Archive of SID

تغییرات زمانی و مکانی عوامل غیر زیستی، کلروفیل a و تولید اولیه پلاژیک در مصب رودخانه سفیدرود

محمدرضا رحیمی‌بشر*[۱]، عباس اسماعیلی‌ساری[۲]، سیدمحمدرضا فاطمی[۳]،
شعبانعلی نظامی[٤]، آرش جوانشیر[٥] و وحیده علیپور[۱]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان
۲- دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
٤- موسسه تحقیقات شیلات ایران
٥- دانشکده منابع دانشگاه تهران

چکیده

در این مطالعه مصب رودخانه سفیدرود به عنوان بزرگترین زیستگاه مصبی حوضه جنوبی دریای خزر مورد ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی، کلروفیل a و تولید اولیه قرار گرفت. بررسی از دهانه رودخانه حدود ٥ کیلومتر از بالادست این محدوده تا دریا در طی ۱۲ ماه (آبان ۱۳۸۲ لغایت مهر ۱۳۸۳) در ٥ ایستگاه انجام شد. میانگین سالانه و انحراف معیار عوامل فیزیکی و شیمیایی، نشان‌دهنده میزان دمای آب ۸/٦±۷/۲ درجه سانتی‌گراد، میزان شوری سطح آب برابر ۱/۳۲±۱/۷۷ و عمق برابر ۳/۲۷±۲/۷۹ قسمت در هزار، کدورت برابر ۳٤٥/۱۸±۳۱۱/۸٦ بر حسب FTU، عمق دید سکشی دیسک برابر ۲٥/۳۳±۳٦۷٥ سانتی‌متر، مقدار اکسیژن محلول برابر ۲/۸۸±۸/٦۹ میلی‌گرم بر لیتر، مقدار آمونیوم بر حسب برابر ۰/٦٦±۰/٥۱۲ میلی‌گرم بر لیتر، سیلیکات برابر ۱/۹۱±٥/٦۸ میلی‌گرم بر لیتر، فسفات کل ۰/۱۰۳±۰/۱۳٦ میلی‌گرم بر لیتر و کربن آلی کل ۹/۹±۱۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر تعیین گردید. میزان متوسط کلروفیل a نیز برابر ۷/٤٥±٤/٤٤ میکروگرم بر لیتر تعیین شد که در ماه‌های تیر و مهر میزان آن قابل سنجش نبود. بیشترین میزان آن برابر ۲/٥±۲۲/۸٥ میکروگرم بر لیتر در ماه شهریور تعیین شد. از نظر مکانی نیز بیشترین میزان آن در دهانه (ایستگاه ٤) به میزان ۱۰/٦٥±۷/٥ میکروگرم بر لیتر تعیین گردید. تولید اولیه متوسط سالانه مصب در همین ایستگاه و با روش بطری‌های

Temporal and Spatial Variability of Non-Living factors, Chlorophyll a and Pelagic Primary Production in Sefid-Rood River Estuary

Rahimibashar*[1], M.R.; Esmaeili Sary[2], A.; Reza Fatemi[3], S.M.; Nezami[4], S.A.; Javanshir[5], A. & Alipoor[1], V.

1. Islamic Azad University, Lahijan branch
2. Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources
3. Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch
4. Iranian Fisheries Research Organization
5. Faculty of Natural Resources, Tehran University

Abstract

Sefid-Rood River Estuary is the most important riverine ecosystem in the south Caspian Sea. The aim of this study was to examine spatial and temporal variability of physical and Chemical factors, Chl-a and pelagic primary production during a year (November 2004 to October 2005) in five sampling stations in the Sefid-Rood River Estuary. Annual means (±SD) Physical and Chemical factors were: temperature 17.2±8.6°C, Surface salinity1.77±1.32ppt, bottom salinity 2.79±3.27ppt, turbidity 311.86±345.18FTU, water tranprancy 36.5±25.33cm, DO 8.69±2.88mgL^{-1}, NH_4^+ 0.512±0.66mgL^{-1}, SiO_2 5.68±1.91, TP 0.136±0.103mgL^{-1}, T.O.C. 10.3±9.9 mgL^{-1} and Chl. a 4.44±7.45µgL^{-1}. Minimum was zero in October

* مسئول مکاتبات Rahimibashar@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

and maximom in September was 22.85±2.5µgL^{-1}. There was a spatial variability along the estuary and high level Chl. a determined in the river mouth (Station 4) with 7.5±10.65µgL^{-1}. Primary production determined in this estuary by dark and light bottle method and GPP 38.27±34.12 mgcm^{-2}h^{-1} and NPP 201.6±289.9 mgcm^{-2}d^{-1}. Everywhere in this estuary nutrients appeared to be in excess to algal requirement and did not influence Chl. a and primary production. The most important factor that influenced Chl. a was water temperature.

Keywords: Chlorophyll a, Primary production, Estuary, Physicochemical factors Sefid-Rood River, Caspian Sea

تاریک و روشن برابر ۳۴/۱۲±۳۸/۲۷ میلی‌گرم کربن بر مترمربع در ساعت تولید اولیه ناخالص و تولید اولیه خالص ۲۸۹/۹±۲۰۱/۶ میلی‌گرم کربن بر مترمربع در روز بود. بیشترین میزان تولید اولیه در شهریور ماه و حداقل میزان آن نیز در مهر ماه تعیین شد. که دلیل اصلی آن، کدورت بالا آب تحت تأثیر خروجی‌های سد منجیل در مهر ماه معرفی می‌گردد. بر اساس آزمون آنالیز خوشه‌ای مهم‌ترین عامل اثرگذار بر روی میزان کلروفیل a نیز دمای آب تعیین شده است.

واژگان کلیدی

کلروفیل a، تولیدات اولیه، مصب، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی، رودخانه سفیدرود، دریای خزر

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نقطه مشترک مطالعات اکولوژی دریایی و لیمنولوژی، اکوسیستم مصبی است. این اکوسیستم به عنوان یک زیست مرز، محل آمیختگی آب شیرین رودخانه‌ها به آب شور دریاها می‌باشد (Knox, 1986) محققان تعاریف مختلفی از مصب ارائه نموده‌اند که برخی از آنها به قرار زیر است:

مصب یک توده آبی نیمه محصور ساحلی است که دارای دسترسی آزاد به آب دریا بوده و در آن تا حد زیادی آب دریا توسط آب شیرین رقیق می‌شود (Pickard, 1975). مصب مکانی است که آب شیرین رودخانه با آب دریا برخورد می‌کند و یک شوری حد واسط تشکیل می‌گردد (Little, 2000). مصب جایی است که آب رودها به آب دریا برخورد می‌کند و به آن وارد می‌شود (Karleskint, 1998; Levinton, 1995 and Lalli & Parsons, 1997). مصب‌ها همواره دارای یک شوری حد واسط بوده که حاصل تلاقی آب شیرین رودخانه و آب شور اقیانوس و یا دریا بوده و این محیط محدود عموماً کم عمق و گل آلود هستند (Duxbury *et al.*, 2002 and Goldman & Horne, 1994).

با توجه به تعاریف فوق مشخص می‌گردد که مصب‌ها زیستگاهی مستقل‌اند ولی مانند تمامی اکوتون‌ها محیطی تغییرپذیر، بی‌ثبات و پر استرس می‌باشند (Boaden & Seed, 1992). به دلیل بالا بودن مقدار مواد مغذی معمولاً میزان تولیدات اولیه در آنها نسبت به دیگر مناطق منابع آبی بسیار بالاتر بوده و گروه‌های زیادی از جلبک‌ها می‌توانند در آن حضور داشته باشند (Boynton *et al.*, 1982 and Houde & Rutherford, 1993). در بسیاری از مصب‌ها عوامل محدودکننده تولید، کدورت بالا و عدم دسترسی به نور کافی است (Lehman 1992 and Cole *et al.*, 1992). البته با توجه به این عوامل محدودکننده، براساس نظریه Miller (در سال ۲۰۰۴) در بین اکوسیستم‌های خشکی و آبی میزان تولیدات مصب‌ها برابر تالاب‌های پر گیاه (Marshes) و جنگل‌های بارانی استوایی تعیین شد که این مسئله اهمیت آنها را بیش از پیش آشکار می‌کند. یک جنبه مهم شیلاتی این اکوسیستم‌ها، ارزش آنها در ارتباط با مهاجرت ماهیان آنادرو است که بیشتر گونه‌ها، مصب را به عنوان محل سازگاری انتخاب کرده و گروهی نیز در آن تغذیه و حتی زادآوری می‌کنند (Blaber, 1997).

