

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

محمد رضا رحیمی بشر*^۱، عباس اسماعیلی ساری^۲، سید محمد رضا فاطمی^۳، شعبانعلی نظامی^۴، آرش جوانشیر^۵ و وحیده علیپور^۱

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان

۲- دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۴- موسسه تحقیقات شیلات ایران، تهران

۵- دانشکده منابع دانشگاه تهران، کرج

چکیده

مصب رودخانه سفیدرود بعنوان بزرگترین زیستگاه مصبی حوضه جنوبی دریای خزر در مطالعه حاضر مورد ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی، کلروفیل *a* و تولید اولیه قرار گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده محدوده آن از دهانه رودخانه حدود ۵ کیلومتر تعیین و تمامی این بررسی ها از بالادست این محدوده تا دریا در طول یک سال (آبان ۸۲ تا مهر ۸۳) بصورت ماهانه در ۵ ایستگاه انجام گرفته است. میانگین سالانه و انحراف معیار عوامل فیزیکی و شیمیایی، نشان دهنده میزان، درجه حرارت آب $17.2 \pm 8.6^{\circ}\text{C}$ ، شوری سطح آب 1.77 ± 1.32 و شوری عمق 2.79 ± 3.27 قسمت در هزار، کدورت 311.86 ± 345.18 FTU، عمق دید سکشی دیسک 36.5 ± 25.33 سانتی متر، اکسیژن محلول 8.69 ± 2.88 میلی گرم بر لیتر، آمونیوم 0.512 ± 0.66 میلی گرم بر لیتر، سیلیکات 5.68 ± 1.91 میلی گرم بر لیتر، فسفات کل 0.136 ± 0.103 میلی گرم بر لیتر و کربن آلی کل 10.3 ± 9.9 میلی گرم بر لیتر می باشد. میزان متوسط کلروفیل *a* نیز 4.44 ± 7.45 میکروگرم بر لیتر تعیین شده که در ماههای تیر و مهر میزان آن قابل سنجش نبوده و بیشترین میزان آن 22.85 ± 2.5 میکروگرم بر لیتر مربوط به ماه شهریور بوده و از نظر مکانی نیز بیشترین میزان آن در دهانه (ایستگاه ۴) به میزان 7.5 ± 10.65 میکروگرم بر لیتر تعیین گردیده است. تولید اولیه این مصب در همین ایستگاه و به کمک روش بطریهای تاریک و روشن انجام گرفته و دارای متوسط سالانه تولید اولیه ناخالص 38.27 ± 34.12 میلی گرم کربن بر متر مربع در ساعت و تولید اولیه خالص 20.16 ± 28.99 میلی گرم کربن بر متر مربع در روز بوده که بیشترین میزان تولیدات اولیه در شهریور ماه و حداقل میزان آن نیز در مهرماه تعیین شده که دلیل اصلی این کاهش شدید، کدورت بالا آب تحت تأثیر خروجیهای سد منجیل بوده است. بر اساس آزمون آنالیز خوشه ای مهمترین عامل اثرگذار بر روی میزان کلروفیل *a* نیز دمای آب تعیین شده است.

واژگان کلیدی: دریای خزر، رودخانه سفید رود، کلروفیل *a*، تولیدات اولیه، مصب، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی.

مقدمه

نقطه مشترک مطالعات اکولوژی دریایی و لیمنولوژی، اکوسیستم مصب است. این زیستگاه بعنوان یک زیست مرز، محل اتصال آب شیرین رودخانه ها به آب شور دریاها می باشد (Knox, 1986) بنابر نظریه محققان مختلف تعاریف متعددی از مصب ارائه شده 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 درون آن تا حد زیادی آب دریا توسط آب شیرین رقیق می شود (Pickard, 1975). مصب مکانی است که آب شیرین رودخانه با آب دریا برخورد می کند و یک شوری حد واسط تشکیل می گردد (Little, 2000). مصب جائیست که آب رودها به آب دریا برخورد می کند و به آن وارد می شود (Karleskint, 1998, Levinton, 1995, Lalli and parsons, 1997). مصب ها 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, Goldman and Horne, 1994).

با توجه به تعاریف فوق مشخص می گردد که مصب ها زیستگاهی مستقل اند ولی مانند تمامی اکوتون ها محیطی تغییرپذیر، بی ثبات و پر از استرس می باشند (Boaden and Seed, 1992) و بدلیل بالا بودن مقدار مواد مغذی معمولاً میزان تولیدات اولیه در آنها نسبت به دیگر منابع آبی بسیار بالاتر بوده و گروههای زیادی از جلبک ها می توانند در آن حضور داشته باشند (Boynton *et al.*, 1982, Houde and Rutherford 1993). در بسیاری از مصبها عوامل محدود کننده تولید، کدورت بالا و عدم دسترسی به نور کافی برای تولیدکنندگان است (Lehman 1992, Cole *et al.*, 1992). البته با توجه به این عامل محدود کننده، براساس نظریه Miller (در سال ۲۰۰۴) در بین اکوسیستم های 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 می کند. یک جنبه مهم شیلاتی این اکوسیستم ها، ارزش آنها در ارتباط با مهاجرت ماهیان آنادرموس است که بیشتر گونه ها، مصب را بعنوان محل سازگاری انتخاب کرده و گروهی نیز در آن تغذیه و حتی زادآوری می کنند (Blaber, 1997).

با توجه به ساختار زمین شناسی دانشمندان مصبها را به ۴ دسته پهنه ساحلی، آبدرد، دیواره ای و زمین ساختی تقسیم کرده اند (Thurman and Trujill, 1999) و براساس اختلاط آب در آنها نیز مصب ها را به چهار دسته، زبانه آب شور، تمام مخلوط، نیمه مخلوط و بدون اختلاط تقسیم بندی نموده اند (Pinet, 2003 and Duxbery *et al.*, 2002) که بررسیهای اولیه بر روی مصبها بر اساس ساختار زمین شناسی و نحوه اختلاط آب شور و شیرین انجام میگیرد ولی بهر حال 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 می باشد (Harding *et al.*, 2002) و 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 بعنوان 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 می گردد (Mann, 2000). از عوامل موثر بر میزان کلروفیل - a در تمامی اکوسیستم های آبی 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 می توانند بر روی تولیدات مصبی بگذارند (Underwood and Kromkamp, 1999).

