تالاب انجام گرفت. درجه یوتریفیکاسیون با استفاده از مدل‌های مختلف تعیین سطح تروفی سنجش شد و مقادیر کلروفیل a ، نیتروژن کل و فسفات کل به‌عنوان مشخصه‌های مورد نیاز در مدل‌ها بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که مقدار کلروفیل a در اکثر نقاط بالاتر از ۲۵ میکروگرم در لیتر، مقادیر نیتروژن بیشتر بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و فسفر کل بین ۰/۰۵ تا ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر بوده است. بر اساس آستانه وضعیت‌های مختلف تروفی مشخصه‌های مذکور ۸۷ تا ۱۰۰ درصد تالاب انزلی یوتروف شده درحالی‌که این رقم در سالهای اولیه حدود ۴۶ تا ۹۰ درصد بوده است. بر اساس مدل یوتروفی فسفات به ازت، سیر صعودی یوتریفیکاسیون طی سالهای مورد بررسی مشاهده شده. اما بخش‌های عمدهٔ تالاب در مرحلهٔ نهایی مزوتروف قرار دارد. میانگین مقدار این نمایه در سالهای انتهایی بررسی حدود ۴۶ محاسبه شده که با توجه به سایر خصوصیات زیستی تالاب انزلی و در مقایسه با برخی دریاچه‌های الیگو مزوتروف رقم پایینی محسوب می‌شود. بر اساس این نمایه کمتر از ۵/۲ درصد گسترهٔ تالاب یوتروف به‌شمار می‌رود. تالاب انزلی گنجایش جذب و هضم مواد مغذی وارده بر خود را ندارد و متوقف کردن روند رو به رشد آن باید در برنامه‌های احیای تالاب قرار گیرد. بهره‌گیری از نتایج مطالعات گذشته و بازبینی برخی از توصیه‌ها کمک مؤثری در کنترل فراغنی شدن تالاب انزلی خواهد کرد.

کلید واژه

تالاب انزلی، فراغنی شدن، نیتروژن، فسفر، کلروفیل a

سرآغاز

تالاب‌ها به‌واسطهٔ اجزای تشکیل‌دهندهٔ خود واجد ویژگی‌های متعددی بوده به‌طوری‌که ۷۵ ویژگی برای تالاب‌های ساحلی و شیرین بیان شده است، اما بطور عمده هر تالاب فقط بخشی از این خصوصیات را بروز می‌دهد (مجنونیان، ۱۳۷۷). تالاب انزلی در عرض "۲۸ '۳۷ شمالی و در طول "۲۵ '۴۹ شرقی در امتداد شمال غربی و جنوب شرقی قرارگرفته و مساحت آن طی چهل سال اخیر تغییر زیادی کرده و از ۲۱۸ کیلومتر مربع در سال ۱۳۴۵(کیمبال و کیمبال، ۱۹۷۴) تا ۶۰ کیلومتر مربع در سال ۱۳۶۸ (Holčík, and Oláh, 1992) متغیر بوده است. این تالاب با قرار گرفتن در اکوسیستم‌های مختلف دارای ویژگی‌های منحصر به‌فردی بوده که در سال ۱۳۵۴ در فهرست معاهده رامسر قرار گرفت. تالاب انزلی طی سالیان اخیر دچار مشکلات متعددی همچون کاهش سطح آب دریای خزر، عوامل انسانی متعدد مخرب و ورود گونه‌های بیگانه بوده که یوتریفیکاسیون

نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۱۸۴۶۸۷۷

E-mail: mirzajani@hotmail.com

و متعاقب آن پیری و مرگ زودرس تالاب را در برداشته است (خداپرست،۱۳۷۳).

یوتریفیکاسیون، یا فراغنی شدن با مواد مغذی پدیده و مشکلی است که در سرتاسر دنیا گریبانگیر تالاب‌ها، رودخانه‌ها، نهرها و دریاچه‌ها شده که توسط (Smith, 2009 و Istvánovics, 2009) نیز تشریح شده است.

طی بررسی‌های FAO برآورد بار رسوبی وارده به تالاب از ۱۱ شاخه رودخانه عمده به تالاب، حدود ۳۸۶۶۰۲ تن بوده است و سالانه حدود ۳۱۴۵۱۰ تن از بندر لایروبی می‌شود (نظامی و خداپرست، ۱۳۷۵). جریان‌های ورودی تالاب انزلی که در روند یوتریفیکاسیون آن مؤثرند به‌گونه‌ای است که ۵۲ درصد از طریق سیاه درویشان به بخش مرکزی تالاب، ۴۴ درصد از طریق پیربازار، پسیخان و خمام رود به بخش شرقی تالاب و ۴ درصد باقیمانده به بخش غربی تالاب وارد می‌شوند. وضع آبهای ورودی به‌نحوی است‌که آبهای وارده به قسمت مرکزی و شرقی زودتر تخلیه شده ولی تخلیهٔ آبهای منطقه غربی مدتها طول می‌کشد (کیمبال و کیمبال، ۱۹۷۴).

در حال حاضر منابع آلوده‌کننده متعددی در بخش‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب شهری وجود دارند که تالاب انزلی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. توسعهٔ جوامع بشری افزایش ورود ۲۶۰۵۴ تن مواد آلی کربنی، ۴۸۹۵ تن نیتروژن و ۳۷۸ تن فسفر در سال را به تالاب انزلی در بر داشته که روند یوتوفیکاسیون را تسریع کرده است. از این میزان مواد مغذی حدود ۳۸٪ در تالاب باقی مانده که مورد استفاده ماکروفیت‌ها قرار می‌گیرد و باقیماندهٔ مواد مغذی از طریق کانالهای خروجی وارد دریا می‌شود (نظامی و خداپرست، ۱۳۷۵).