دانشمندان با توجه به ساختار زمین‌شناسی مصب‌ها را به ۴ دسته شامل، پهنه ساحلی، آبدره، دیواره‌ای و زمین ساختی تقسیم کرده‌اند (Thurman & Trujill, 1999) و براساس اختلاط آب در آنها نیز مصب‌ها را به چهار دسته شامل زبانه آب شور، تمام مخلوط، نیمه مخلوط و بدون اختلاط تقسیم‌بندی نموده‌اند (Pinet, 2003 and Duxbery *et al.*, 2002). بررسی‌های اولیه بر روی مصب‌ها بر اساس ساختار زمین‌شناسی و نحوه اختلاط آب شور و شیرین انجام می‌گیرد ولی بهرحال مصب‌ها با هر ساختاری، عموماً در معرض تغییرات بسیار زیاد زمانی و مکانی جوامع فیتوپلانکتونی، کلروفیل a و تولیدات اولیه قرار دارند (Cloern, 2001) و بخوبی اثر عوامل فیزیکی و شیمیایی و جریان آب شیرین بر روی تنظیم و غنای جوامع پلانکتونی در آنها روشن می‌باشد (Harding *et al.*, 2002). با توجه به جریان دائمی آب شیرین در آنها و ورودی آب دریا، عمدتاً مصب‌ها دچار کاهش مواد مغذی نشده ولی تغییرات زمانی تولید معمولاً تحت تأثیر جریان آب شیرین رودخانه به عنوان منبع دائمی مواد مغذی بوده و در بسیاری از مصب‌های منطقه معتدله در بهار و پاییز بعلت بارندگی میزان مواد مغذی با افزایش چشمگیری روبرو می‌گردد (Mann, 2000). از عوامل موثر بر میزان کلروفیل a در تمامی اکوسیستم‌های آبی میزان فسفر کل، عمق شفافیت و دمای آب است (Edmondson, 1980) که در مصب‌ها توده زنده و شکوفایی پلانکتونی نیز به این عوامل وابسته بوده ولی فاکتورهایی نظیر چرای زئوپلانکتونی، زمان ماندگاری آب در مصب و رسوبات نیز اثرات شگرفی را می‌توانند بر روی تولیدات مصبی بگذارند (Underwood & Kromkamp, 1999).

علیرغم اهمیت این اکوسیستم‌ها تاکنون مطالعات جامعی در ارتباط با مصب‌ها در ایران صورت نگرفته، و فقط در

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعات هیدروبیولوژی رودخانه‌ها بخشی نیز به مصب‌ها اختصاص داده شده است.

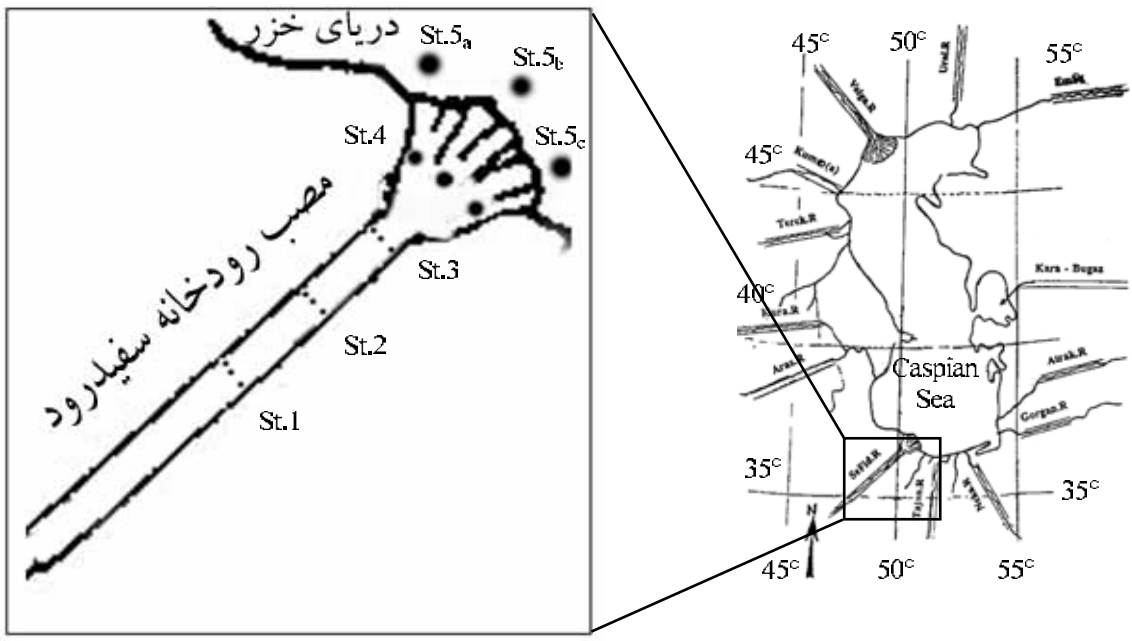
سفیدرود طولانی‌ترین و بزرگترین رودخانه شمال ایران است که بهمراه تالاب ملی بوجاق در کنوانسیون رامسر به عنوان یکی از تالاب‌های بین‌المللی ایران ثبت شده است و با توجه به اینکه این رودخانه پذیرای بسیاری از ماهیان استخوانی و خصوصاً ماهیان خاویاری است اهمیت انجام این گونه مطالعات بیش از پیش آشکار می‌گردد. رهاسازی بسیاری از لاروهای ماهیان در مصب این رودخانه صورت می‌گیرد، این امر، اهمیت مطالعات مصب این رودخانه را مضاعف نموده است.

لذا مطالعه حاضر بر روی مهمترین اکوسیستم مصبی حوزه جنوبی دریای خزر یعنی مصب رودخانه سفید رود انجام گرفت و هدف آن بررسی تغییرات زمانی و مکانی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب، کلروفیل a و میزان تولید اولیه در این مصب بود.

حوزه آبریز دریای خزر شامل ۸۶۴ رودخانه کوچک و بزرگ بوده که غالباً از ارتفاعات البرز سرچشمه می‌گیرند که در آن رودخانه‌های ارس، اترک، گرگان و سفید رود نسبت به بقیه طویل‌تر بوده و رودخانه سفید رود یا دارا بودن وسعت حوضه آبریز ۶۷۰۰۰ کیلومتر مربع مهمترین و بزرگترین رودخانه این حوضه محسوب می‌شود. این رودخانه دارای ۳ شاخه اصلی (قزل اوزن، شاهرود و سفیدرود) است که از ارتفاعات غربی کوههای تخت سلیمان و سمند با ارتفاع ۴۸۲۱ و ۳۷۰۳ متر سرچشمه گرفته و در غرب بندر کیاشهر در محلی با ارتفاع حدود ۲۷ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد به دریای خزر می‌ریزد. طول این رودخانه از مظهر تا مصب حدود ۸۰۰ کیلومتر و عرض آن تا ۲۵۰ متر و عمق آن تا ۸ متر متغیر است (افشین، ۱۳۷۳).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه مصب رودخانه سفیدرود در جنوب غربی دریای خزر، در محلی بین شهر کیاشهر و زیباکنار بود (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مصب رودخانه سفیدرود و ایستگاههای نمونه‌برداری

www.SID.ir

Archive of SID

قبل از آغاز نمونه‌برداری اصلی محدوده مصبی با ردیابی ورودی زبانه آب شور دریا (که تحت تأثیر باد و امواج قرار دارد) به داخل رودخانه با شوری سنج اپتیک تعیین گردید، و حداکثر فاصله آن حدود ۵ کیلومتر از دهانه رودخانه تعیین گردید. تمامی نمونه‌برداری‌ها بصورت ماهانه طی ۱۲ ماه از آبان ۱۳۸۲ لغایت مهر ۱۳۸۳ در محدوده ۷ کیلومتری و در ۵ ایستگاه (هر ایستگاه شامل ۳ ایستگاه فرعی) انجام گرفته است (شکل ۱). ایستگاه یک در آب شیرین و ۲ کیلومتر بالاتر از محدوده مصبی به عنوان شاهد قرار داشت.

فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و مواد مغذی

فاکتورهای فیزیکی شامل: دمای آب، شوری آب و pH، توسط ترمومتر، رفرکتومتر (شورسنج) ATAGO و پی اچ متر HI 9813 مدل HANNA، عمق نفوذ نور توسط دیسک سکشی با قطر ۲۰ سانتی‌متر و کدورت آب توسط کدورت سنج مدل HANNA در محل اندازه‌گیری شد. جهت سنجش مواد مغذی شامل: نیتریت، نیترات، آمونیوم، اکسیژن محلول، سیلیکات، فسفات کل، ارتوفسفات، کلسیم، منیزیم و کربن آلی کل از هر ایستگاه یک لیتر آب توسط بطری نمونه‌برداری روتنر برداشت شده و در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه این فاکتورها توسط روش‌های استاندارد مورد سنجش قرار گرفتند (APHA, 1981).