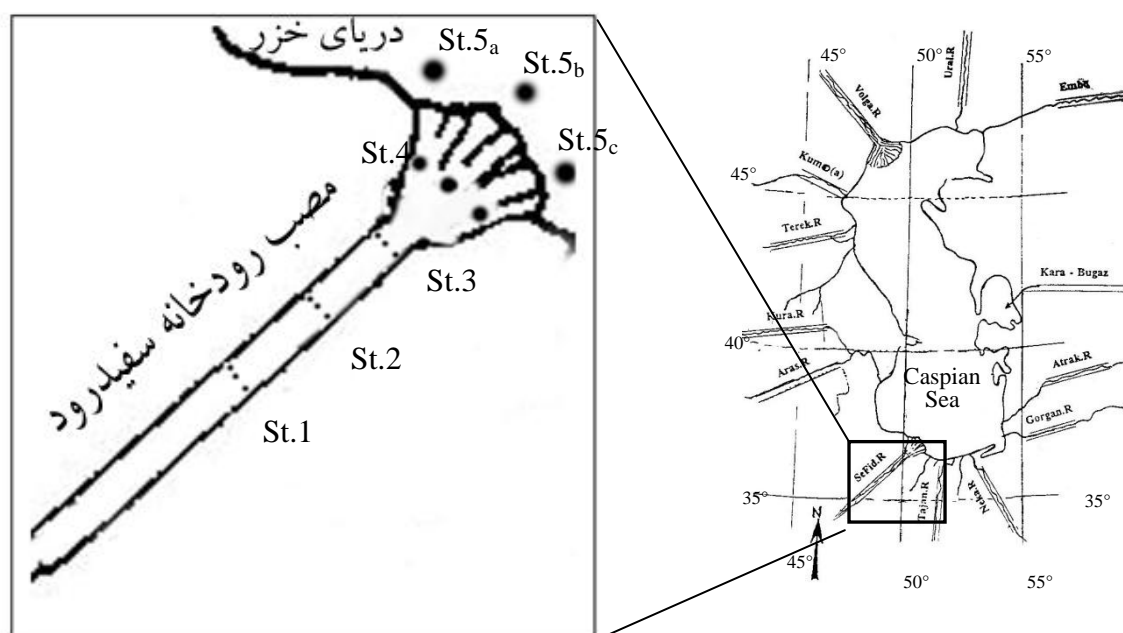
با توجه به اهمیت این اکوسیستم ها تاکنون مطالعات جامعه ای در ارتباط با مصب در ایران صورت نگرفته و فقط قسمتی از مطالعات هیدروبیولوژی رودخانه ها به مصب ها اختصاص داده شده است.

سفیدرود طولانی ترین و بزرگترین رودخانه شمال ایران است که به همراه تالاب ملی بوجاق در کنوانسیون رامسر بعنوان یکی از تالاب های بین المللی ایران ثبت شده است و با توجه به اینکه این رودخانه پذیرای بسیاری از ماهیان استخوانی و خصوصاً ماهیان خاویاری است اهمیت اینگونه مطالعات بیش از پیش آشکار می گردد. جنبه دیگر اهمیت این مطالعه مربوط به محل رهاسازی بسیاری از لاروها در مصب این رودخانه است که نیاز اینگونه مطالعات پایه ای را بیشتر می کند. مطالعه حاضر بر روی مهمترین اکوسیستم مصبی حوزه جنوبی دریای خزر یعنی مصب رودخانه سفید رود انجام گرفته و هدف ما بررسی تغییرات زمانی و مکانی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب، کلروفیل - a و میزان تولید اولیه در این مصب بوده است.

حوزه آبریز دریای خزر شامل ۸۶۴ رودخانه کوچک و بزرگ بوده که معمولاً از ارتفاعات البرز سرچشمه می گیرند که در آن رودخانه های ارس، اترک، گرگان و سفید رود نسبت به بقیه طویل تر بوده و رودخانه سفید رود با دارا بودن وسعت حوضه ۶۷۰۰۰ کیلومتر مربع مهمترین و بزرگترین رودخانه این حوضه آبریز محسوب می شود. 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 کیشهر در محلی با ارتفاع حدود ۲۷ متر پایین تر از سطح دریاهای آزاد به دریای خزر می ریزد. 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 بوده که در جنوب غربی دریای خزر قرار داشته در محلی بین شهرهای کیشهر و زیباکنار به دریای خزر می پیوندد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی مصب رودخانه سفیدرود و ایستگاههای نمونه برداری

قبل از آغاز نمونه برداری های اصلی محدوده مصبی با ردیابی ورودی زبانه آب شور دریا توسط باد و امواج به داخل رودخانه توسط شوری سنج اپتیک مورد سنجش قرار گرفته و حداکثر میزان آن حدود ۵ کیلومتر از دهانه رودخانه تعیین گردیده است. تمامی نمونه برداریها بصورت ماهانه در طول یک سال از آبان ۱۳۸۲ تا مهر ۱۳۸۳ در یک محدوده ۷ کیلومتری و در ۵ ایستگاه (هر ایستگاه دارای ۳ ایستگاه فرعی) انجام گرفته است (شکل ۱). ایستگاه یک در آب شیرین و ۲ کیلومتر بالاتر از محدوده مصبی به عنوان شاهد قرار داشته است.

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 cm و کدورت آب توسط کدورت سنج مدل HANNA در محل اندازه گیری شده اند. جهت سنجش مواد مغذی شامل: نیتريت، نترات، آمونیوم، Do، سیلیکات، فسفات کل، ارتوفسفات، کلسیم، منیزیم و کربن آلی کل از هر ایستگاه یک لیتر آب توسط بطری نمونه برداری روتنر اخذ 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 اندازه گیری کلروفیل a از هر ایستگاه به میزان یک لیتر آب نمونه برداری شده و در شرایط دمای زیر صفر درجه در کوتاهترین مدت به آزمایشگاه منتقل شده و توسط اسپکتروفتومتر و برحسب میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری تولیدات اولیه از روش بطریهای تاریک و روشن (Wetzel and Likens, 1991) استفاده شد. جهت انجام این کار ایستگاه ۴ (دهانه رودخانه) بعنوان مهمترین منطقه مصبی انتخاب و بطریهای تاریک و روشن در این محل نصب شده اند. با توجه به عمق متوسط دهانه رودخانه که حدود ۳ متر می باشد. دو عمق ۰/۵ و ۱/۵ متر انتخاب و پس از نمونه برداری و انتقال آب به شیشه های 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).