رشد جمعیت و افزایش روند شهرنشینی و فعالیت‌های کشاورزی، استفاده انبوه از پاک‌کننده‌های سنتتیک، کودهای ازته و فسفاته ناشی از کشاورزی در حوزهٔ آبریز از علل و عوامل مهم پیری زود رس تالاب محسوب می‌شوند (مهندسان مشاور یکم، ۱۳۶۸).

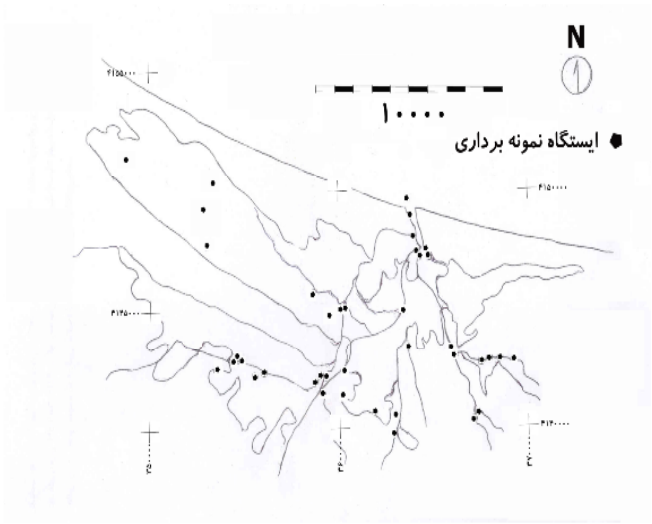
وضعیت فراغنی شدن تالاب انزلی در سال ۱۳۴۹ به‌وسیله کنت کیمبال و سارا کیمبال گزارش شد (کیمبال و کیمبال، ۱۹۷۴)، همچنین جمالزاد (۱۳۷۷) و درویش صفت و همکاران (۱۳۷۸) براساس چندین عامل زیستی و غیر زیستی در سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۴ تالاب را یوتروف معرفی کردند، هرچند بر اساس معیار تروفیکی ازت، کل بخش‌های عمدهٔ تالاب مزوتروف بوده است، این معیار بر اساس عامل فسفات به ازت، تالاب غرب را مزوتروف و بخش‌های دیگر تالاب را یوتروف معرفی کرده است.

البته معیارهای طبقه‌بندی تروفیکی پیکره‌های آبی بسیار متنوع بوده و عوامل اکسیژن محلول، فسفر و نیتروژن، تعداد پلانگتون‌ها و شاخه‌های پلانگتونی، کلروفیل (a) و شفافیت، اصلی‌ترین آنها به‌شمار می‌روند. معیارهای دیگر همچون فسفات آلکالینی نیز در تعیین سطح تروفی دریاچه‌ها تحقیق شدند (Boavida, et al., 1997) که با دارا بودن ارتباط مثبت با مشخصه‌های قوی همچون معیار کلروفیل (a) و فسفر کل نیازمند مطالعات گسترده‌تری هستند. در نهایت، ابداع معادلات پیچیده با دخالت عوامل بیولوژیک و شیمیایی آب منتهی به مدل‌های پویای برای سنجش سطح تروفی دریاچه‌ها گشته(Estrada, et al., 2009) که به‌صورت غیرخطی بیان شده و برای لایه‌های مختلف آب متفاوت هستند.

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ تغییرات فراغنی شدن آب تالاب در سه مقطع زمانی با استفاده از برخی نمایه‌های اصلی تعیین سطح تروفی مورد بررسی قرار گرفته است.

منطقهٔ مورد مطالعه و روش بررسی

این بررسی طی سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ در پیکرهٔ تالاب انزلی انجام گرفت. تعداد ایستگاهها طی سالها متغیر بوده و شامل ۴۰ نقطه در تالاب بوده است (شکل شمارهٔ۱).



شکل شمارهٔ (۱): نقاط نمونه برداری در تالاب انزلی

تعداد ایستگاهها در سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۷ ، ۳۹ عدد و در سالهای ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۱ ، ۱۵ نقطه بوده است. بررسی سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۴ و سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۱ به‌صورت ماهانه و در سالهای

۱۳۷۵ تا ۱۳۷۷ به‌صورت فصلی انجام شده است. برای نمونه‌برداری عوامل هیدروشیمی از نمونه‌بردار روتنر استفاده شد. در آزمایشگاه برای تعیین کلروفیل a، حجم مشخصی از آب به‌وسیلهٔ کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرون GF/C/Nhatman و پمپ خلاء صاف شده و سپس به‌وسیلهٔ الکل یا استون استخراج و در طول موج‌های ۶۳۰ ـ ۶۴۵ ـ ۶۶۳ ـ ۷۵۰ نانومتر قرائت شد. اندازه‌گیری ازت کل از طریق هضم نمونه در دستگاه اتوکلاو و استفاده از ستون کاهشی کادمیوم با معرف سولفانیل آمید در طول موج ۵۴۳ انجام گرفت.

فسفات کل با هضم نمونه به‌وسیله پرسولفات پتاسیم به‌وسیله دستگاه اتوکلاو و فسفات محلول توسط معرف اسید اسکوربیک در طول موج ۸۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری HACH و دستگاه U-2000 هیتاچی اندازه‌گیری شدند. برای سنجش این مشخصه‌ها از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA,1989) استفاده شد.

