

# بررسی میزان همبستگی تغییرات کلروفیل a و عامل شفافیت

## در حوضه جنوبی دریای خزر

حسن نصراله زاده ساروی<sup>(۱)</sup> و سید عباس حسینی<sup>(۲)</sup>

hnsaravi@yahoo.com

۱ - بخش اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری صندوق پستی: ۹۶۱

۲ - اداره کل شیلات استان گلستان، گرگان صندوق پستی: ۴۹۱۶۶-۸۷۱۶۵

تاریخ ورود: آبان ۱۳۸۱ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۸۲

### چکیده

کلروفیل a که رنگدانه اصلی فرآیند فتوسنتزی در فیتوپلانکتونهای دریایی است که با اندازه گیری آن نه تنها می توان بیوماس آنها را تخمین زد بلکه یک شاخص واقعی قابل رویت برای حالت های تروفیک یک اکوسیستم آبی بشمار می رود. تعداد کل نمونه های اندازه گیری شده برای عمق شفافیت و کلروفیل a طی چهار فصل در سال ۱۳۷۵، در ۸۱ ایستگاه مطالعاتی بترتیب برابر با ۸۱ و ۱۶۰۱ بوده است. مطالعه یکساله حوضه جنوبی دریای خزر در ایستگاههای تحقیقاتی نشان داد که میانگین میزان کلروفیل a و درفصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر با ۱/۰۷۲، ۰/۵۵۰، ۱/۸۴۸، ۰/۹۶۶ میلی گرم بر مترمکعب و عمق شفافیت برابر با ۶/۴۲، ۸/۸۶، ۵/۶۲، ۵/۲۲ متر متغیر بوده است. آنالیز آماری نشان داده است که رابطه این دو عامل ضریب همبستگی معنی داری ( $r=0/65, P<0/01$ ) را برای حوضه جنوبی دریای خزر پیش بینی می کند. با توجه به ضریب همبستگی بدست آمده در مقایسه با دیگر دریاچه ها (دریاچه فلوریدا و واشینگتن)، همبستگی کمتری را بین این دو عامل نشان داده است و ضروری بنظر می رسد که با مطالعات مستمر در این حوضه بتوان ضریب همبستگی بالاتر و معادله کاربردی بهتری بدست آورده تا با اندازه گیری ساده عامل عمق شفافیت، تخمین دقیقتری از میزان کلروفیل a و بطور غیرمستقیم وضعیت تروفیک و بیوماس جلبکها محاسبه گردد.

**کلمات کلیدی:** کلروفیل a، عمق شفافیت، دریای خزر، ایران

## مقدمه

رنگدانه اصلی برای فرآیند فتوسنتز در فیتوپلانکتونها، کلروفیل a (Chl-a) می‌باشد. در تحقیقات کاربردی آب، چندین روش جهت تخمین مقدار زیوده جلبک وجود دارد که یکی از آنها اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a است، که از طریق اسپکتروسکوپی اندازه‌گیری می‌شود (Falkowesky & Kiefer, 1985 ; Heaney, 1978). همچنین بوسیله کلروفیل a می‌توان حالتهای تروفیک یک اکوسیستم آبی را تخمین زد (Vollenweider, 1969 ; Dillon, 1975).

از عوامل مؤثر بر کلروفیل a می‌توان فسفر کل (TP) و عمق شفافیت (S.D) را نام برد. شفافیت آب یک راه سریع و آسان برای بدست آوردن اطلاعات پیر معنی در مسایل لیمنولوژیک و اقیانوس‌شناسی است (Edmondson, 1980).

از آنجائیکه کدورت عامل مؤثر بر شفافیت می‌باشد و اینکه در شرایطی که علت اصلی کدورت، موجودات پلانکتونی باشند، افزایش یا کاهش میزان شفافیت، تغییر در فراوانی پلانکتونی را به همراه دارد، لذا در چنین شرایطی شفافیت دریاچه‌ها شاخص خوبی برای جمعیت پلانکتونی محسوب می‌گردد (Chasan, 1971). مطالعه دریاچه‌های مختلف نشان داد که یک رابطه هیپرولیک معنی‌دار بین عمق شفافیت دریاچه با زیوده جلبک از طریق اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a وجود دارد (Canfield & Hodgson, 1983 ; Hosseini & Ordog, 1995) با توجه به این نظریه (وجود رابطه هیپرولیکی) دانشمندان متعدد با اطلاعات جمع‌آوری شده از دریاچه‌های مختلف و تبدیل این داده‌ها به حالات لگاریتمی (طبیعی و مبنای ده) سعی بر بدست آوردن رابطه خطی معکوس نموده‌اند (Brezonik, 1978 ; Dillon & Rigler, 1975).