کلروفیل a و تولید اولیه

جهت اندازه‌گیری کلروفیل a از هر ایستگاه به میزان یک لیتر آب نمونه‌برداری شده و در شرایط دمای زیر صفر درجه در کوتاه‌ترین مدت به آزمایشگاه منتقل شده و توسط اسپکتروفتومتر و برحسب میکروگرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. جهت تعیین تولیدات اولیه از روش بطری‌های تاریک و روشن استفاده شد (Wetzel & Likens, 1991). این کار در ایستگاه ۴ (دهانه رودخانه) به عنوان مهم‌ترین منطقه مصبی انجام گرفت و هر ماه بطری‌های تاریک و روشن در این محل مستقر گردید. با توجه به عمق متوسط دهانه رودخانه که حدود ۳ متر می‌باشد. دو عمق ۰/۵ و ۱/۵ متر انتخاب و پس از نمونه‌برداری و انتقال آب به شیشه‌های تاریک و روشن، اکسیژن اولیه سنجش و بطری‌ها مطابق روش استاندارد به مدت ۴ ساعت در محل قرار گرفته و پس از این مدت اکسیژن محلول آنها توسط روش وینکلر سنجش شده و توسط فرمول‌های زیر تولیدات اولیه تعیین گردید (Lorenzen, 1967 and Liventon, 1995).

جایی که:

$$GPP = \frac{۳/۵(L-Dj \times \text{عمق})}{PQ}$$

$$R = ۳۷۵(I-Dj \times RQ \times \text{عمق})$$

$$NPP = GPP - R$$

GPP = تولید اولیه ناخالص برحسب میلی‌گرم کربن بر مترمربع بر ساعت

R= تنفس برحسب میلی‌گرم کربن بر مترمربع بر ساعت

NPP = تولید اولیه خالص برحسب میلی‌گرم بر مترمربع بر ساعت

L = اکسیژن محلول بطری روشن، برحسب میلی‌گرم بر لیتر

D = اکسیژن محلول بطری تاریک، برحسب میلی‌گرم بر لیتر

I = اکسیژن اولیه، برحسب میلی‌گرم بر لیتر

www.SID.ir

Archive of SID

PQ, RQ =نسبت ثابت مصرف اکسیژن برابر با دی اکسید کربن آزاد شده که برای جوامع فیتوپلانکتونی بترتیب ۱/۲ و ۱ محاسبه می‌گردد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

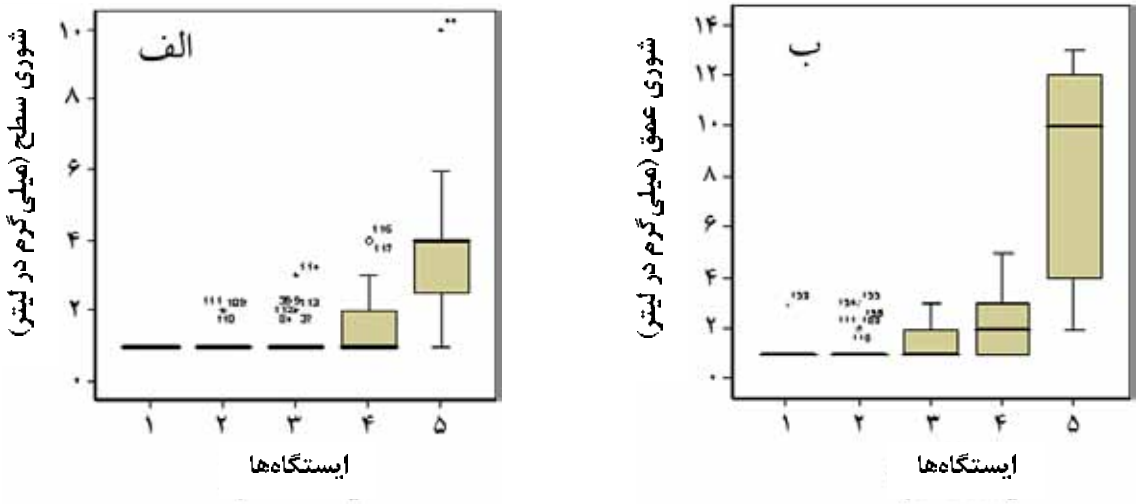
جهت رسم نمودارها و کارهای آماری از نرم‌افزار Spss۱۲ استفاده شده است همچنین جهت تعیین تفاوت بین ایستگاه و ماهها از آزمون توکی و جهت بررسی همبستگی بین فاکتورهای سنجش شده بدون نرمال‌سازی از آزمون خوشه‌ای استفاده گردید (Sokal & Rohlf, 1981).

نتایج

عوامل فیزیکی، شیمیایی و مواد مغذی

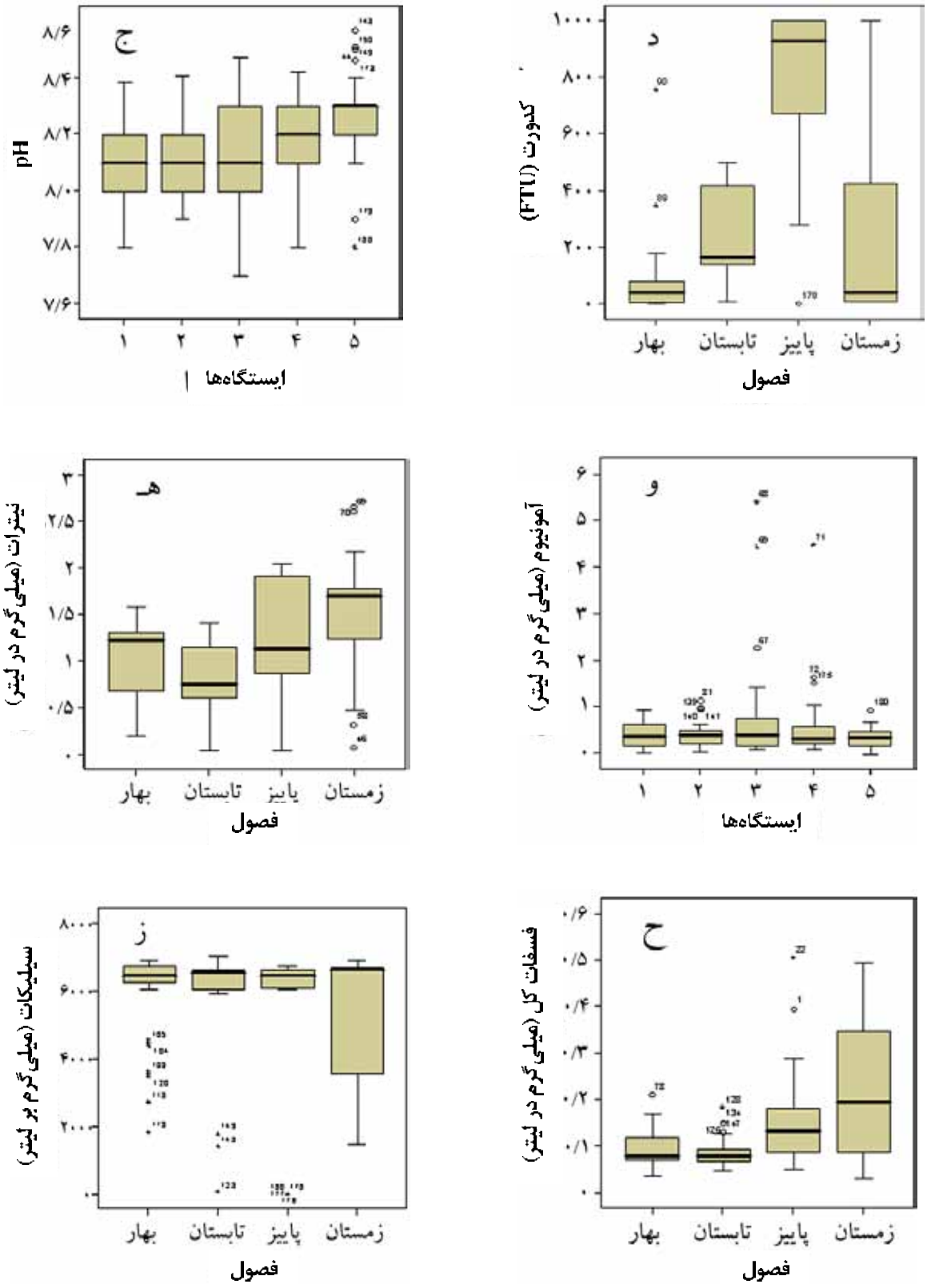
نتایج دمای آب نشان‌دهنده حداقل دما در دی ماه برابر ۱۰/۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن در مرداد ماه برابر ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد با متوسط سالانه برابر ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۱). حداکثر کدورت بیش از ۱۰۰۰ FTU در ماه‌های مهر و آذر سنجش شد. کمترین رؤیت برابر ۹/۳ و ۹/۶ سانتی‌متر در مهر و آذر ماه دیده شده است (جدول ۱). مقدار اکسیژن محلول آب با متوسط سالانه ۸/۶۹ میلی‌گرم بر لیتر نشان از بالا بودن اکسیژن محلول بود، اما در مهر ماه به مقدار حداقل میزان خود رسید (۴/۱ میلی‌گرم بر لیتر). میزان شوری سطح و عمق آب (شکل ۲ الف و ب) میزان آن در سطح در سه ایستگاه بالادست تغییراتی را نشان نداد و در ایستگاه ۴ و ۵ به حداکثر خود رسید ولی تغییرات شوری عمق از ایستگاه ۳ آغاز و در ایستگاه ۵ به حداکثر مقدار خود به (۱۰ قسمت در هزار) رسید که این امر وجود لایه‌بندی شوری و ورود آب لب شور دریا به داخل رودخانه سفیدرود و وجود یک زبانه آب شور را نشان می‌دهد. بر اساس آزمون توکی ($P<0/01$) شوری چه در سطح و چه در عمق در ماه‌های مختلف و ایستگاه‌ها دارای تفاوت معنی‌دار هستند که این آزمون صحت وجود یک مصب زبانه آب شور را بیش از پیش آشکار می‌کند.