برای سنجش درجهٔ یوتریفیکاسیون از مدل تروفیکی کلروفیل a (Carlson, 1977) و مدل تروفیکی نسبت فسفات به ازت کل (Carlson, 1992) استفاده شد (اخذ شده از جمالزاد، ۱۳۷۷ و Carlson, & Simpson, 1996).

$$TSI_{(CHL)}=9.81 \text{ Ln } _{(CHL)} +30.6$$

$TSI_{(CHL)}$ شاخص تروفی کلروفیل a و $_{CHL}$ کلروفیل a برحسب میکروگرم در لیتر)

$$TSI_{(PN)}= 9.81 \text{ Ln } _{(10^{PN})} + 30.6$$

$$Log_{(PN)}= -0.7 + 1.25Log (X_{PN})$$

$$(X_{PN})= \left[P^{-2} + \left[\frac{N - 150}{12} \right]^{-2} \right]^{-0.5}$$

TSI (PN) شاخص تروفی فسفات به نیترات و P ، N فسفات کل و ازت کل برحسب میکرو گرم در لیتر).

براساس معیار فسفات کل به ازت، کل مناطق کمتر از ۳۰ اولیگوتروف و بین ۳۰ تا ۵۰ مزوتروف و بالاتر از ۵۰ یوتروف معرفی می‌شوند. همچنین مدل تروفیکی فسفات کل (Carlson, 1980) و ازت کل (Kratzer, 1980) برای مقایسه استفاده شد (اخذ شده از Carlson, & Simpson, 1996).

$$TSI(TP)= 14.42 \text{ Ln } (TP) + 4.15$$

$$TSI(TN)=14.43 \text{ Ln } (TN) +54.45$$

فسفات کل TP ازت کل TN

آستانه وضعیت‌های مختلف تروفی بر اساس کلروفیل a ، فسفات کل و ازت کل نیز برای مقایسه استفاده شد (اخذ شده از درویش صفت و جمالزاد، ۱۳۷۸). بانک اطلاعاتی متغیرهای مذکور در Excell تشکیل شد و سپس با استفاده از نرم افزار Idrisi32 Kilimanjaro اطلاعات نقطه‌ای درون‌یابی شد و نقشه هریک از عوامل مذکور و طبقات یوتریفیکاسیون در تالاب ترسیم و پهنه بندی آن مشخص شد

نتایج

مقادیر کلروفیل a از ۸/۸ در سال ۱۳۷۲ تا ۵۰/۲ میکروگرم در لیتر در سال ۱۳۷۹ متغیر بوده است و تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بین سالها مشاهده شد (مقدار آزمون کروسکال والیس ۴۹۷/۹ ، df=۹). میانگین کلروفیل در سالهای ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۵ کمتر از ۲۰ میکرو گرم در لیتر بوده و در سال ۱۳۷۹ بالاتر از ۴۰ میکروگرم در لیتر سنجش شد، سایر سالها در دو دامنه میانگین ۲۰ تا ۴۰ میکروگرم در لیتر قرار گرفتند.

در نگرشی کلی مشخص شده که پس از سال ۱۳۷۵ مقادیر کلروفیل a افزایش یافته و در اکثر نقاط بالاتر از ۲۵ میکروگرم در لیتر سنجش شده است (شکل شمارهٔ ۲).

تفاوت معنی‌دار میزان کلروفیل a در سالهای با مقادیر حداقل و حداکثر مشاهده شده است (شکل شمارهٔ ۳). روند تغییرات نیتروژن کل و فسفات کل نیز در شکل شمارهٔ (۳) نشان داده شده است. مقدار نیتروژن کل تغییر زیادی نداشته و از میانگین حداقل ۰/۷۸ در سال ۱۳۷۴ تا حداکثر ۱/۴۱ میلی‌گرم درلیتر در سال ۱۳۷۹ در نوسان بوده است. مقدار حداقل با تمام سالها و مقدار حداکثر با بیشتر سالها (شکل شمارهٔ ۳) تفاوت معنی‌دار داشته است (مقدار آزمون کروسکال والیس ۱۰۰/۳، df =۸).