استفاده از داده‌های تبدیل شده [Ln(S.D), Log(S.D), Ln (Chl-a), Log(Chl-a)] و عکس شفافیت (1/S.D) بجای داده‌های اصلی (S.D, Chl-a) ضریب همبستگی بهینه‌تری را نشان داده است. بطور مثال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

$$\text{Ln (S.D)} = 1/25 - 0/489 \text{ Ln (Chl-a)} \quad r = -0/79 \quad \text{Canfield \& Hodgson (1983)}$$

$$\text{Ln (S.D)} = 2/04 - 0/68 \text{ Ln (Chl-a)} \quad r = -0/82 \quad \text{Canfield \& Bachmann (1981)}$$

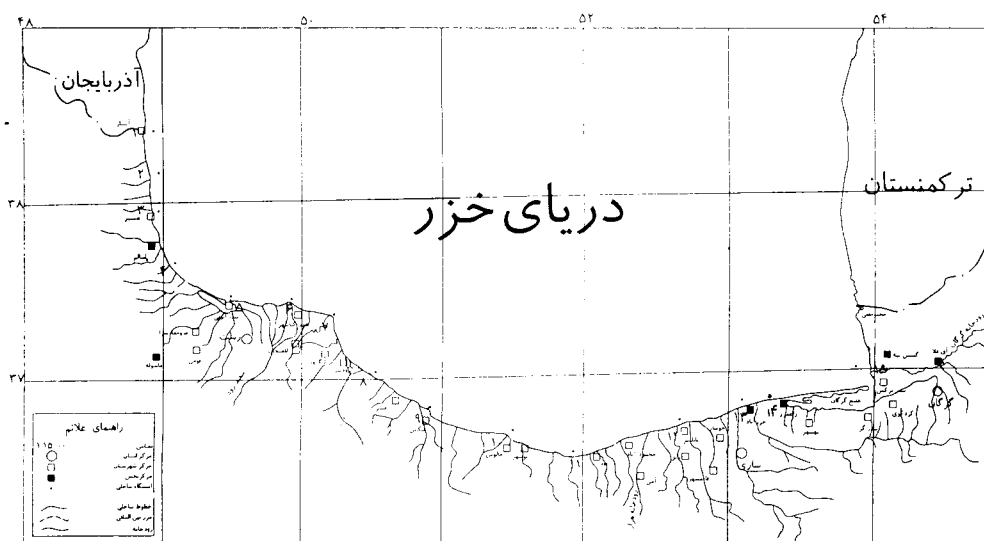
$$\text{Log (S.D)} = 0/63 - 0/55 \text{ Log (Chl-a)} \quad r = -0/82 \quad \text{Brezonik (1978)}$$

$\ln(S.D) = ۱۰/۰۶ - ۰/۲۹ \ln(Chl-a)$   $n=۱۸۷$ ,  $r= -۰/۴۱$  Randolph & Wilhelm (2000)

با توجه به اینکه برای دریاچه‌های مختلف (از قبیل دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی فلوریدا، واشنگتن و کارل بلکویل و غیره) مدلی از همبستگی وجود داشته و اینکه تاکنون همبستگی بین S.D و Chl-a حوضه جنوبی دریای خزر تهیه نشده است، لذا می‌توان با بهره‌گیری از اطلاعات چهار گشت در طی یک سال، رابطه بین S.D و Chl-a این حوضه را بدست آورد.

## مواد و روش کار

داده‌های عمق شفافیت و غلظت کلروفیل a برای ۸۱ ایستگاه تحقیقاتی از لایه‌های مختلف آبی (سطحی، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ متر) شامل ۱۸ لاین عمود بر ساحل و اعماق بالای حوضه جنوبی دریای خزر بدست آمده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه برداری

تعداد کل نمونه‌های عمق شفافیت و کلروفیل a طی چهار فصل سال ۱۳۷۵ به ترتیب ۸۱ و ۱۶۰۱ نمونه بوده است. عمق شفافیت بوسیله صفحه دایره‌ای شکل به قطر ۳۰ سانتی‌متر شامل چهار قسمت سیاه و سفید بصورت یک در میان تعیین گردید.