همچنین بر اساس نتایج به دست آمده جدول (۱) مواد مغذی با متوسط سالانه شامل نیترات (NO_3^-) ۱/۱۳±۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، فسفات کل (TP) ۰/۱۳±۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر و سیلیکات (Sio_2) ۵/۶۸±۱/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر و کربن آلی کل (T.O.C) ۱۰/۳±۹/۹ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است که میزان متوسط ۵ ایستگاه در هر ماه بهمراه انحراف معیار آنها در جدول (۱) آورده شده است.



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- میانگین تغییرات شوری سطح در ایستگاه‌ها (الف)، تغییرات شوری عمق در ایستگاه‌ها (ب)، تغییرات pH در ایستگاه‌ها (ج)، تغییرات کدورت در فصول مختلف (د)، تغییرات نیترات در فصول مختلف (هـ)، تغییرات آمونیوم در فصول مختلف (و)، تغییرات سیلیکات در فصول مختلف (ز) و تغییرات فسفات در فصول مختلف (ح) در مصب رودخانه سفیدرود در طول یکسال (از آبان ۱۳۸۲ تا مهر ۱۳۸۳)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – میانگین و انحراف معیار عوامل فیزیکی، شیمیایی، و کلروفیل a در ماه‌های مختلف در مصب رودخانه سفیدرود (آبان ۱۳۸۳ لغایت مهر ۱۳۸۴)

ماه	دمای آب °C	کدورت (FTU)	عمق دید سکشی دیسک (cm)	DO (mgl^{-1})	SiO2 (mgl^{-1})	TP (mgl^{-1})	Ort-p (mgl^{-1})	NH4+ (mgl^{-1})	NO3- (mgl^{-1})	NO2- (mgl^{-1})	Ca+ (mgl^{-1})	Mg+ (mgl^{-1})	T.O.C (mgl^{-1})	کلروفیل a μgl^{-1}
آبان	۱۶/۹±۰/۹۰	۶۹۳/۶±۸۸/۰۰	۲۷/۷±۶/۰۰	۸/۵±۰/۳	۶/۵±۰/۰۵	۰/۱۴±۰/۰۷	۰/۱۴±۰/۰۱	۰/۲±۰/۱۰	۱/۱۳±۰/۱۷	۰/۰۲±۰/۰۴۰	۶۵±۱/۲۰	۵۲±۲/۲	۹/۰۴±۱/۰۳	۳/۸۷±۱/۸۰
آذر	۱۱/۸±۰/۱۰	>۱۰۰۰/۰۰	۹/۶±۱/۱۰	۶/۵±۰/۱	۶/۵±۰/۰۵	۰/۲±۰/۰۹	۰/۱۸±۰/۰۶	۰/۲۲±۰/۱۷	۱/۹۳±۰/۰۷	۰/۰۳±۰/۱۰۰	۲۳±۹/۲۰	۴۰/۷±۴/۴	۸/۹۲±۱/۳۲	۳/۷۹±۱/۹۹
دی	۱۰/۷±۰/۳۲	۳۷/۵±۱۹۹/۳۲	۳۷/۵±۱۴/۱۲	۱۰/۱±۰/۳	۶/۶±۰/۱۴	۰/۲±۰/۱۱	۰/۱۲±۰/۱۲	۰/۲۸±۰/۱۵	۱/۵۷±۰/۴۲	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۱۲±۰/۹۰	۴۶/۸±۰/۷	۲/۷±۲/۵۰	۱/۱۸±۱/۳۸
بهمن	۱۱/۸±۲/۲۰	۱۳/۳۳±۱۶/۲۵	۷۹/۷±۲۵/۶۰	۹/۵±۰/۵	۲/۹±۱/۳۰	۰/۱۳±۰/۱۴	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۱۰	۱/۰۳±۰/۴۰	۰/۰۱±۰/۰۱۰	۱۳۳/۳±۲۹/۰۰	۵۵/۹±۳۳/۰	۹/۱۶±۱/۰۶	۰/۶۳±۰/۳۶
اسفند	۱۰/۶±۰/۱۷	۵۶۳/۸±۲۳۵/۸۰	۱۳/۷±۱۰/۴۰	۱۰/۱±۰/۷	۶/۷±۰/۱۰	۰/۳۲±۰/۱۱	۰/۰۲±۰/۰۱	۱/۴۹±۱/۸۰	۱/۹۱±۰/۴۱	۰/۱۸±۰/۰۷۰	۲۸±۱۳/۰۰	۳۸/۳±۷/۷	۸/۰۶±۲/۳۰	۱/۸۵±۱/۹۶
فروردین	۱۱/۶±۰/۳۰	۱۶۰±۱۸۲/۲۰	۲۰/۳±۵/۸۰	۹/۴±۰/۴	۶/۷±۰/۲۰	۰/۱۳±۰/۰۳	۰/۰۹±۰/۰۳	۰/۴۲±۰/۳۰	۱/۳۶±۰/۱۲	۰/۰۱±۰/۰۰۳	۴۸/۸±۸/۵۰	۱۸/۳±۳/۹	۵/۲±۱/۲۰	۳/۷۵±۴/۴۰
اردیبهشت	۲۰/۴±۰/۴۰	۵۱۱/۸±۲۳/۱۰	۳۳±۷/۲۰	۸/۷±۰/۳	۵/۸±۰/۹۰	۰/۰۹±۰/۰۳	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۱۵	۱/۲۴±۰/۰۷	۰/۰۳±۰/۰۱۰	۳۰/۷±۴۶/۰۰	۹۲/۴±۱۳/۰	۵/۴±۱/۰۸	۳/۲۴±۲/۴۷
خرداد	۲۳/۵±۰/۶۰	۲/۳±۲/۸۰	۵۷/۴±۱۳/۶۰	۷/۷±۰/۲	۵/۷±۱/۶۰	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۰۱±۰/۰۰	۰/۳۵±۰/۱۳	۰/۵۶±۰/۱۸	۰/۰۲±۰/۰۰۶	۲۹۷/۵±۷۷/۰۰	۱۰۶/۱±۱۴/۰	۷/۱۳±۱/۳۰	۷/۴۹±۴/۳۰
تیر	۲۳/۴±۰/۱۰	۴۳۳/۷±۷۹/۳۰	۲۸/۷±۳/۸۰	۶/۱±۰/۲	۵/۶±۱/۵۰	۰/۱±۰/۱۰	۰/۰۶±۰/۰۰	۰/۴۹±۰/۱۳	۰/۸±۰/۰۳	۰/۰۸±۰/۰۳۰	۶۳±۰/۹۵	۴۲±۲/۰۳	۴/۵۵±۰/۴۰	N.O.
مرداد	۲۶/۸±۷/۷۰	۱۴۴±۱۹/۴۳	۴۷/۲±۱۰/۲۰	۸/۹±۰/۱	۵/۸±۱/۱۰	۰/۰۹±۰/۰۰۷	۰/۱۱±۰/۱۰	۰/۸۶±۰/۰۰	۱/۰۵±۰/۰۷	۰/۰۳±۰/۰۰۶	۴۲/۴±۶۷/۰۰	۱۳۱/۹±۱۵/۰	۶/۲۷±۲/۲۰	۵/۰۸±۲/۰۰
شهریور	۲۳/۲±۶/۲۰	۱۳۷±۱۳/۷۰	۶۰±۱۶/۱۰	۷/۱±۰/۱	۶/۶±۰/۰۹	۰/۰۷±۰/۰۰	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۵±۰/۰۲	۰/۵۲±۰/۰۰	۰/۰۵±۰/۰۴۰	۷۷/۴۷±۱۱۰/۰۰	۱۲۵/۳±۲۱/۰	۲۰/۸±۲/۴۰	۲۲/۸۵±۲/۵۰
مهر	۲۲/۴±۵/۱۰	>۱۰۰۰/۰۰	۹/۳±۱۳/۱۰	۴/۱±۰/۱	۵/۸±۰/۰۰	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۱۵±۰/۲۹	۱/۰۳±۰/۲۰	۰/۰۹±۰/۰۳	۰/۸۶±۰/۱۴۰	۱۳۱/۷±۸۸/۰۰	۱۴۶/۱±۹۶/۰	۱۶/۷۲±۳/۰۰	N.O.
میانگین سالانه (انحراف معیار)	۱۷/۲±۸/۶۰	۳۱۱/۸۶±۳۴۵	۳۶/۵±۲۵/۳۳	۸/۶۹±۲/۸۸	۵/۶۸±۱/۹۱	۰/۱۳±۰/۱	۰/۱۰۳±۰/۱۳	۰/۵۱۲±۰/۶۶	۱/۱۳±۰/۵۷	۰/۰۵±۰/۲۱	۷۲۱/۰۸±۲۶۶/۲	۷۲/۹۱±۱۰۸/۳۳	۱۰/۳±۹/۹	۴/۴۸±۷/۴۵