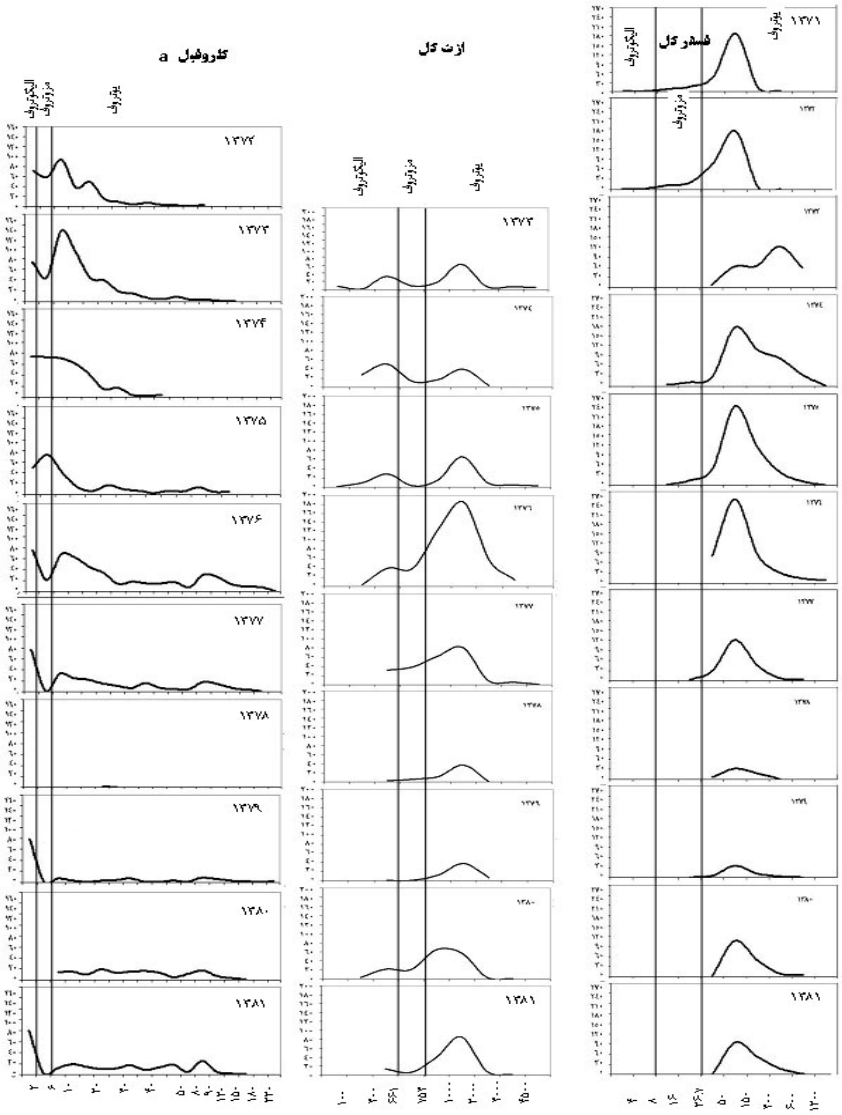
مقدار فسفر کل (شکل شمارهٔ ۳) در سالهای ۱۳۷۳ ، ۱۳۷۴ بیشترین و در سالهای ۷۱ـ۱۳۷۲ کمترین بوده که تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ نشان داده است (مقدار آزمون کروسکال والیس ۴۲۰/۳ ، df= ۸).

تغییرات مقادیر کل نیتروژن و فسفر از روند خاص طی سالهای مختلف پیروی نمی‌کند و مقادیر نیتروژن بیشتر بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر در بخش‌های مختلف تالاب بوده و فسفر در اکثر مناطق و در اکثر سالها بین ۰/۰۵ تا ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده

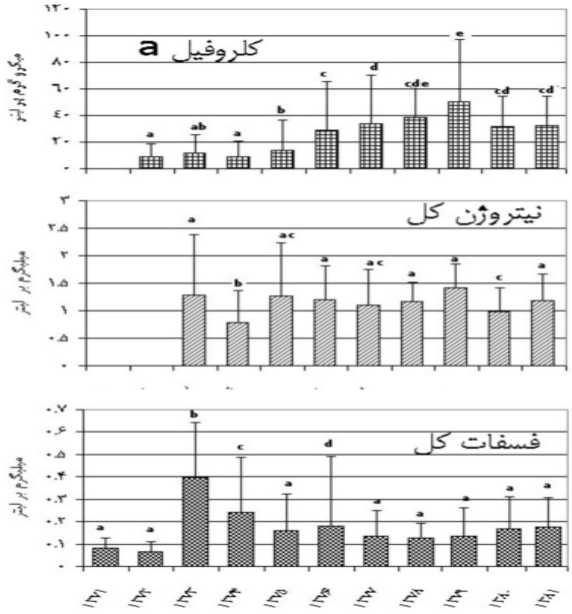
است. شکل شمارهٔ (۲) تعدداعداد ثبت شده را بر اساس آستانهٔ وضعیت‌های مختلف تروفی کلروفیل a، ازت کل و فسفات کل (بر حسب میکروگرم در لیتر) رادر تالاب انزلی برای سالهای مختلف نشان می‌دهد.

همان‌طورکه پیداست بر اساس مشخصه کلروفیل a (شکل شمارهٔ ۲ و جدول شمارهٔ ۱)، فراغنی شدن تالاب انزلی از ۴۶ درصد به ۹۱ درصد، بر اساس مشخصهٔ فسفر کل از ۹۰ به ۱۰۰ درصد و بر اساس ازت کل از ۶۶ درصد به ۹۷ درصد افزایش یافته است. این روند با استفاده از مدل‌های تروفی نیز تأیید شده به گونه‌ای که بر اساس مدل تروفی کلروفیل a، یوتروفی شدن تالاب از ۶۰ درصد به ۹۱ درصد افزایش یافته است و براساس مدل تروفی ازت کل، تالاب انزلی در تمامی سالهای مورد بررسی یوتروف بوده است. روند فراغنی شدن تالاب براساس مدل تروفی فسفات کل نیز از حدود ۹۰ درصد سالهای اولیه به ۱۰۰ درصد در سالهای انتهایی بوده است.

نتایج، سیر صعودی ارقام در مدل یوتروفی فسفات به ازت را در سالهای مختلف نشان داده و فقط سالهای ۱۳۷۴و ۱۳۸۰ در روند صعودی شکست ایجاد کرده‌اند که آن نیز مربوط به پراکندگی اعداد بوده و با خطای استاندارد بالاتر سالهای مذکور قابل تفسیر است. بر اساس این مدل بخش‌های عمدهٔ تالاب در مرحلهٔ نهایی مزوتروف و اولیه یوتروف قرار دارند که میانگین مقدار مدل تروفی فسفات به ازت از ۴۲ در سال ۱۳۷۴ تا مقدار ۴۶ در سال ۱۳۸۱در نوسان بوده است.