جاییکه:

$$GPP = \frac{275(L-D) \times \text{عمق}}{PQ}$$

GPP = تولید اولیه ناخالص برحسب میلی گرم کربن بر مترمربع بر ساعت

R = تنفس برحسب میلی گرم کربن بر مترمربع بر ساعت

$$\text{عمق} \times (I-D) \times RQ =$$

NPP = تولید اولیه خالص برحسب میلی گرم بر مترمربع بر ساعت

$$NPP = GPP - R$$

L = اکسیژن محلول بطری روشن، برحسب میلی گرم بر لیتر

D = اکسیژن محلول بطری تاریک، برحسب میلی گرم بر لیتر

I = اکسیژن اولیه، برحسب میلی گرم بر لیتر

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

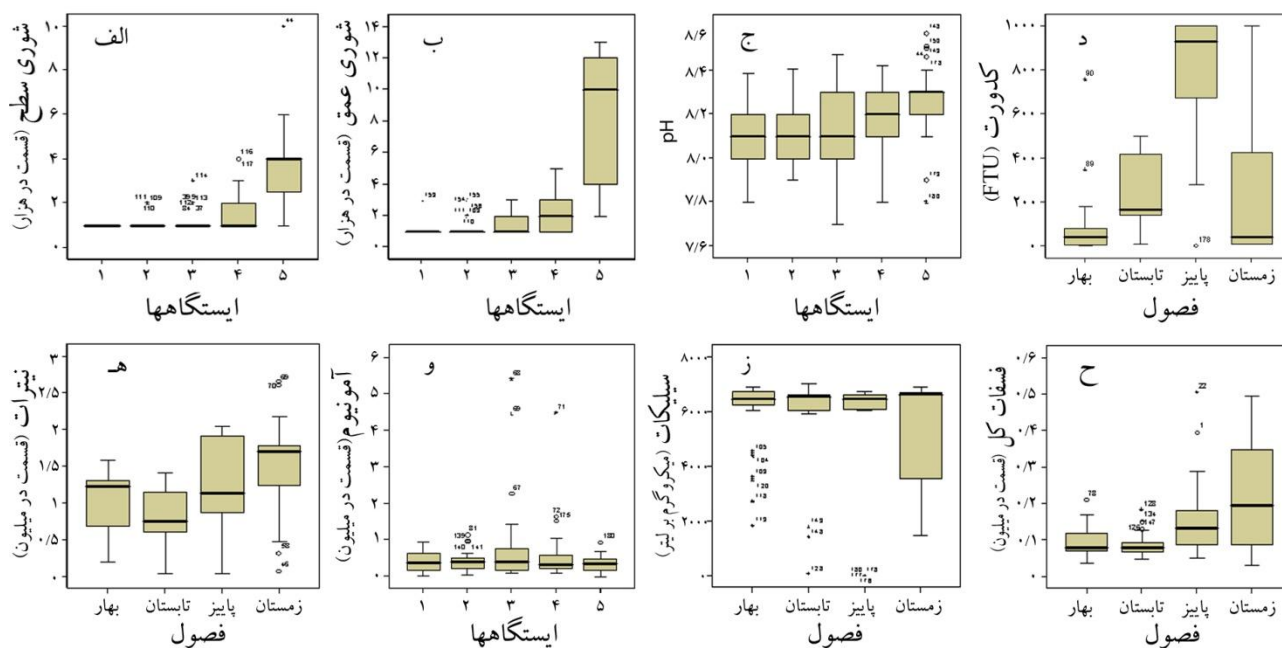
تجزیه و تحلیل های آماری

جهت رسم نمودارها و کارهای آماری از نرم افزار SPSS ۱۲ استفاده شده است همچنین جهت تعیین تفاوت بین ایستگاه و ماهها از آزمون توکی و جهت بررسی همبستگی بین فاکتورهای سنجش شده بدون نرمال سازی از آزمون خوشه ای استفاده گردید (Sokal and Rohlf, 1981).

نتایج

عوامل فیزیکی، شیمیایی و مواد مغذی:

تغییرات دمای آب نشاندهنده حداقل مقدار در دی ماه حدود ۱۰ درجه سانتی گراد و حداکثر مقدار در مردادماه ۲۶/۸ درجه سانتی گراد با متوسط ۱۷/۲ درجه سانتی گراد سالانه بوده که نشان کاملی از هماهنگی دمای آب و هوا در این منطقه از رودخانه می باشد (جدول ۱). از فاکتورهای دیگر غیر زیستی کدورت بوده که حداکثر مقدار آن بیش از ۱۰۰۰ FTU در ماههای مهر و آذر سنجش شده است. عمق دید سکشی دیسک نیز با کدورت مطابقت داشته و کمترین مقدار آن ۹/۳ و ۹/۶ سانتی متر بوده که در مهر و آذر ماه دیده شده است (جدول ۱). تغییرات ماهانه اکسیژن محلول آب با متوسط سالانه ۸/۶۹ میلی گرم بر لیتر نشان از بالا بودن اکسیژن محلول بوده ولی در مهرماه به حداقل میزان خود رسیده (۴/۱ میلی گرم بر لیتر) است. تغییرات شوری سطح و عمق آب (شکل ۲ الف و ب) میزان آن در سطح در سه ایستگاه بالادست تغییراتی را نشان نمی دهد و تغییرات در ایستگاه ۴ شروع شده و در ایستگاه پنجم به حداکثر خود می رسد ولی در مورد شوری عمق این تغییرات در ایستگاه ۳ آغاز می گردد و در ایستگاه پنجم به حداکثر مقدار خود به ۱۰ قسمت در هزار می رسد که این موضوع وجود لایه بندی شوری و ورود آب شور دریا بداخل رودخانه سفیدرود را اثبات کرده و وجود یک زبانه آب شور را تأیید می نماید. بر اساس آزمون توکی ($P < 0.01$) شوری چه در سطح و چه در عمق در ماههای مختلف و ایستگاه ها دارای تفاوت معنی دار هستند که این آزمون صحت وجود یک مصب زبانه آب شور را بیش از پیش آشکار می کند.