NO = قابل اندازه‌گیری نبوده است

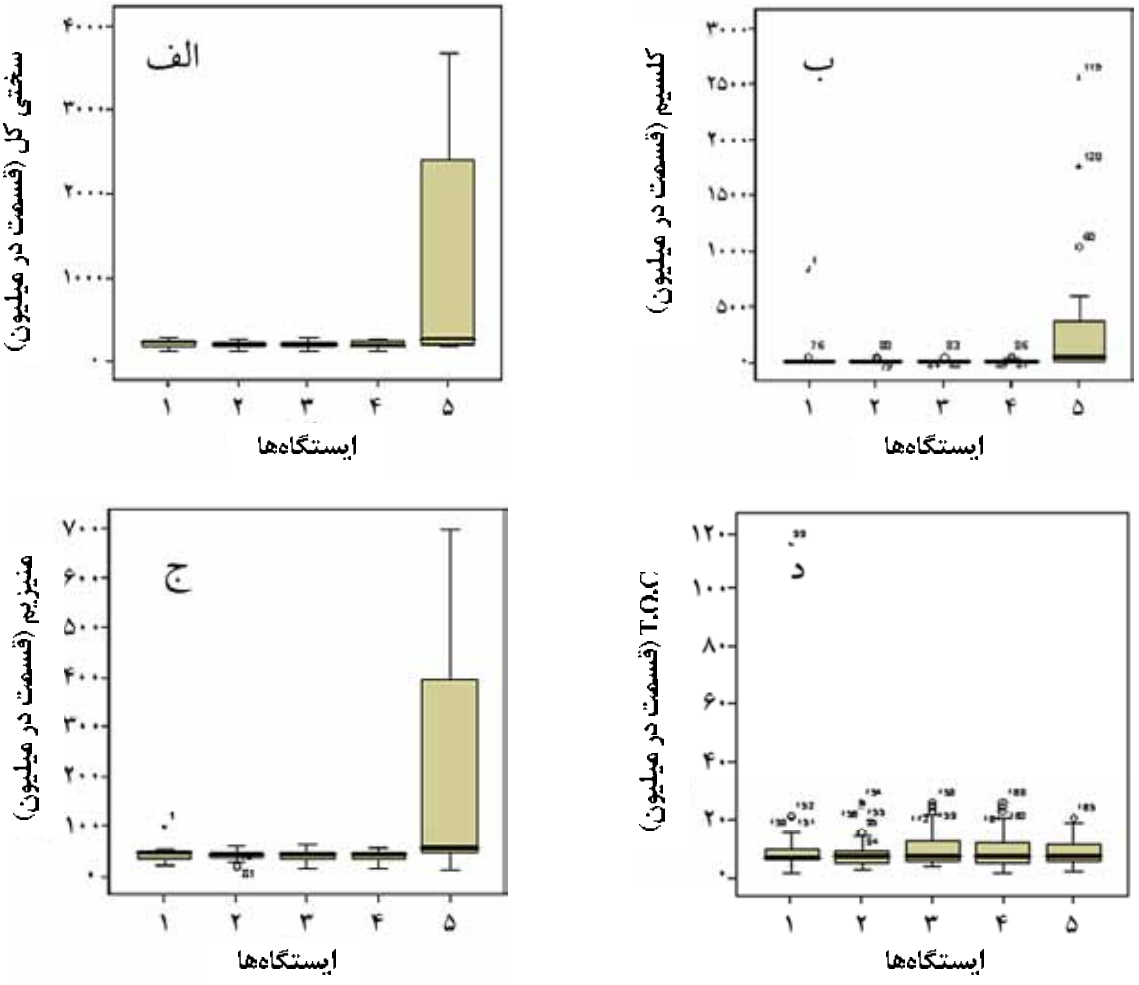
www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات زمانی و مکانی (SiO_2, DIN, TP) نشان می‌دهد که نوسانات شدیدی در بین ایستگاه‌ها وجود نداشته و نسبتاً محیطی هموژن از لحاظ مواد مغذی وجود دارد (شکل ۲) و تغییرات مکانی با توجه به جریان شدید رودخانه در این مصب بطور معنی‌دار وجود ندارد. ولی از لحاظ زمانی ترکیبات آمونیوم، سیلیکات، فسفات کل، ارتوفسفات و نیترات به عنوان ترکیبات اصلی مواد مغذی پلانکتونی دارای نوسانات زیادی بوده (جدول ۱) ولی در مجموع در اسفندماه عموماً حداکثر میزان خود را نشان می‌دهند.

کلسیم و منیزیم به عنوان دو عامل ایجادکننده سختی آب در مصب رودخانه سفید رود به ترتیب برابر ۷۷/۰۸ و ۷۲/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر بود که میزان آنها در ماه‌های مختلف در مورد کلسیم حداقل برابر ۱۲ و حداکثر برابر ۲۹۷ میلی‌گرم بر لیتر و در مورد منیزیم حداقل برابر ۱۸/۳ و حداکثر ۱۴۶/۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که نشان از تغییرات زیاد میزان آن دارد، و از نظر مکانی نیز از ایستگاه‌های (بالادست) رودخانه به سمت دریا افزایش دارد. آزمون توکی نیز تفاوت معنی‌دار از نظر ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد که این مسئله با توجه به ورودی آب شور در دریا در ایستگاه (۴ و ۵) نشان از افزایش سختی کل آب در امتداد مصب دارد (شکل ۳ ب و ج).

کل کربن آلی در مصب رودخانه سفیدرود به عنوان یک شاخص بار مواد آلی معلق دارای میزان متوسط سالانه ۹/۹±۱۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر بود که حداقل مقدار آن ۲/۷ و حداکثر آن ۲۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد (جدول ۱). آزمون توکی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار این متغیر در ماه‌های مختلف بود، ولی از نظر مکانی تفاوت معنی‌داری در بین ایستگاه‌ها دیده نشد (شکل ۳ د).

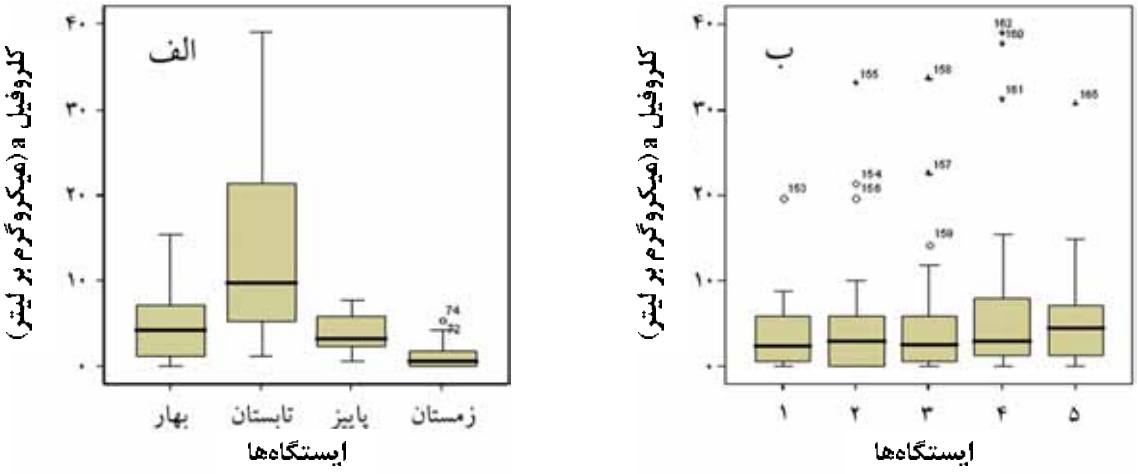


شکل ۳- میانگین تغییرات سالانه در ایستگاه‌های پنج گانه (الف) سختی کل، (ب) تغییرات کلسیم، (ج) تغییرات منیزیم و (د) تغییرات T.O.C کربن آلی کل در مصب رودخانه سفیدرود (آبان ماه ۱۳۸۲ تا مهر ماه ۱۳۸۳)