شکل شمارهٔ (۲): فراوانی اعداد ثبت شده مشخصه‌های کلروفیل a ، فسفات کل و ازت کل و تعیین سطح تروفی بر اساس آستانه وضعیت‌های مختلف



شکل شمارهٔ (۳): تغییرات میانگین سالانهٔ کلروفیل a ، نیتروژن کل و فسفات کل در تالاب انزلی و وجود تفاوت معنی دار میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD

جدول شمارهٔ(۱): درصد طبقات یوتروفی بر اساس شاخص‌های مختلف در تالاب انزلی طی سالهای مورد بررسی

شاخص	سطح تروفی	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱
Chl(a)	الیگوتروف		۲۰/۸	۱۰/۸	۲۴/۸	۱۹/۳	۵/۲	۱	۰	۱/۹	۰	۱/۸
	مزوتروف		۳۳/۱	۳۱/۳	۲۴/۱	۲۸/۳	۱۶/۸	۱۷/۱	۱۵/۴	۱۳	۸/۸	۷/۳
	یوتروف		۴۶/۱	۵۷/۹	۵۱	۵۲/۴	۷۸	۸۱/۹	۸۴/۶	۵۲/۲	۹۱/۲	۹۰/۹
TN	الیگوتروف			۲۷/۴	۵۱/۳	۲۸	۹/۴	۱۳/۷	۵/۲	۱/۷	۱۴/۹	۹/۲
	مزوتروف			۶/۲	۸/۴	۲/۱	۸/۶	۱۶/۷	۱۰/۳	۱/۷	۱۲/۱	۳/۹
	یوتروف			۶۶/۴	۴۰/۳	۶۹/۹	۸۲	۶۹/۵	۸۴/۵	۹۶/۶	۷۳	۸۶/۹
TP	الیگوتروف	۰/۷	۱/۷	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	مزوتروف	۸/۷	۱۱/۴	۰	۳/۸	۳/۷	۰	۱/۴	۰	۱/۷	۰	۰
	یوتروف	۹۰/۵	۸۶/۹	۱۰۰	۹۶	۹۶/۳	۱۰۰	۹۸/۶	۱۰۰	۹۸/۳	۱۰۰	۱۰۰
TSIchla	الیگوتروف		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	مزوتروف		۳۹/۹	۳۷/۶	۳۶/۸	۳۳/۳	۱۷/۵	۲۱/۲	۱۰	۱۲/۲	۸/۴	۱۰/۱
	یوتروف		۶۰/۱	۶۲/۴	۶۳/۲	۶۶/۷	۸۲/۵	۷۸/۸	۹۰	۸۷/۸	۹۱/۶	۸۹/۹
TSItp	الیگوتروف	۰/۷	۰/۷	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	مزوتروف	۸	۱۰/۴	۰	۳/۱	۲/۸	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰
	یوتروف	۹۱/۳	۸۸/۹	۱۰۰	۹۶/۶	۹۷/۲	۱۰۰	۹۹/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
TSItn	الیگوتروف			۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	مزوتروف			۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	یوتروف			۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
TSIpn	الیگوتروف			۰	۵/۸	۱/۴	۰/۴	۰	۰	۰	۰/۶	۰
	مزوتروف			۹۳	۸۹	۸۸	۹۴	۹۳/۴	۹۸/۳	۹۶/۶	۹۸/۳	۹۴/۸
	یوتروف			۷	۵/۲	۱۰/۶	۵/۶	۶/۶	۱/۷	۳/۴	۱/۲	۵/۲

بحث

همان‌طورکه ملاحظه شد بر اساس تمامی مدل‌های یوتروفی، تالاب انزلی یوتروف بوده و در تمامی بخش‌های خود به‌سمت یوتروفی شدید میل می‌کند، اما در بین این مدل‌ها مدل تروفی فسفات به ازت (TSI_{PN}) وضعیت تالاب انزلی را در مرحلهٔ نهایی مزوتروف نشان داده است. یوتروف بودن بخش‌های عمدهٔ تالاب در مطالعات قبلی توسط کیمبال و کیمبال، (۱۹۷۴) و درویش صفت و همکاران (۱۳۷۸) نیز بیان شده بود. با استفاده از نتایج به‌دست آمده در این بررسی قرار گرفتن تالاب انزلی در طبقهٔ مزویوتروف با توجه به رشد وسیع ماکروفیت‌ها تشریح می‌شود و می‌توان خصوصیات آن را با دریاچهٔ تازه تشکیل سد تهم در استان زنجان جدول شمارهٔ (۲) مقایسه کرد.

این دریاچه نیز بر اساس مدل تروفی فسفات به ازت در طبقهٔ مزوتروف قرار می‌گیرد (میرزاجانی، ۱۳۸۶)، اما تفاوت ارقام مدل تروفی دو اکوسیستم کاملاً مشخص بوده و محیط تالاب انزلی را باید یوتروف قلمداد کرد که با شاخص‌های دیگر نیز قابل تأیید است. میزان مواد دتریتی در محل گیاهان حاشیه‌ای و نی که سبب وجود کربن آلی، نیتروژن و فسفر در رسوب شده، همچنین آزاد شدن مقادیر متنابعی از گازهای CH_4, H_2S از رسوب و تعداد زیاد باکتریوپلانکتون‌ها در یک سانتی متر مکعب آب از شواهد بارز یوتروف بودن تالاب است که توسط نظامی (۱۳۷۴) به‌صورت عددی بیان شده است.

بر اساس استاندارد(OECD, 1982) نیز میزان کلروفیل a در تالاب بالا بوده و بیان کننده افزایش فیتوپلانکتون‌ها و پیری زود رس آن است (جدول شمارهٔ ۲). چیرگی گونه‌های سبز–آبی نسبت به سایر گونه‌های فیتوپلانکتونی (جدول شمارهٔ۲) از دیگر شواهد یوتروف شدن اکوسیستم تالاب است (میرزاجانی، ۱۳۸۸).