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 (ه)، 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 ۸۲ تا مهر ۸۳) همچنین بر اساس نتایج بدست آمده (جدول ۱) مواد مغذی با متوسط سالانه شامل نیترات (NO_3^-) $1/13 \pm 0/5$ میلی گرم بر لیتر، فسفات کل (TP) $0/13 \pm 0/1$ میلی گرم بر لیتر و سیلیکات (SiO_2) $5/68 \pm 1/91$ میلی گرم بر لیتر و کربن آلی کل ($T.O.C$) $10/3 \pm 9/9$ میلی گرم بر لیتر تعیین شده است که میزان متوسط ۵ ایستگاه در هر ماه به همراه انحراف معیار آنها در جدول ۱ آورده شده است.

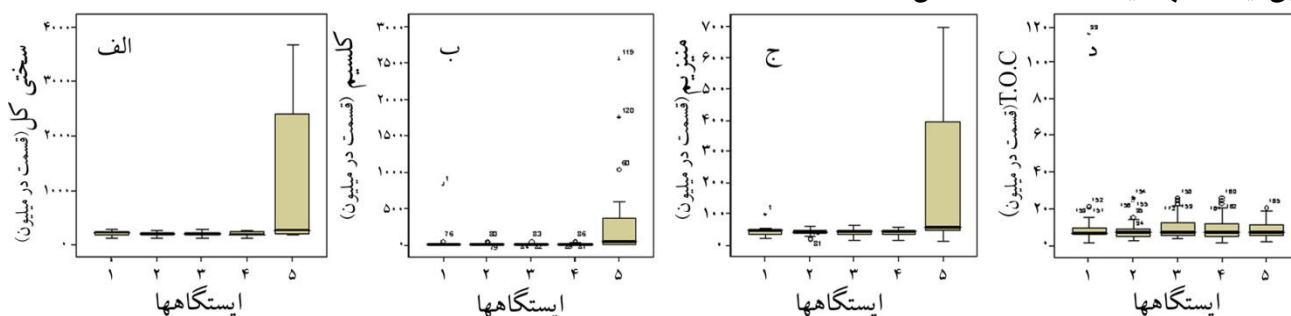
جدول ۱: میانگین و انحراف معیار فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی، مواد مغذی، کلسیم، منیزیم، کربن الی کل (T.O.C.) و کلروفیل a در ماههای مختلف در مصب رودخانه سفیدرود (N.O.= قابل اندازه گیری نبوده است)

کلروفیل a μgl^{-1}	T.O.C (mg l^{-1})	Mg ⁺ (mg l^{-1})	Ca ⁺ (mg l^{-1})	NO ₂ ⁻ (mg l^{-1})	NO ₃ ⁻ (mg l^{-1})	NH ₄ ⁺ (mg l^{-1})	Ort-p (mg l^{-1})	TP (mg l^{-1})	SiO ₂ (mg l^{-1})	DO (mg l^{-1})	عمق دید سکشی دیسک (cm)	کلورت (FTU)	دمای آب T °C	فاکتور ماهها
۳/۸۷±۱/۸	۹/۰۴±۱/۳	۵۲±۲/۲	۶۵±۱/۲	۰/۰۲±۰/۰۴	۱/۱۳±۰/۱۷	۰/۲±۰/۱	۰/۱۴±۰/۰۱	۰/۱۴±۰/۰۷	۶/۵±۰/۰۵	۸/۵±۰/۳	۲۷/۷±۶	۶۹۳/۶±۸۸	۱۶/۹±۰/۹	آبان
۳/۷۹±۱/۹۹	۸/۹۲±۱/۳۲	۴۰/۷±۴/۴	۲۳±۹/۲	۰/۰۳±۰/۱	۱/۹۳±۰/۰۷	۰/۲۲±۰/۱۷	۰/۱۸±۰/۰۶	۰/۲±۰/۰۹	۶/۵±۰/۰۵	۶/۵±۰/۱	۹/۶±۱/۱	>۱۰۰۰	۱۱/۸±۰/۱	آذر
۱/۱۸±۱/۳۸	۲/۷±۲/۵	۴۶/۸±۰/۷	۱۲±۰/۹	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۱/۵۷±۰/۴۲	۰/۲۸±۰/۱۵	۰/۱۲±۰/۱۲	۰/۲±۰/۱۱	۶/۶±۰/۱۴	۱۰/۱±۰/۳	۳۷/۵±۱۴/۱۲	۳۷/۵±۱۹۹/۳۲	۱۰/۷±۰/۳۲	دی
۰/۶۳±۰/۳۶	۹/۱۶±۱/۰۶	۵۵/۹±۳۳	۱۳۳/۳±۲۹	۰/۰۱±۰/۰۱	۱/۰۲±۰/۴	۰/۲۶±۰/۱	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۱۳±۰/۱۴	۲/۹±۱/۳	۹/۵±۰/۵	۷۹/۷±۲۵/۶	۱۳/۳۳±۱۶/۲۵	۱۱/۸±۲/۲	بهمن
۱/۸۵±۱/۹۶	۸/۰۶±۲/۳	۳۸/۳±۷/۷	۲۸±۱۳	۰/۱۸±۰/۰۷	۱/۹۱±۰/۴۱	۱/۴۹±۱/۸	۰/۰۲±۰/۰۱	۰/۳۲±۰/۱۱	۶/۷±۰/۱	۱۰/۱±۰/۷	۱۳/۷±۱۰/۴	۵۶۳/۸±۲۳۵/۸	۱۰/۶±۰/۱۷	اسفند
۳/۷۵±۴/۴	۵/۲±۱/۲	۱۸/۳±۳/۹	۴۸/۸±۸/۵	۰/۰۱±۰/۰۰۳	۱/۳۶±۰/۱۲	۰/۴۲±۰/۳	۰/۰۹±۰/۰۳	۰/۱۳±۰/۰۳	۶/۷±۰/۲	۹/۴±۰/۴	۲۰/۳±۵/۸	۱۶۰±۱۸۲/۲	۱۱/۶±۰/۳	فروردین
۳/۲۴±۲/۴۷	۵/۴±۱/۰۸	۹۲/۴±۱۳	۳۰/۷±۴۶	۰/۰۳±۰/۰۱	۱/۲۴±۰/۰۷	۰/۲۵±۰/۱۵	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۳	۵/۸±۰/۹	۸/۷±۰/۳	۳۳±۷/۲	۵۱/۸±۲۳/۱	۲۰/۴±۰/۴	اردیبهشت
۷/۴۹±۴/۳	۷/۱۳±۱/۳	۱۰۶/۱±۱۴	۲۹۷/۵±۷۷	۰/۰۲±۰/۰۰۶	۰/۵۶±۰/۱۸	۰/۳۵±۰/۱۳	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۰/۰۷±۰/۰۱	۵/۷±۱/۶	۷/۷±۰/۲	۵۷/۴±۱۳/۶	۲/۳±۲/۸	۲۳/۵±۰/۶	خرداد
N.O.	۴/۵۵±۰/۴	۴۲±۲/۳	۶۳±۰/۹۵	۰/۰۸±۰/۰۳	۰/۸±۰/۰۳	۰/۴۹±۰/۱۳	۰/۰۶±۰/۰۰۵	۰/۱±۰/۱	۵/۶±۱/۵	۶/۱±۰/۲	۲۸/۷±۳/۸	۴۳۳/۷±۷۹/۳	۲۳/۴±۰/۱	تیر
۵/۰۸±۲	۶/۲۷±۲/۲	۱۳۱/۹±۱۵	۴۲/۴±۶۷	۰/۰۳±۰/۰۰۶	۱/۰۵±۰/۰۷	۰/۸۶±۰/۰۰۳	۰/۱۱±۰/۱	۰/۰۹±۰/۰۰۷	۵/۸±۱/۱	۸/۹±۰/۱	۴۷/۲±۱۰/۲	۱۴۴±۱۹/۴۳	۲۶/۸±۷/۷	مرداد
۲۲/۸۵±۲/۵	۲۰/۸±۲/۴	۱۲۵/۳±۲۱	۷۷/۴۷±۱۱۰	۰/۰۵±۰/۰۴	۰/۵۲±۰/۰۰۴	۰/۵±۰/۰۲	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۰۵	۶/۶±۰/۰۹	۷/۱±۰/۱	۶۰±۱۶/۱	۱۳۷±۱۳/۷	۲۳/۲±۶/۲	شهریور
N.O.	۱۶/۷۲±۳	۱۴۶/۱±۹۶	۱۳۱/۷±۸۸	۰/۸۶±۰/۱۴	۰/۰۹±۰/۰۳	۱/۰۳±۰/۲	۰/۱۵±۰/۲۹	۰/۰۷±۰/۰۱	۵/۸±۰/۰۰۱	۴/۱±۰/۱	۹/۳±۱۳/۱	>۱۰۰۰	۲۲/۴±۵/۱	مهر
۴/۴۸±۷/۴۵	۱۰/۳±۹/۹	۷۲/۹۱±۱۰۸/۳	۷۲/۰۸±۲۶۷/۲	۰/۰۵±۰/۲۱	۱/۱۳±۰/۵۷	۰/۵۱۲±۰/۶۶	۰/۱۰۳±۰/۱۳	۰/۱۳±۰/۱	۵/۶۸±۱/۹۱	۸/۶۹±۲/۸۸	۳۶/۵±۲۵/۳۳	۳۱۱/۸۶±۳۴۵	۱۷/۲±۸/۶	متوسط سالانه