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیل a به‌عنوان شاخصی از تولید اولیه پلاژیک در مصب رودخانه سفیدرود نوسانات زمانی و مکانی آشکاری داشته و متوسط سالانه به دست آمده برابر ۴/۴۸ میکروگرم بر لیتر بود. میزان کلروفیل a در ماه‌های تیر و مهر قابل اندازه‌گیری نبود و حداکثر میزان آن نیز ۲۲/۸۵ میکروگرم بر لیتر در ماه شهریور تعیین گردید. که نشان‌دهنده تغییرات شدید زمانی این متغیر می‌باشد (جدول ۱). تغییرات فصلی آن نیز حداکثر مقدار خود را در فصل تابستان و حداقل را در فصل زمستان نشان داد (شکل ۴ الف) ولی از نظر مکانی این تغییرات شدید نبود و بطور کلی میزان کلروفیل a از طرف آب شیرین به سوی دریا دارای افزایش کمی بود (شکل ۴ ب). بر اساس آزمون توکی ($P>0/01$) کلروفیل a از نظر ماه و فصول مختلف تفاوت معنی‌داری داشته ولی در ایستگاه‌های مطالعه شده، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/01$).



شکل ۴- میزان کلروفیل a در فصول مختلف (الف) و در ایستگاه‌های مورد بررسی (ب) در مصب رودخانه سفیدرود (آبان ۱۳۸۲ تا مهر ۱۳۸۳)

میانگین تولید اولیه ناخالص سالانه برابر ۳۴/۱۲±۳۸/۲۷ میلی‌گرم کربن بر مترمربع در ساعت به دست آمد و حداقل مقدار آن در مهر ماه با میزان ۵/۸۵ و حداکثر آن برابر ۱۱۱/۳۲ میلی‌گرم کربن بر مترمربع در ساعت در شهریور ماه به دست آمد. مقدار میانگین تنفس سالانه برابر ۵۲/۲۴ میلی‌گرم کربن بر مترمربع بر ساعت بود و بیشترین میزان آن برابر ۶۰/۹۳ و کمترین میزان آن برابر ۴/۶۸ میلی‌گرم کربن بر مترمربع در ساعت اندازه‌گیری شده است.

جدول ۲- تولیدات اولیه ناخالص، تنفس و تولید اولیه خالص بر حسب میلی‌گرم کربن بر مترمربع در ساعت و تولید اولیه خالص روزانه بر حسب میلی‌گرم کربن بر مترمربع در روز در مصب رودخانه سفیدرود در ماه‌های مختلف و متوسط سالانه آنها (آبان ماه ۱۳۸۲، آذر ماه ۱۳۸۷)

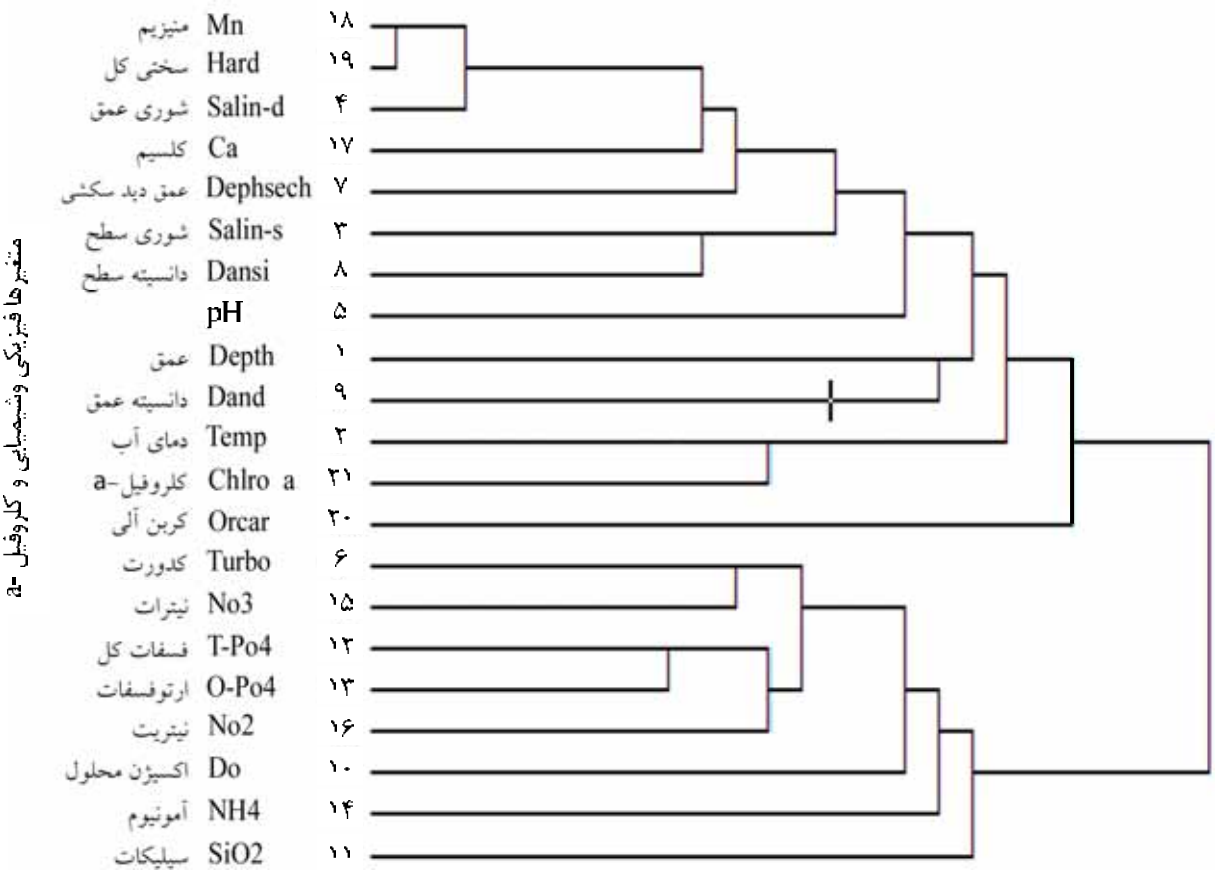
متغیرها	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	متوسط سالانه
تولید اولیه ناخالص	۶۲/۵۱	۱۱/۷۱	۸/۶۱	۱۱/۷۱	۱۷/۹۶	۴۹/۹۶	۳۹/۰۶	۷۸/۱۳	۵/۸۵	۵۶/۶۳	۱۱۱/۳۲	۵/۸۵	۳۸/۲۷
تنفس	۵۴/۰۰	۹/۲۹	۷/۳۱	۹/۴۱	۱۲/۱۸	۴۲/۷۹	۳۲/۸۱	۳۲/۸۰	۴/۶۸	۳۲/۷۹	۶۰/۹۳	۴/۶۸	۵۲/۲۴
تولید اولیه خالص	۸/۵۱	۳/۴۱	۱/۳۹	۲/۳۱	۵/۷۸	۷/۷۸	۶/۲۵	۴۵/۳۳	۱/۱۷	۳۳/۸۳	۵۰/۳۹	۱/۱۷	۱۲/۳۷
تولید اولیه خالص روزانه	۱۰۲/۰۰	۲۸/۷۹	۱۶/۸۱	۲۷/۶۱	۶۹/۳۱	۱۲۴/۴۸	۱۰۰/۰۰	۷۲۵/۲۸	۱۸/۷۲	۳۸۱/۲۸	۸۰۶/۲۴	۱۸/۷۲	۲۰۱/۶۱

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار تولید اولیه خالص مصب رودخانه سفیدرود برابر ۱۲/۳۷ بر ساعت و برابر ۲۸۹/۰۹±۶/ ۲۰۱ میلی‌گرم کربن بر مترمربع بر روز تعیین شد. که دارای نوسانات شدید زمانی بوده از حداقل میزان ۱۶/۸ در ماه تا حداکثر ۸۰۶/۲۴ میلی‌گرم کربن بر مترمربع بر روز در شهریور ماه متغیر است (جدول ۲).