البته برخی بلوم‌های جلبکی در تعارض با سطوح تروفی سنجش شده با مواد مغذی‌اند که می‌توان به افزایش یکی از گونه‌های سیانوباکتر دریاچهٔ بالاتون مجارستان پس از مزوتروف شدن آن در اثر افزایش درجهٔ حرارت سالانه و سایر شرایط اقلیمی (Istvánovics et al., 2002) اشاره کرد.

جدول شمارهٔ (۲) :مقایسهٔ برخی مشخصه‌های تالاب انزلی با دریاچهٔ سد تهم به‌عنوان محیط مزوترف

مشخصه	دریاچهٔ سد تهم (میرزاجانی، ۱۳۸٦)	تالاب انزلی (میرزاجانی، ۱۳۸۵) و مطالعهٔ حاضر
عمق	تا ۷۰ متر	۱ تا ۳ متر
شفافیت	حداقل ۳۵۰ سانتیمتر	اندک
فراوانی فیتوپلانکتون	حدود ۲ میلیون سلول در لیتر	بیش از ۶۶ میلیون سلول در لیتر
شاخه غالب فیتوپلانکتونی	Bacilariophyta و Chlorophyta	Cyanophyta
فراوانی زئو پلانکتون	۲۶۶ عدد درلیتر	بیش از ۲۲۰۰ عدد درلیتر
کلروفیل a	میانگین حدود ۱۵ میکروگرم درلیتر	تا ۵۰ میکروگرم درلیتر
ازت کل	۰/۴۵ میلی‌گرم در لیتر	۱ تا ۱/۵ میلی‌گرم درلیتر
فسفر کل	۰/۰۳ میلی‌گرم درلیتر	۰/۱۷ میلی‌گرم درلیتر
مدل تروفی نسبت فسفات به ازت	۳۸	۴۶

روند فراغنی شدن تالاب انزلی را در رشد پوشش‌های گیاهی و تغییر گسترهٔ آبی طی سالهای مختلف می‌توان مشاهده کرد. بالا آمدن سطح آب دریای خزر در سالهای پس از ۱۳۷۰ برحجم آبی تالاب انزلی افزوده و باعث افزایش یون‌های شاخص شوری شده که متعاقب آن پوشش گیاهی در مناطق وسیعی از تالاب حذف شده است. ظهور برخی گونه‌های گیاهی و از بین رفتن گونه‌های دیگر طی سالهای ۱۳۶۷ و ۱۳۸۲ در بخش‌های مختلف تالاب مشاهده شده است، همچنین افزایش تراکم گیاهان آبزی در تالاب سیاه کشیم و تالاب شیجان و قسمت‌هایی از بخش مرکزی رؤیت شده که افزایش مواد مغذی ورودی از رودخانه‌ها از دلایل آن اعلام شده است (خداپرست، ۱۳۸۲). در بررسی جوامع گیاهی منابع آبی اروپا (Schneider, 2007) نیز نشان داده شد که برخی گونه‌ها نمایهٔ آبهای یوتروف و برخی الیگوتروف بوده و تعدادی نیز نقش متفاوت دارند.

در تالاب انزلی حضور و گسترش همه جانبه گیاه *Azolla ficiculoides* پس از سال ۱۳۷۰ چشمگیر بوده و قسمت اعظم آن تأثیر منفی بر تالاب انزلی گذاشته و موجب افزایش مواد مغذی و فراغنی شدن آن شده است، آزولا ظرفیت تثبیت نیتروژن بسیار بالایی در حد ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتار را دارا بوده (خداپرست، ۱۳۸۲)، و پس از تجزیه قادر است ۵۰ کیلوگرم در هر هکتار نیتروژن را وارد بدنه آبی کند (کارگر، ۱۳۷۹).

این گیاه به‌علت رشد سریع و دو برابر شدن طی ۲ الی ۳ روز به‌سرعت سطح آبی تالاب را پوشانده و سبب عدم تبادلات گازی بین هوا و آب می‌شود. بر اساس گزارش ثابت رفتار (۱۳۷۸) حدود ۲۹۴۶ هکتار از سطح تالاب انزلی پوشیده از آزولا بوده که حدود ۴۵ درصد این پهنه پوشیده از آزولای متراکم است.

رشد و گسترش بیش از حد ماکروفیت‌ها ضمن آثار منفی همراه با فراغنی شدن تالاب، واکنشی در راستای بهره‌گیری از فسفر آب و کاهش آن محسوب می‌شود که می‌تواند در بهسازی محیط مورد استفاده قرار گیرد.

مطالعه کاهش فسفر بوسیله ۵ گونهٔ گیاهی غوطه‌ور در یکی از دریاچه‌های چین (Gao, et al., 2009) نشان داد که گونه *Ceratophyllum demersum* نسبت به گونه‌های دیگر از نرخ رشد و نرخ کاهش فسفر بیشتری تا حد ۹۲٪ برخوردار است.

این گیاه به طرق مختلف در کاهش فسفات آب شرکت کرده و در دریاچه‌های یوتروف و دریاچه‌هایی که آلودگی جدی دارند غالب شده و قادر است غلظت بالای نیتروژن را از ستون آب کاهش دهد. گیاه مذکور یکی از فراوانترین گونه های آبزی در اکثر نقاط تالاب انزلی محسوب می‌شود (میرزاجانی، ۱۳۸۸).