نمونه‌های آب بوسیله دستگاه نمونه بردار روتتر (یک لیتری) برداشته شده و بوسیله دستگاه میلی‌پور با فیلتر GFC (برای جمع آوری آبیان) صاف گردیده است. نمونه‌های کلروفیل a در حالت فریز شده جهت آزمایشات نهایی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. عصاره کلروفیل a بوسیله استون ۹۰ درصد استخراج و بوسیله دستگاه اسپکتروسکوپی و با استفاده از فرمول زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Wetzel, 1983).

$$\text{Chl-a} = 11.85A666 - 1.54A617 - 0.08A630$$

## نتایج

نتایج یکساله بررسی این دریاچه نشان می‌دهد که حداقل و حداکثر مقدار کلروفیل a به ترتیب مربوط به فصل تابستان و پائیز بوده و همچنین بالاترین مقدار متوسط کلروفیل a در فصل پائیز محاسبه گردید (جدول ۱).

دامنه تغییرات عمق شفافیت تقریباً یک روند مشابه با عکس غلظت کلروفیل a دارد. بطوریکه حداکثر مقدار (۱۴/۵ متر) مربوط به تابستان بوده است (جدول ۲).

جدول ۳ ماتریس همبستگی عمق شفافیت و کلروفیل a بصورت داده‌های بدست آمده و تبدیل شده را نشان می‌دهد. در ضمن نمودارهای ۱ و ۲ منحنی همبستگی کلروفیل a و عمق شفافیت را با ضریب همبستگی  $r = -0/65$ ,  $r = -0/56$  مربوط به داده‌های بدست آمده و تبدیل شده نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط به همراه انحراف معیار کلروفیل a در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۷۵)

انحراف معیار	میانگین		حداکثر		فصل
	میلی‌گرم در متر مکعب	میلی‌گرم در متر مکعب	میلی‌گرم در متر مکعب	میلی‌گرم در متر مکعب	
۰/۴۸۴	۰/۸۳۸	۰/۰۳۶	۲/۴۶۲	۲/۴۶۲	بهار
۰/۲۷۹	۰/۵۵۰	۰/۰۱۱	۱/۳۹۲	۱/۳۹۲	تابستان
۰/۷۱۱	۱/۸۴۸	۰/۸۲۴	۴/۱۴۷	۴/۱۴۷	پاییز
۰/۴۵۶	۰/۹۹۶	۰/۳۱۰	۲/۳۰۴	۲/۳۰۴	زمستان
۰/۷۰۴	۱/۰۷۲	۰/۰۱۱	۴/۱۴۷	۴/۱۴۷	سالانه

جدول ۲: مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط عمق شفافیت به همراه انحراف معیار آن در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۷۵)

انحراف معیار	میانگین		حداکثر		فصل
	متر	متر	متر	متر	
۲/۹۸	۶/۴۲	۰/۷۰	۱۲/۳۰	۱۲/۳۰	بهار
۳/۷۰	۸/۸۶	۰/۵۰	۱۴/۵۰	۱۴/۵۰	تابستان
۳/۰۴	۵/۶۲	۰/۷۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	پاییز
۳/۲۳	۵/۲۲	۰/۵۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	زمستان
۳/۵۱	۶/۵۰	۰/۵۰	۱۴/۵۰	۱۴/۵۰	سالانه

جدول ۳: همبستگی‌های (r) بین متغیرهای بکار رفته در مدل پیشنهادی در فصول و کل سال: a. فصل (بهار)، b (فصل تابستان) c (فصل پاییز)، d (فصل زمستان)، e (سال ۱۳۷۵).