در ارتباط با مواد مغذی (SiO_2 , DIN, TP) و تغییرات زمانی و مکانی آنها نتایج نشان می‌دهد که نوسانات شدیدی در بین ایستگاهها وجود نداشته و نسبتاً محیطی هموزن از لحاظ مواد مغذی وجود دارد (شکل ۳) و تغییرات مکانی با توجه به جریان شدید رودخانه در این مصب بطور معنی دار وجود ندارد. ولی از لحاظ زمانی ترکیبات آمونیوم، سیلیکات، فسفات کل، ارتوفسفات و نترات بعنوان 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 بعنوان دو عامل ایجاد کننده سختی آب در این مصب دارای میزان $77/08$ و $72/91$ میلی گرم بر لیتر بوده که میزان آنها در ماههای مختلف در مورد کلسیم حداقل 12 تا حداکثر 297 میلی گرم بر لیتر و در مورد منیزیم حداقل $18/3$ و حداکثر 146 میلی گرم بر لیتر بوده که نشان از تغییرات شدت مقدار آن داشته و از نظر مکانی از طرف آب شیرین رودخانه بسمت دریا دارای افزایش می‌باشد. آزمون توکی نیز تفاوت معنی دار 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).

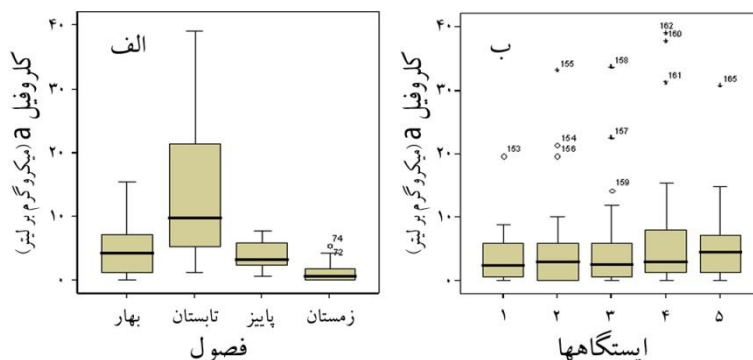
کربن آلی کل در مصب رودخانه سفیدرود بعنوان یک شاخص بار مواد آلی معلق دارای میزان متوسط سالانه $10/3 \pm 9/9$ میلی گرم بر لیتر بوده که حداقل مقدار آن $2/7$ و حداکثر آن $20/8$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد (جدول ۱) که از نظر آزمون توکی در ماههای مختلف دارای تفاوت معنی دار بوده ولی از نظر مکانی تفاوت معنی داری در بین ایستگاهها دیده نشده است (شکل ۳ د).



شکل ۳: میانگین تغییرات سالانه (آبان ۸۲ تا مهر ۸۳) 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

کلروفیل - a:

کلروفیل - a بعنوان شاخصی از تولید اولیه پلاژیک در مصب رودخانه سفیدرود دارای نوسانات زمانی و مکانی آشکاری بوده و با توجه به متوسط سالانه $4/48$ میکروگرم بر لیتر مقادیر حداقل غیرقابل اندازه گیری در ماههای تیر و مهر و حداکثر میزان $22/85$ میکروگرم بر لیتر در ماه شهریور را نشان می‌دهد که شاخصی از تغییرات شدید زمانی این فاکتور می‌باشد (جدول ۱) تغییرات فصلی آن نیز حداکثر مقدار خود را در فصل تابستان و حداقل را در فصل زمستان نشان می‌دهد (شکل ۴ الف) و از نظر مکانی این تغییرات شدید نبوده ولی بطور کلی از طرف آب شیرین بسوی دریا دارای افزایش کمی بوده است (شکل ۴ ب). بر اساس آزمون توکی ($P > 0/01$) کلروفیل a از نظر ماهها و فصول در این مصب دارای تفاوتهای معنی دار بوده ولی در ایستگاهها تفاوت معنی داری نداشته است.