بر اساس آزمون خوشه‌ای (شکل ۵) بین عوامل فیزیکی، شیمیایی، مواد مغذی و کلروفیل a- رابطه‌های مختلفی دیده می‌شود که با توجه به این آزمون کلروفیل a نزدیکی بالایی را به دمای آب نشان می‌دهد و با قرار گرفتن فسفات، آمونیم و سیلیکات در قسمت دیگر این خوشه اهمیت این مواد مغذی بر کلروفیل a در مصب رودخانه سفیدرود را کمتر نشان می‌دهد.



شکل ۵- آزمون خوشه‌ای فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و کلروفیل a در مصب رودخانه سفیدرود در طول یکسال (آبان ۱۳۸۲ تا مهر ۱۳۸۳)

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق طول محدوده مصبی رودخانه سفیدرود حدود ۵ کیلومتر تعیین شده است. با توجه به قدرت باد و امواج، زبانه آب شور وارد شده به این رودخانه دارای تغییرات زیادی در ماه‌های مختلف بوده و محدوده این زبانه متغیر است. در دیگر رودخانه‌های حوضه جنوبی خزر نیز با توجه به عدم وجود جزر و مد در دریای خزر محدوده‌های مصبی آنقدر گسترش ندارند. یک مثال از این مصب‌ها رودخانه چمخاله است که محدوده ای حدود ۳ کیلومتر را دارا می‌باشد و این محدوده با توجه به قدرت باد غالب منطقه متغیر بوده و در مواقع طوفانی بودن دریا و کم آب بودن رودخانه زبانه آب شور محدوده بیشتری را شامل می‌گردد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۸۴) و با توجه به نتایج بدست آمده مصب رودخانه سفیدرود را باید مصب زبانه آب شور دانست.

البته در مصب‌های جزر و مدی نیز محدوده مصبی بسیار گسترده نیست به عنوان مثال در مصب رودخانه هوقلی که

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از رودخانه‌های بزرگ هند است حداکثر محدوده مصبی حدود ۵۰ کیلومتر طول دارد (Rao *et al.*, 1998). همچنین محدوده مصبی شهر لانگ ایلند سوند (Long Island Sound) در ایالت متحده حدود ۱۳ کیلومتر بوده است (Capriulo *et al.*, 2002).

بحث و نتیجه‌گیری

دما به عنوان یک فاکتور مهم اثرگذار بر روی جوامع پلانکتونی و تولیدات اولیه در مصب رودخانه سفیدرود دارای نوسان است که می‌تواند یکی از دلایل اصلی تغییرات تولید اولیه باشد که با توجه به نتایج (شکل ۵) مهم‌ترین عامل اثرگذار بر روی کلروفیل a این مصب نیز دما می‌باشد که با افزایش دما میزان کلروفیل a بشدت افزایش می‌یابد البته مصب رودخانه سفیدرود را باید یک مصب کم عمق (با عمق متوسط ۲ متر) گل‌آلود مناطق معتدله دانست که الگوهای فصلی در آن با دیگر مصب‌های مناطق معتدله دنیا مطابقت دارد. به عنوان مثال در مصب ریاده آویرو (Riade aveiro) در کشور پرتغال در فصول گرم دمای بین ۱۶/۶ تا ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد و در فصول سرد دمای بین ۱۲/۲ و ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد نوسان داشته (Almeida *et al.*, 2002) که بسیار شبیه به رودخانه سفیدرود می‌باشد.

تغییرات pH در این مصب نشان از مقدار ۰/۱۷±۸/۱ بود که در فصل تابستان بدلیل کاهش آب شیرین ورودی در طول مصب بسمت دریا افزایش نشان می‌دهد که از نظر مقدار مشابه دیگر رودخانه‌های شمال ایران است. مانند *p*H رودخانه تجن که ۷/۹ (روشن طبری، ۱۳۷۳)، مصب هراز ۷/۸ (روشن طبری، ۱۳۷۵)، سیاهرود ۷/۸ (روشن طبری، ۱۳۷۶)، مصب رودخانه چالوس ۸/۳ (روشن طبری و همکاران، ۱۳۷۹) و مصب چمخاله ۸/۱ بوده‌اند. البته افزایش *p*H از آب شیرین بسمت دریا در مصب‌های جزرو مدی مانند مصب کاوالیری در هند که در آب شیرین ۷/۶ و در دهانه رودخانه ۸/۳ بوده نیز صدق می‌کند (Subramanian *et al.*, 1993).

عامل مهم دیگر اثرگذار بر روی فاکتورهای شیمیایی و زیستی، کدورت است که در رودخانه سفیدرود مطابق دیگر رودخانه‌های شمال ایران، به فصول بارندگی وابسته بوده ولی تنظیم این رودخانه توسط سد منجیل عاملی بسیار اثرگذار است که به خصوص در مهر ماه با تخلیه رسوبات پشت این سد، کدورت این مصب به حداکثر مقدار خود رسیده و کلیه عوامل را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. عمق دید سشی را بسیار کاهش داده و عمق دسترسی به نور کافی برای پلانکتون‌ها را بشدت می‌کاهد که این مسئله در تمامی اکوسیستم‌های آبی به عنوان یک عامل محدودکننده تولید مطرح می‌باشند و که در مصب سفیدرود نیز تغییرات تولیدات اولیه به دمای آب و میزان کدورت وابسته می‌باشد. البته در اکوسیستم های آبی مواد مغذی خصوصاً فسفات و نیترات و سیلیکات بر روی میزان رشد فیتوپلانکتونی در کنار نور و حرارت نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (Kalf, 2002). در اکوسیستم‌های مصبی بدلیل وجود دو منبع مهم مواد مغذی که ورودی رودخانه و آب دریا و بازچرخه مواد از بستر عمدتاً مواد مغذی بعنوان عامل محدود کننده بروز نمی‌کنند که این مسئله در مصب سفیدرود و بر روی تغییرات میزان کلروفیل a کاملاً مشهود است. در مصب رودخانه سفیدرود حداکثر میزان کلروفیل a در شهریورماه بوده که با دمای مناسب برای رشد تمامی گروه‌های فیتوپلانکتونی (بخصوص سیانوفیت‌ها) دیده می‌شود. میزان آن به طور متوسط در سال ۴/۸۷ میکروگرم بر لیتر و از متوسط میزان کلروفیل a حوزه جنوبی خزر که در فصل تابستان ۰/۵۵ میکروگرم بر لیتر با حداکثر مقدار در پاییز با میزان ۱/۸۴ میکروگرم بر لیتر (نصرالمزاده ساروی و حسینی ۱۳۸۴) بوده بسیار بالاتر است. این موضوع تأکید بر پرتولید بودن مصب‌ها نسبت به دریای حاشیه دارد. به عنوان مثال میزان کلروفیل a در مصب مزوتروفیک ریاد آویرو نیز در فصل گرم ۳۳/۵ و در فصل سرد ۰/۹ میکروگرم بر لیتر است (Almeida *et al.*, 2002) و یا متوسط آن

www.SID.ir

Archive of SID

در رودخانه تاگوس در سواحل غربی اروپا ۵/۴ میکروگرم بر لیتر تعیین شده است (Gameriro *et al.*, 2004).
در دیگر مصب‌های مناطق معتدله نیز تغییرات فصلی بخوبی مشهود است در مصب شهر لانگ ایلند سوند یک شکوفایی بهاره در ماههای اوریل و مه دیده می‌شود که میزان کلروفیل a آن در این هنگام به ۶۷ میکروگرم بر لیتر می‌رسد (Capriulo *et al.*, 2002). در مصب‌های یوتروف معتدله مانند سیستم‌های مصبی خلیج جزاپیک میزان کلروفیل a به ۱۵۰/۱ میکروگرم بر لیتر در بهار نیز می‌رسد (Harding *et al.*, 2002). تغییرات میزان کلروفیل a ملاکی برای تغییرات خصوصیات زیست محیطی و نوسان بار مواد مغذی بوده و همواره افزایش میزان کلروفیل a در یک اکوسیستم آبی شاخصی از افزایش تولید اولیه می‌باشد (Smith *et al*,. 2002, Malone *et al.*, 1988). مطالعات ۵۰ ساله اخیر نشان می‌دهد که میزان کلروفیل a در مصب‌ها ۵ تا ۱۰ برابر افزایش یافته در حالی که در دیگر نقاط دریایی این افزایش ۱/۵ تا ۲ برابر است که شاخصی از افزایش بار مواد مغذی ورودی به مصب‌هاست (Harding, 1994). البته میزان متوسط کلروفیل a ۴/۴۷ میکروگرم بر لیتر نشان از باروری بالای رودخانه سفیدرود ندارد.
تولیدات اولیه ناخالص و خالص رودخانه سفیدرود کاملاً با تغییرات میزان کلروفیل a مطابقت داشته و حداکثر تولید اولیه خالص با میزان ۵۰/۳۹ $mgC^{-1}m^{-2}h^{-1}$ که متوسط سالانه ۰/۲۰۱ $mgC^{-2}m^{-2}d^{-1}$ را نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات Heilp و همکاران (1995) تولیدات اولیه در ۲۴ مصب ایالات متحده و ۱۶ مصب در اروپا در منطقه معتدله دارای میانگین سالانه در آمریکا ۲۵۱ $gCm^{-2}y^{-1}$ در اروپا ۱۹۵ $gCm^{-2}y^{-1}$ می‌باشد که در مورد سفیدرود این میزان ۷۳ $gCm^{-2}y^{-1}$ است که نشان از پایین بودن میزان تولیدات این مصب نسبت به مصب‌های مشابه می‌باشد که این امر می‌تواند به گل آلودگی شدید و عمق کم این رودخانه مربوط باشد. هماهنگی کاملی بین تغییرات تولیدات اولیه و کلروفیل a در این مصب دیده می‌شود که نشان از اثر تغییرات دمای آب بر روی تولیدات اولیه پلاژیک این مصب می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از سازمان محیط زیست استان گیلان، خصوصاً ریاست و معاونین اداره محیط زیست شهرستان آستانه اشرفیه و اعضاء محترم پایگاه حفاظت محیط زیست سفیدرود جهت همکاری برای نمونه‌برداری‌ها و همچنین از اعضاء محترم اداره تحقیقات محیط زیست بندرانزلی جهت کمک برای انجام امور آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