	Chl-a	S.D	Ln(Chl-a)	Ln(S.D)	1/S.D
Chl-a	۱/۰۰				
S.D	-۰/۷۴	۱/۰۰			
Ln(Chl-a)	۰/۹۵	-۰/۷۹	۱/۰۰		
Ln(S.D)	-۰/۷۹	۰/۹۶	-۰/۷۸	۱/۰۰	
1/S.D	۰/۷۰	-۰/۸۰	۰/۶۷	-۰/۹۲	۱/۰۰

a

	Chl-a	S.D	Ln(Chl-a)	Ln(S.D)	1/S.D
Chl-a	۱/۰۰				
S.D	-۰/۶۰	۱/۰۰			
Ln(Chl-a)	۰/۹۷	-۰/۵۳	۱/۰۰		
Ln(S.D)	-۰/۶۷	۰/۹۷	-۰/۶۰	۱/۰۰	
1/S.D	۰/۴۸	-۰/۶۲	۰/۶۲	-۰/۹۷	۱/۰۰

b

	Chl-a	S.D	Ln(Chl-a)	Ln(S.D)	1/S.D
Chl-a	۱/۰۰				
S.D	-۰/۵۸	۱/۰۰			
Ln(Chl-a)	۰/۹۷	-۰/۶۸	۱/۰۰		
Ln(S.D)	-۰/۷۴	۰/۹۵	-۰/۷۲	۱/۰۰	
1/S.D	۰/۶۷	-۰/۷۹	۰/۶۹	-۰/۹۳	۱/۰۰

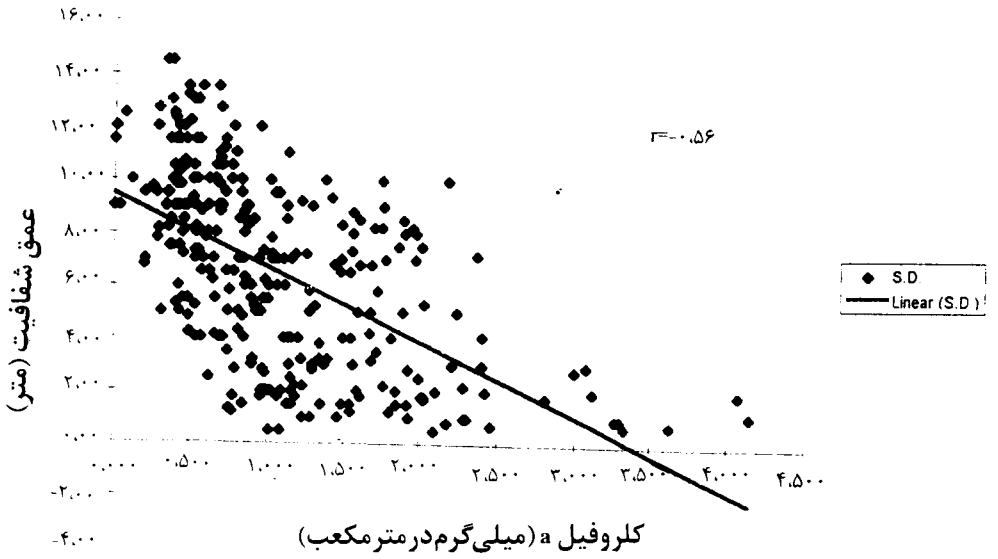
c

	Chl-a	S.D	Ln(Chl-a)	Ln(S.D)	1/S.D
Chl-a	۱/۰۰				
S.D	-۰/۵۶	۱/۰۰			
Ln(Chl-a)	۰/۹۷	-۰/۵۸	۱/۰۰		
Ln(S.D)	-۰/۷۶	۰/۹۴	-۰/۷۰	۱/۰۰	
1/S.D	۰/۷۴	-۰/۷۶	۰/۷۲	-۰/۹۲	۱/۰۰