آنچه مسلم است تالاب انزلی گنجایش جذب و هضم ضایعات انسانی جمعیت کنونی حوزهٔ آبریز خود را که افزایش دهندهٔ مواد مغذی آن است ندارد و متوقف کردن روند رو به رشد آن حداقل اقدامی است که باید در برنامه‌های احیای تالاب قرار گیرد. از نخستین اقدامات جدی در کنترل فراغنی شدن تالاب، کنترل و محدود ساختن ریزش پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی و شهری به درون تالاب است که کنترل فسفات را در بر خواهد داشت.

در این ارتباط می‌توان به مدیریت اعمال شده در دریاچه بالاتون مجارستان از اواسط ۱۹۸۰ اشاره کرد که با کنترل پساب‌ها تا حد ۵۰٪ مواد مغذی را کاهش داده و محیط دریاچه را از حالت یوتروف به مزوتروف تغییر دادند (Istvánovics, et al., 2002).

به‌طورکلی روش‌های متعددی برای کنترل فسفات بیان شده که ۸ مورد آن توسط ثابت رفتار (۱۳۷۸) بر شمرده شده است. اجرای این روش‌ها گران بوده به‌طور مثال در کنترل یوتریفیکاسیون دریاچه‌های آمریکا برای تقلیل‌دادن هر کیلو فسفات به ۰/۳ تا ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر حدود ۹۵/۵ دلار هزینه نیاز بوده که در منابع نامشخص آلوده کنندهٔ روستایی این مقدار در حد ۱۷۴ دلار برآورد شده است (ثابت رفتار، ۱۳۷۸). تکنیک ایجادتالاب‌های مصنوعی با بسترهای ویژه حاوی کلسیم (Guan, et al., 2009) و پوشش‌های گیاهی ویژه (Lu, et al., 2009) قادر خواهد بود بخش اعظم فسفر آبهای آلوده و پساب‌های کشاورزی را جذب و حذف کند. همچنین بهره‌گیری از روش جوامع گیاهی موزاییکی (Wang, et al., 2009) بهبود کیفیت آب را در بر داشته و علاج یوتروفی در اکوسیستم‌های دریاچه‌ای است. در این روش زیستگاههای ناهمگون مطلوب گیاهان برای سکونت در دوره‌های زمانی مختلف طراحی می‌شود تا با رشد و توالی سایر موجودات، برداشت آلودگی‌های آب، به‌ویژه ترکیبات نیتروزن و فسفر به‌شکل کارآمدی انجام گیرد و شفافیت آب را سبب شوند. بهره گیری از ترکیبات آلومینیومی همچون آلوم نیز برای کاهش غلظت فسفر محلول در حال تحقیق بیشتر میباشد (Dugopolski, et al, 2008 و NALMS, 2004).

کارشناسان روسی در طرح هیدروپروژکت تالاب انزلی (Hydroprijject, 1965)، کارشناسان فائو (Holčík, & Oláh, 1992)، کیمبال و کیمبال (۱۹۷۴)، مدیریت شیلات شمال و آژانس همکاری‌های بین المللی ژاپن (Jica, et al., 2004) ضمن مطالعهٔ

خویش برای کنترل فراغنی شدن تالاب انزلی توصیه‌هایی را در زمینه‌های مهندسی هیدرولیک، کنترل آلودگی ارائه داده و برخی روش‌های اصلاحی را در داخل حوضچه و حوزهٔ آبخیز مورد توجه قرار داده‌اند.

طرح‌هایی همچون نی بری، برداشت بسیاری از گونه‌های گیاهی همچون آزولا، سه‌کوله خیس، رهاسازی بچه ماهی علفخوار، لایروبی بخش‌های مختلف بویژه بخش شرقی تالاب، ایجاد کانال در بخش شمال غربی تالاب، احداث سد در کوهپایه رودخانه‌ها برای کاهش بار رسوبی وارده، احداث ایستگاههای تصفیه فاضلاب در شهرهای حاشیهٔ تالاب را می‌توان نام برد. برخی از این توصیه‌ها نیاز به بازبینی مجدد داشته و برخی لازم الاجرا هستند.

منابع مورد استفاده

ثابت رفتار، ک . ۱۳۷۸. طرح حفاظت و بازسازی تالاب انزلی (فاز سوم). سازمان حفاظت محیط زیست گیلان و دانشگاه گیلان. ۵۷۰ صفحه .

جمالزاد فلاح، ف. ۱۳۷۷. تعیین میزان حساسیت مناطق مختلف تالاب انزلی با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی GIS. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکدهٔ محیط زیست ، ۵۲ صفحه .

خداپرست، ح. ۱۳۸۲ .مطالعات جامع شیلاتی تالاب انزلی. ادارهٔ کل شیلات استان گیلان، معاونت تکثیر و پرورش آبزیان مجری: مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. ۲۰۴ صفحه.

درویش‌صفت، ع.ا. ، ف. جمالزاد فلاح ، ش. نظامی بلوچی. ۱۳۷۸. بررسی وضعیت تروفی تالاب انزلی با استفاده از GIS. محیط شناسی. سال ۲۵، شمارهٔ ۲۳ . صفحات ۱۰-۱.

کارگر، ه. ۱۳۷۹. آثار زیست محیطی آزولا بر تالاب انزلی و نقش آن در کشت توام آزولا- برنج – ماهی. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران ،دانشکده علوم و فنون دریایی، ۲۰۶ صفحه.

کیمبال، ک. د. ، س. ا. کیمبال. ۱۹۷۴. مطالعات لیمنولوژیک تالاب انزلی. شرکت شیلات ایران و سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ترجمه طرح احیای مرداب انزلی جهاد سازندگی استان گیلان، ۱۱۴ صفحه .