شکل ۴: تغییرات کلروفیل a در فصول مختلف (الف) و تغییرات کلروفیل a در ایستگاهها (ب) در مصب رودخانه سفیدرود در طول یکسال (آبان ۸۲ تا مهر ۸۳)

تولیدات اولیه:

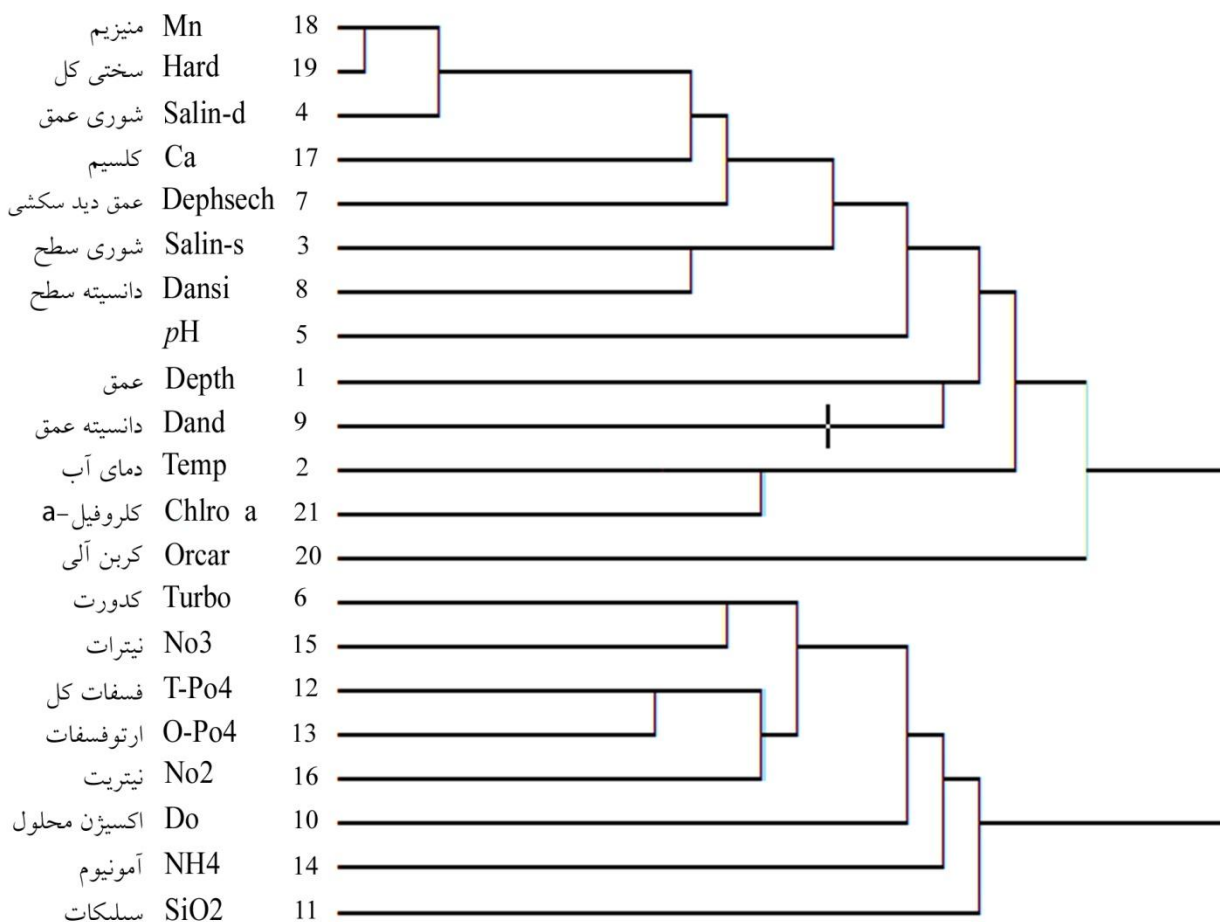
تولید اولیه ناخالص دارای متوسط سالانه $38/27 \pm 34/12$ میلی گرم کربن بر متر مربع در ساعت می‌باشد که نوسانات آن با حداقل مقدار در مهرماه با میزان $5/85$ و حداکثر آن $111/32$ میلی گرم کربن بر متر مربع در ساعت در شهریور ماه است و میزان متوسط سالانه تنفس $52/24$ میلی گرم کربن بر متر مربع بر ساعت بوده بیشترین آن $60/93$ و کمترین آن $4/68$ میلی گرم کربن بر متر مربع در ساعت اندازه گیری شده است.

تولید اولیه خالص مصب رودخانه سفیدرود $12/37$ بر حسب ساعت و $201/6 \pm 289/09$ میلی گرم کربن بر متر مربع بر روز می‌باشد که دارای نوسانات شدید زمانی بوده از حداقل میزان $16/8$ تا حداکثر $806/24$ میلی گرم کربن بر متر مربع بر روز در شهریورماه متغیر است (جدول ۲).

جدول ۲: تولیدات اولیه ناخالص، تنفس و تولید اولیه خالص بر حسب میلی گرم کربن بر متر مربع در ساعت و تولید اولیه خالص روزانه بر حسب میلی گرم کربن بر متر مربع در روز در مصب رودخانه سفیدرود در ماههای مختلف و متوسط سالانه آنها

متوسط سالانه	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	ماهها فاکتورها
۳۸/۲۷	۵/۸۵	۱۱۱/۳۲	۵۶/۶۳	۵/۸۵	۷۸/۱۳	۳۹/۰۶	۴۹/۹۶	۱۷/۹۶	۱۱/۷۱	۸/۶۱	۱۱/۷۱	۶۲/۵۱	تولید اولیه ناخالص
۵۲/۲۴	۴/۶۸	۶۰/۹۳	۳۲/۷۹	۴/۶۸	۳۲/۸	۳۲/۸۱	۴۲/۷۹	۱۲/۱۸	۹/۴۱	۷/۲۱	۹/۲۹	۵۴	تنفس
۱۲/۳۷	۱/۱۷	۵۰/۳۹	۲۳/۸۳	۱/۱۷	۴۵/۳۳	۶/۲۵	۷/۷۸	۵/۷۸	۲/۳۱	۱/۳۹	۲/۴۱	۸/۵۱	تولید اولیه خالص
۲۰۱/۶۱	۱۸/۷۲	۸۰۶/۲۴	۳۸۱/۲۸	۱۸/۷۲	۷۲۵/۲۸	۱۰۰	۱۲۴/۴۸	۶۹/۳۱	۲۷/۶۱	۱۶/۸۱	۲۸/۷۹	۱۰۲	تولید اولیه خالص روزانه

بر اساس آزمون خوشه ای (شکل ۵) بین عوامل فیزیکی، شیمیایی، مواد مغذی و کلروفیل-a رابطه های 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 می‌کند.