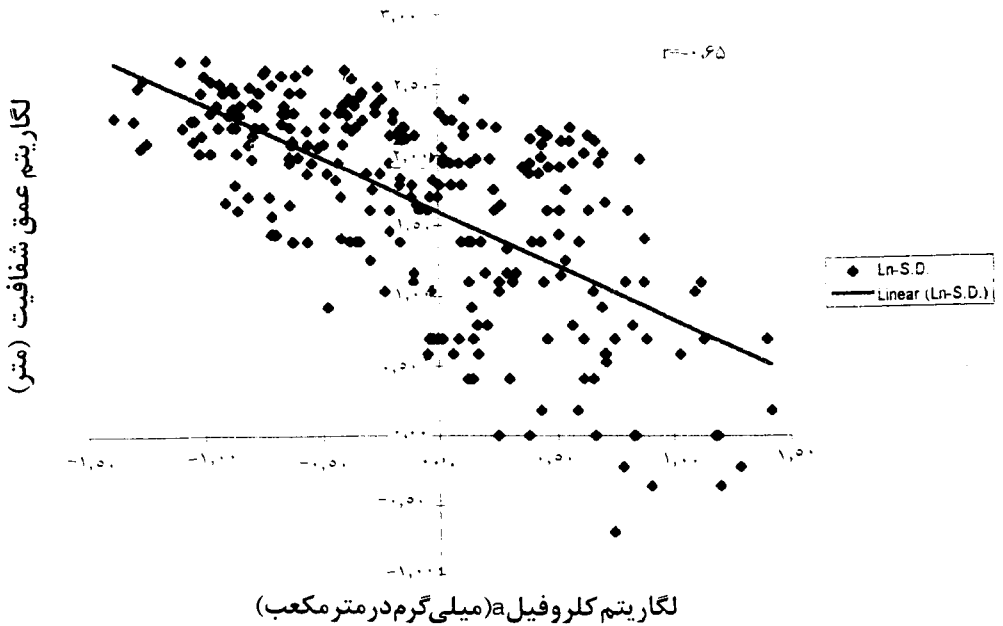
d

	Chl-a	S.D	Ln(Chl-a)	Ln(S.D)	1/S.D
Chl-a	۱/۰۰				
S.D	-۰/۵۶	۱/۰۰			
Ln(Chl-a)	۰/۹۴	-۰/۶۵	۱/۰۰		
Ln(S.D)	-۰/۶۶	۰/۹۴	-۰/۶۵	۱/۰۰	
1/S.D	۰/۵۰	-۰/۷۲	۰/۵۷	-۰/۹۱	۱/۰۰

e



نمودار ۱: همبستگی بین عمق شفافیت و کلروفیل a در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۷۵)



نمودار ۲: همبستگی بین لگاریتم عمق شفافیت و لگاریتم کلروفیل a در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۷۵)

## بحث

طبق نتایج بدست آمده در فصول مختلف و بررسی سالانه، ضریب همبستگی کلروفیل a و عمق شفافیت داده‌های تبدیل شده (transformed data) بیشتر از داده‌های تبدیل نشده (untransformed data) بوده است که این موضوع منطبق بر بررسی‌های Brezonik, 1978 و Dillon, 1975 می‌باشد.

همچنین همبستگی معنی‌داری ( $r = -0.63, -0.78$ ) بین کلروفیل a و عمق شفافیت در حوضه جنوبی دریای خزر بدست آمده است.

جهت مقایسه با دریاچه‌های دیگر، ضریب همبستگی سری داده‌های این حوضه از مقادیر بدست آمده توسط Confield & Hodgson, 1983 ; Canfield & Bachmann, 1981 ; Brezonik, 1978 دریاچه‌های فلوریدا و واشینگتن بوده است ولی از دریاچه Carl Blackwell (Carl Blackwell & Randolph, 2000) Wilhelm, 2000) ضریب همبستگی آن بیشتر برآورد شده است. در این حوضه با توجه به وجود رودخانه‌های متعدد و پر آب که سالانه ذرات معلق فراوانی را به دریا می‌ریزند، می‌توان اظهار نمود که پایین بودن ضریب همبستگی این حوضه ( $r = -0.65$ ) مرتبط با وجود این ذرات است. Randolph & Wilhelm, 2000 نیز بیان نمودند که علت اصلی پایین بودن ضریب همبستگی کلروفیل a و عمق شفافیت در دریاچه Carl Blackwell، وجود ذرات معلق (Clay particles) بوده است. شایان ذکر است که معادله تجربی بدست آمده برای حوضه دریای خزر به شرح ذیل می‌باشد:

$$\ln(S.D) = 1/601 - 0/766 \ln(\text{Chl-a})(n=1601, r=0/65)$$

برای بدست آوردن مدل‌های کاربردی با همبستگی بالاتر نیاز به مطالعه مستمر و جمع آوری عوامل تاثیرگذار از قبیل میزان نفوذ نور، مقدار مواد معلق ورودی به دریای خزر و همچنین چرخش آب دریا می‌باشد و امید است که در سالهای آینده نسبت به تایید و تقویت معادله کاربردی پیشنهادی اهتمام گردد تا بتوان با اندازه‌گیری فاکتور ساده شفافیت، میزان کلروفیل a و بیوماس جلبک را در این حوضه تخمین زد.