مجنونیان، ه. ۱۳۷۷. تالاب‌ها (طبقه ندی و حفاظت تالاب‌ها، ارزش‌ها، کارکردها). انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۷۰ صفحه. مدیریت مطالعات شیلاتی شمال ؟ طرح جامع مطالعات توسعهٔ اجتماعی ـ اقتصادی شیلات شمال (حوزهٔ دریای خزر) ، تکثیر طبیعی و مصنوعی آبزیان دریای خزر. شرکت سهامی شیلات ایران، ۴۵۵ صفحه .

میرزاجانی، ع. ۱۳۸۶. بررسی لیمنولوژی دریاچهٔ سد تهم استان زنجان. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان. مدیریت شیلات استان زنجان.

میرزاجانی، ع. ۱۳۸۸. پروژهٔ بررسی لیمنولوژیکی تالاب انزلی بر مبنای مطالعات ده ساله (۱۳۸۰-۱۳۷۰) با استفاده از سامانهٔ جغرافیائی GIS (کد ۸۳۰۶۱-۰۰۰۰-۰۴-۲۰۰۰۰۰-۰۳۱-۲). با شمارهٔ ثبت ۸۸/۱۱۱ سازمان تحقیقات و آموزش وزارت جهاد کشاورزی.۱۱۷ صفحه

مهندسان مشاور یکم. ۱۳۶۸. مطالعات گام اوّل طرح جامع احیاء تالاب انزلی. گزارش ارزیابی اقدامات انجام شده در تالاب انزلی توسط جهاد سازندگی، طرح پیلوت. وزارت جهاد سازندگی. معاونت امور آب، ۱۶۶ صفحه .

نظامی، ش. ۱۳۷۴. بررسی تعداد باکتریوپلانکتون‌های تالاب انزلی. مجلهٔ علمی شیلات ایران، سال ۴، شمارهٔ ۱، صفحات ۶۳ ـ ۴۶ .

نظامی، ش. ، ح. خداپرست. ۱۳۷۵. بررسی تجمع مواد آلی در رسوبات تالاب انزلی. مجلهٔ علمی شیلات ایران، سال ۵ ، شمارهٔ ۲ ، صفحات ۱۰-۱.

APHA.1985.Standard Methods for Examining of Water and Waste Water, 17th edition, Method 507, Washington D.C., 531p.

Bovida,M.J., W.,Hamai, D.,Ruggiu, R.T.,Marques.1997. Eutrophication: alkaline phosphates revisited. Mem. Ist. ital. Idrobiol.,56: 15-21, 1997

Carlson,R.E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and oceanography. 22: 361-369

Carlson,R.E.1980.More complications in chlorophyll-secchi disk relationship,Limnology and oceanography. 25: 361-369

Carlson,R.E., J.,Simpson.1996.A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96 pp.

Dugopolski,R.A., E.,Rydin, M.T.,Brett.2008. Short-term effects of a buffered alum treatment on Green Lake sediment phosphorus speciation. Lake and Reservoir Management 24:181-189,

Estrada,V., E.R.,Parodi, and M.S.,Diaz.2009.Determination of Biogeochemical Parameters in Eutrophication Models with Simultaneous Dynamic Optimization Approaches, Computers and Chemical Engineering. Accepted Manuscript .

Gao,J. and et al. 2009. Phosphorus removal from water of eutrophic Lake Donghu by five submerged macrophytes. Desalination 242: 193–204

Guan, B. and et al.2009.Phosphorus removal ability of three inexpensive substrates: Physicochemical properties and application. Ecological engineering. 35: 576–581

Holčík,J., J.,Oláh. 1992. Fish, fisheries and water quality in Anzali Lagoon and its watershed. Report prepared for the project - Anzali Lagoon productivity and fish stock investigations. Food and Agriculture Organization, Rome, FI:UNDP/IRA/88/001 Field Document 2:x + 109 pp.

Hydropriject .1965. Fish-culture reclamation of the pahlevi (Mordab) bay. State industrial Fishers committee. USSR, state design Institute on Hydrotechnical, Fish-cultural Reclamation and land construction, Moscow . 60 P. (Mimeo).

Istvánovics,V., L.,Somlyody, A.,Clement.2002.Cyanobacteria-mediated internal eutrophication in shallow Lake Balaton after load reduction.Water Research 36: 3314–3322

Istvánovics,V. 2009. Eutrophication of Lakes and Reservoirs. Encyclopedia of Inland water. Pages 157-165

Jica, Doe, Moja. 2004. The Study on Integrated Management for Ecosystem Conservation of the Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran. Draft final report Vol. II: Maim report. Nippon Koei Co.

Kratzer,C.R. 1980. A Carslon –type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. Water, Res. Bull. 17: 713-715

Lu,S.Y. and et al.2009. Phosphorus removal from agricultural runoff by constructed wetland. Ecological engineering 35: 402–409

NALMS.2004. The use of Alum for lake management. North American lake management society. Pages 3.

OECD.1982. Eutriphication of waters: Monitoring, assessment and control. Organization for economic and co-operative development, Paris, France.

Schneider,S.2007. Macrophyte trophic indicator values from a European perspective. Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters. Volume 37, Issue 4, Pages 281-289

Smith ,V.H.2009. Eutrophication. Encyclopedia of Inland Waters. Pages 61-73

Wang, G.X. and et al.2009. A mosaic community of macrophytes for the ecological remediation of eutrophic shallow lakes. Ecological engineering 35: 582–590.