افشین، یداله. ۱۳۷۳. رودخانه‌های ایران. جلد اول، وزارت نیرو، شرکت مهندسین مشاور جاماب.

علی‌پور، وحیده؛ فاطمی، محمدرضا؛ نظامی، شعبانعلی و رحیمی بشر، محمدرضا. ۱۳۸۴. شناسایی ماکروزئوبنتوزها در مصب رودخانه چمخاله و تعیین روابط تنوع و فراوانی آنها با نوع بستر. اولین همایش بین‌المللی علوم زیستی ایران، آذر ۱۳۸۴، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

روشن طبری، مژگان. ۱۳۷۳. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه تجن. مجله علمی شیلات ایران، ۳ (۴): ۷۲-۵۹.

روشن طبری، مژگان. ۱۳۷۵. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه هزار. مجله شیلات ایران، ۵ (۲): ۶۳-۴۳.

روشن طبری، مژگان. ۱۳۷۶. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه سیاهرود، مجله علمی شیلات ایران، ۶ (۲): ۴۲-۲۷.

روشن طبری، مژگان؛ عبدلی، اصغر؛ تکیلیان، کبری؛ نجف‌پور، شعبان و فروغی فرد، حجت. ۱۳۷۹. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه چالوس. مجله علمی شیلات ایران، ۹ (۴): ۱۴-۱.

نصرالله‌زاده ساروی، حسن و حسینی، سیدعباس. ۱۳۸۳. بررسی میزان همبستگی تغییرات کلروفیل a و عامل شفافیت در حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱: ۲۰۰-۱۹۱.

Almeida, M.A.; Cunha, M.A & Alcantara, F. 2002. Seasonal change in the proportion of bacterial and phytoplankton production along a salinity gradient in a shallow estuary. Hydrobiologia, 475/476: 251-262.

APHA. 1981. Standard methods for the examination of water and wastwaters. 15th edh. American Public Health Association. Washington DC.

Blaber, S.J.M. 1997. Fish and fisherise of tropical estuaries, Chapman and Hall. UK.

Boaden, P.J.S. & Seeds, R. 1992. An Introduction to Coastal Ecology. Black Well. London.

Boynton, W.R.; Kemp, W.M. & Keefe, C.W. 1982. A comparative analysis of nutrients and other factors in fluencing estuarine phytoplankton Production. In Estuarine comparisons. Academic Press. New York.

Capriulo, G.M.; Smith, G.; Troy, R.; Wikfors, G.H.; Pellet, J. & garish, C. 2002. The planktonic food web stracture of a temperate zone estuary and its alteration due to eutrophication. Hydrobiologia, 475: 263-333.

Cole, J.J.; Caraco, N.F. & Peierls, B.L. 1992. Can phytoplankton maintain a positive carbon balance in a turbid, freshwater, tidal estuary Limnology and Oceanography, 37: 1608-1617.

Cloern, J.E. 2001. Our evolving conceptual model of the costal eutrophication problem. Marine Ecology Progress Series, 210: 223-253.

Duxbury, A.B.; Duxbury, A.C. & Sverdrup, K.A. 2002. Fundamentals of oceanography. Fourth edition. Mc Graw Hill. USA.

Edmondson, T.W. 1980. Secchi disk and Chlorophyll. Limnol. Oceangr., 25 (2): 378-379.

Gameiro, C.; Cartaxana, P.; Cabrita, M.T. & Brotas, V. 2004. Variability in chlorophyll and phytoplankton composition in an estuarine system. Hydrobiologia, 525: 113-124.

Goldman, C.K. & Horne, A.J. 1994. Limnology. Scend edition. Mcgraw Hill. USA.

Harding, L.W.J. 1994. Long-term trend in the distribution of phytoplankton in Chesapeake Bay. Roles of light, nutrients and streamflow. Marine Ecology Progress Series. USA.

Harding, L.W.; Mallonee, M.E. & Perry, E.S. 2002. Toward a predictive understanding of primary productivity in a temperate, Partially Stratifies estuary. Estuarine, Costal and Shelf Science

www.SID.ir

Archive of SID

Journal, 55: 437-463.

Heip, C.; Goosen, N.K.; Herman, P.M.J.; Kromkamp, J.; Middelburg, J.J. & Soetarek, K. 1995. Production and consumption of biological particles in temperate tidal estuaries. Oceanography and Marin Biology Annual Review, 33: 1-149.

Houde, E.D. & Rutherford, E.S. 1993. Recent trends in estuarine fisheries: Prediction of fish Production and yield. Estuaries, 16: 161-176.

Kalff, J. 2002. Limnology. Prentice Hall. New Jersey, USA.

Karleskint, G. 1998. Introduction to marine biology. Harcourt Brace and Co. Orlando.

Knox, G.A. 1986. Estuarine Ecosystems: A systems apprach. Vol: 1, 2. CRCPress. USA.

Lali, C.M. & Parsons, T.R. 1997. Biological oceanography an introduction. Pergamon Press, Oxford.

Levinton, J.S. 1995. Marine biology: function, biodiversity, ecology. Oxford University Press, New York.

Lehman, P.W. 1992. Environmental factors associated with long-term changes in chlorophyll concentration in the Sacramento-San Joaquin delta and Suisun bay, California Estuaries, 15: 335-348.

Little, C. 2000. The biology of Soft Shores and estuaries. Oxford University Prss Inc., New York.

Lorenzen, C.J. 1967. Determination of Chlorophyll and Phaeopigments: Spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography, 12: 343-346.

Mann, K.H. 2000. Ecology of coastal waters, with implications for management. 2nd ed. Black Well Sceience. UK.

Malone, T.C.; Crocker, L.H.; Pike, S.E. & Wendler, B.W. 1988. Influences of river flow on the dynamics of phytoplankton production in a partially stratified estuary. Marine Ecology Progress Series. USA.

Pickard, G.L. 1975. Descriptive physical oceanography. Pergamon Press. USA.

Pinet, P.R. 2003. Invitation to oceanography. Third edition. Jones and Bartlett Publishers, Inc. USA.

Rao, Y.R.; Sinha, P.C. & Dube, S.K. 1998. Circulation and salinity in hooghly estuary: A numerical Study. Indian Jornal of Marine Sciences, 27, Special issue. Satellite Oceanography and Modelling, 3: 32-57.

Smith, E.M.; Harding, L.W.Jr.; Mallonec, M.E. & Kemp, 2002. Variations in freshwater inpute to Chesapeak Bay. Contrasting 1995 and 1996. Marine Ecology Progress Series. USA.

Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1981. Biometry. Freeman Company, New York.

Subramanian, V.; Ramanathan, A.L. & Ramesh, R. 1993. Nature of phosphorus distribution in the Cauvery Estuary. In: Sustainable management of coastal ecosystems (eds). M.S. Swaminathan & R. Ramesh, M.S. Swaminathan Foundation. Madras, India.

Thurman H.V. & Trajillo, A.P. 1999. Essentials of oceanography. 6th ed. Prentice-Hall, Inc. USA.

Underwood, G.J. & Kromkamp, C. 1999. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries. Advances in Ecological Reasearch, 29: 93-153.

Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 1991. Limnological Analyses. 2nd. ed. Springer-Verlag. New York.

www.SID.ir