## تشکر و قدردانی

از توجهات ریاست محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر برای همراهی در تهیه این مقاله تشکر و قدردانی میشود. همچنین از پرسنل تحقیقاتی کشتی گیلان، پرسنل بخش آبشناسی و بیولوژی در جمع آوری نمونه و آنالیز آن سپاسگزاری میگردد و از خانم علوی که در امر تایپ این مقاله همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

- Brezonik, P.L. , 1978.** Effect of organic color and turbidity on secchi disc transparency. J. Fish. Res. Bd. can. 35 pp.1410-1416.
- Canfield, D.E. and Bachmann, R.W. , 1981.** Prediction of total phosphorus concentrations, chlorophyll-a, and secchi depths in natural and artificial lakes. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 38, pp.414-423.
- Canfield, D.E. and Hodgson, L.M. , 1983.** Prediction of secchi disk depths in Florida lakes: Impact of algal biomass and organic color Hydrobiologia. Vol. 99, pp.51-60.
- Chasan, D.J. , 1971.** Seattle area would not allow death of its lake, Smithsonian. Vol. 2, No. 4, pp.6-13.
- Dillon, P.J. , 1975.** The phosphorus budget of Cameron lake. Ontario: The importance of flushing rate to the degree of eutrophy of lake; Limnol. Oceanogr. Vol. 20, pp.28-29.
- Dillon, P.J. and Rigler, F.H. , 1975.** A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. J. Fish. Res. Board. Can. Vol. 32, pp.1519-1531.
- Edmondson, T.W. , 1980.** Secchi disk and chlorophyll. Limnol oceanogr, Vol. 25, No.

2, pp.378 - 379.

**Falkowesky, P. and Kiefer, D.A. , 1985.** Chlorophyll-a fluorescence in phytoplankton: relationship to photosynthesis and biomass, J. plankton Res. Vol. 7, pp.715-731.

**Heaney, S.I. , 1978.** Some observation on the use of in vivo fluorescenc. Technique to determine chlorophyll-a in natural population of fresh water phytoplankton. Fresh water Biol. Vol. 8, pp.115-126.

**Hossini, S.A. and Ordog, V. , 1995.** Relationships of chlorophyll-a with some physical and chemical parameters in fish ponds. Aquacultura Hungarica Vol. VIII. pp.64-66.

**Randolph, J.C. and Wilhelm , 2000.** Seasonal variation in the phytoplankton and the trophic state of a southern great plains reservior, USA. Oklahoma State University, pp.57-62.

**Vollenweider, R.A., 1969.** A manual on methods for measuring primary production in aquatic enviroments IBP Handb. No. 12. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 213 P.

**Wetzel, L. , 1983.** Limnology. Saunders college, INC. London, Vol. 1,2, pp.28-30.

## Correlation between Changes of Chlorophyll-a and Transparency in the Southern Caspian Sea

Nasrollahzadeh Saravi H.<sup>(1)</sup> and Hosseini S.A.<sup>(2)</sup>

hnsaravi@yahoo.com

Ecology Dept., Caspian Sea Ecology Research Academy, P.O.Box: 561  
Sari, Iran

Received : November 2002      Accepted : July 2003

**Key words:** Chlorophyll-a, Transparency, Secchi depth, Caspian Sea, Iran

### ABSTRACT

Chlorophyll-a is a main pigment for photosynthetic process in marine phytoplankton and by it either amount of biomass can be estimated or can be considered as an index for trophic level of aquatic ecosystem.

In year 1996, 81 secchi disc depth were measured and 1601 samples of chlorophyll-a were collected seasonally from the southern Caspian Sea. The results showed that average chlorophyll-a in seasonals of spring, summer, autumn and winter were 1.072, 0.550, 1.848, 0.966 mg/m<sup>3</sup> and depth of transparency were 6.42, 8.86, 5.62 and 5.22m, respectively.

The statistical analysis showed a significant correlation ( $P < 0.01$ ) between these two parameters in the southern Caspian Sea. More studies are needed to find out higher precise correlation.