شکل ۵: آزمون خوشه‌ای فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و کلروفیل a در مصب رودخانه سفیدرود در طول یکسال (آبان ۸۲ تا مهر ۸۳)

بحث:

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق 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 بوده که محدوده‌ای حدود ۳ کیلومتر را دارا می‌باشد و این محدوده با توجه به قدرت باد غالب منطقه متغیر است و در مواقع طوفانی بودن دریا و کم آب بودن رودخانه زبانه آب شور محدوده بیشتری را شامل می‌گردد (علی پور 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 بعنوان مثال در مصب رودخانه هوقلی که 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). دما بعنوان یک فاکتور مهم اثرگذار بر روی جوامع پلانکتونی و تولیدات اولیه در مصب رودخانه سفیدرود دارای نوسان بوده 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 می یابد البته مصب رودخانه سفیدرود را باید یک مصب کم عمق (با عمق متوسط ۲ متر) گل آلود مناطق معتدله دانست که الگوهای فصلی در آن با دیگر مصبهای مناطق معتدله دنیا مطابقت دارد. بعنوان مثال در مصب ریاده آویرو (Riade aveiro) در کشور پرتغال در فصول گرم دمای بین $16/6^{\circ}\text{C}$ تا $12/2^{\circ}\text{C}$ و در فصول سرد دمای بین $12/2^{\circ}\text{C}$ و $18/5^{\circ}\text{C}$ نوسان داشته (Almeida et al., 2002) که بسیار شبیه به رودخانه سفیدرود می باشد.

تغییرات *pH* در این مصب نشان از مقدار $8/1 \pm 0/17$ بود که در فصل تابستان بدلیل کاهش آب شیرین ورودی در طول مصب بسمت دریا افزایش نشان می دهد که از نظر مقدار مشابه دیگر رودخانه های شمال ایران است. مانند *pH* رودخانه تجن که $7/9$ (روشن طبری، ۱۳۷۳)، مصب هراز $7/8$ (روشن طبری، ۱۳۷۵)، سیاهرود $7/8$ (روشن طبری، ۱۳۷۶)، مصب رودخانه چالوس $8/3$ (روشن طبری و همکاران، ۱۳۷۹) و مصب چمخاله $8/1$ بوده اند. البته افزایش *pH* از آب شیرین بسمت دریا در مصب های جزرو مدی مانند مصب کاولیری در هند که در آب شیرین $7/6$ و در دهانه رودخانه $8/3$ بوده نیز صدق می کند (Subramanian et al., 1993).

عامل مهم دیگر اثرگذار بر روی فاکتورهای شیمیایی و زیستی، کدورت است که در رودخانه سفیدرود مطابق دیگر رودخانه های شمال ایران، به فصول بارندگی وابسته بوده ولی تنظیم این رودخانه توسط سد منجیل عاملی بسیار اثر گذار است که بخصوص در مهرماه با تخلیه رسوبات پشت این سد، کدورت این مصب به حداکثر مقدار خود رسیده و کلیه عوامل را تحت تأثیر خود قرار می دهد. عمق دید سشی را بسیار کاهش داده و عمق دسترسی به نور کافی برای پلانکتونها را بشدت می کاهش دهد که این مسئله در تمامی اکوسیستم های آبی بعنوان یک عامل محدود کننده تولید مطرح می باشند و که در مصب سفیدرود نیز تغییرات تولیدات اولیه به دمای آب و میزان کدورت وابسته می باشد. البته در اکوسیستم های آبی مواد مغذی خصوصاً فسفات و نیترات و سیلیکات بر روی میزان رشد فیتوپلانکتونی در کنار نور و حرارت نقش تعیین کننده ای دارند (Kalf, 2002). در اکوسیستم های 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 نمی کنند 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 سیانوفیت ها) دیده می شود. میزان آن بطور متوسط در سال $4/87$ میکروگرم بر لیتر و از متوسط میزان کلروفیل *a* حوزه جنوبی خزر که در فصل تابستان $0/55$ میکروگرم بر لیتر با حداکثر مقدار در پاییز با میزان $1/84$ میکروگرم بر لیتر (نصراله زاده ساروی و حسینی ۱۳۸۴) بوده بسیار بالاتر است. این موضوع تأکید بر پرتولید بودن مصبها نسبت به دریای حاشیه دارد. بعنوان مثال میزان کلروفیل *a* در مصب مزوتروفیک ریاد آویرو نیز در فصل گرم $33/5$ و در فصل سرد $0/9$ میکروگرم بر لیتر است (Almeida et al., 2002) و یا متوسط آن در رودخانه تاگوس در سواحل غربی اروپا $5/4$ 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 آوریل و مه دیده می شود که میزان کلروفیل *a* آن در این هنگام به 67 میکروگرم بر لیتر می رسد (Capriulo et al., 2002). در مصبهای یوتروف معتدله مانند سیستم های مصبی خلیج جزایک میزان کلروفیل *a* به $150/1$ میکروگرم بر لیتر در بهار نیز می رسد (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 می باشد (Smith et al., 2002, Malone et al., 1988). مطالعات ۵۰ ساله اخیر نشان می دهد که میزان کلروفیل *a* در مصب ها ۵ تا ۱۰ برابر افزایش یافته در حالیکه در دیگر نقاط دریایی این افزایش $1/5$ تا ۲ برابر است که شاخصی از افزایش بار مواد مغذی ورودی به مصب هاست

(Harding, 1994). البته میزان متوسط کلروفیل $4/47 \text{ a}$ 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 $50/39 \text{ mgC}^{-1}\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ که متوسط سالانه $0/201 \text{ mgC}^{-2}\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ را نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات Heilp و همکاران (1995) تولیدات اولیه در 24 مصب ایالات متحده و 16 مصب در اروپا در منطقه معتدله دارای میانگین سالانه در آمریکا $251 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ در اروپا $195 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ می‌باشد که در مورد سفیدرود این میزان $73 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 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 اعضای محترم پایگاه حفاظت محیط زیست سفیدرود جهت همکاری برای نمونه برداریها و همچنین از اعضای محترم اداره تحقیقات محیط زیست بندرانزلی جهت کمک برای انجام امور آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع:

- افشین، یداله. ۱۳۷۳. رودخانه های ایران، جلد اول، وزارت نیرو، شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۶۱۶ صفحه.
- علی پور، وحیده. فاطمی، محمدرضا، نظامی، شعبانعلی، رحیمی بشر، محمدرضا. ۱۳۸۴. شناسایی ماکروژئوبنتوزها در مصب رودخانه چمخاله و تعیین روابط تنوع و فراوانی آنها با نوع بستر، اولین همایش بین المللی علوم زیستی ایران، آذر ۸۴، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- روشن طبری، مژگان، ۱۳۷۳، هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه تجن، مجله علمی شیلات ایران، شماره ۴. سال سوم، زمستان ۷۳، صفحات ۵۹ تا ۷۲.
- روشن طبری، مژگان. ۱۳۷۵، هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه هزار، مجله شیلات ایران، شماره ۲، سال پنجم، تابستان ۷۵، صفحات ۴۳ تا ۶۳.
- روشن طبری، مژگان. ۱۳۷۶، هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه سیاهرود، مجله علمی شیلات ایران، شماره ۲، سال ششم تابستان ۷۶، صفحات ۲۷ تا ۴۲.
- روشن طبری، مژگان، عبدلی، اصغر، تکلیلیان، کبری، نجف پور، شعبان و فروغی فردحجت، ۱۳۷۹، هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه چالوس، مجله علمی شیلات ایران، شماره ۴، سال نهم، زمستان ۷۹، صفحات ۱ تا ۱۴.
- نصرت الله زاده ساروی، حسن. وحسینی، سید عباس، ۱۳۸۳، بررسی میزان همبستگی تغییرات کلروفیل a و عامل شفافیت در حوضه جنوبی دریای خزر، مجله علمی شیلات ایران، بهار ۱۳۸۳، شماره یک، صفحات ۱۹۱ تا ۲۰۰.
- Almeida, M.A., Cunha, M.A. and 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 366P. Boaden, P.J.S., and R. Seeds, 1992, An Introduction to Coastal Ecology. Blackie, London.
- Boaden, P.J.S. and Seeds, R. 1992, An Introduction to Coastal Ecology. Blackwell, London.

- Boynton, W.R., Kemp, W.M. and Keefe, C.W. 1982, A comparative analysis of nutrients and other factors in fluencing estuarine phytoplankton Production. In *Estuarine comparisons*. Academic press, New york, PP 69-90 pp.
- Capriulo, G.M., Smith, G., Troy, R., Wikfors, G.H., Pellet, J. and garish, C. 2002. The planktonic food web stracture of a temperate zone estuary and its alteration due to eutrophication. *Hydrobiologia*, 475476, 263-333.
- Cole, J.J., Caraco, N.F. and 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. and Sverdrup, K.A. 2002, *Fundamentals of oceanography*, Fourth edition, Mc Grawhill, 344 P.
- Edmondson, T.W. 1980. Secchi disk and Chlorophyll. *Limnol. Oceanogr.* Vol. 25. (2), 378-379.
- Gameiro, C., Cartaxana, P., Cabrita, M.T. and Brotas, V. 2004. Variability in chlorophyll and phytoplankton composition in an estuarine system. *Hydrobiologia* 525: 113-124.
- Goldman, C.K. and Horne, A.J. 1994. *Limnology*. Scend edition, Mccrawhill.
- Harding, L.W.Jr. 1994. Long-term trend in the distribution of phytoplankton in Chesapeake Bay. Roles of hight, nutrients and streamflow. *Marine Ecology Progress Series*. 104, 267-291 pp.
- Harding, L.W., Mallonee, M.E. and Perry, E.S. 2002. Toward a predictive understanding of Primary productivity in a Temperate, Partially Stratifies estuary, *Estuarine, Costal and Shelf Science Journal*, 55, 437-463 pp.
- Heip, C., Goosen, N.K., Herman, P.M.J., Kromkamp, J., Middelburg, J.J. and 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. and 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, Upper Saddle river, New Jersey.
- Karleskint, G. 1998. *Introduction to Marine Biology*. Harcourt Brace and Co., Orlando.
- Knox G.A. 1986. *Estuarine Ecosystems: Asystems approach*. Vols.1 and 2. Boca Raton, FL: CRCPress.
- Lali, C.M. and 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 bye, 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. Blackwell seeience.
- Malone, T.C., Crocker, L.H., Pike, S.E. and Wendler, B.W. 1988. Influences of river flow on the dynamics of phytoplankton production in a partially stratified estuary. *Marine Ecology Progress Series*. 48. 235-249.
- Pickard, G.L. 1975. *Descriptive Physical Oceanography*. Pergamon Press
- Pinet, P.R. 2003. *Invitation to Oceanography*, Third edition, Jones and Bartlett Publishers, Inc, the United States of America.

-
- Rao, Y.R., Sinha, P.C. and Dube, S.K. 1998. Circulation and Salinity in Hooghly Estuary: A numerical Study. Indian Journal of marine Sciences, Vol. 27, Special issue. Satellite Oceanography and Modelling (ed). P.C. Pandey.
- Smith, E.M., Harding, L.W.Jr., Mallonec, M.E. and Kemp, 2002. Variations in freshwater input to Chesapeake Bay. Contrasting 1995 and 1996. Marine Ecology Progress Series.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. 1981. Biometry. 2nd ed. H. Freeman and Company, New York.
- Subramanian, V., Ramanathan, A.L. and 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, pp 135-151.
- Thurman H.V. and Trajillo, A.P. 1999. Essentials of Oceanography, 6th ed. Prentice-hall, Inc.
- Underwood, G.J. and Kromkamp, C. 1999. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries Advances in Ecological Research 29: 93-153.
- Wetzel, R.G. and Likens, G.E. 1991. Limnological Analyses. 2nd ed. Springer- Verlag New York.