

بررسی تاکسونومیکی دیاتومه‌های دریاچه سد زاینده رود*

Taxonomic study of diatoms in Zayandeh Rood lake

معصومه شمس و سعید افشار زاده**

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

پذیرش: ۱۳۸۶/۹/۱۸

دریافت: ۱۳۸۶/۲/۲۹

چکیده

نمونه‌برداری از دیاتومه‌های دریاچه سد زاینده رود در چهار ایستگاه از سطح آب و عمق‌های ۰/۵ و ۳ متر در سه تکرار با استفاده از دستگاه Nansen و از سطح توسط تور پلانکتون‌گیری انجام شد. نمونه‌ها با فرمالین ۴٪ تثبیت و پس از تغلیظ توسط کلیدهای ویژه شناسایی شدند. آنالیزهای فیزیکوشیمیایی آب توسط روش‌های استاندارد صورت گرفت. بر اساس نتایج این تحقیق ۵۳ گونه متعلق به ۲۳ جنس از شاخه Bacillariophyta شناسایی گردید و جنس *Nitzschia* بیشترین تعداد گونه را در منطقه مورد مطالعه داشته است و دیاتومه *Cyclotella meneghiniana* گونه غالب در تمام دوره مطالعه بود. به طور کلی، با توجه به تغییرات فصلی، حالت‌های غذایی و تروفیک، تراکم مناطق مسکونی و ویلاها ترکیب گونه‌ای دیاتومه‌ها دستخوش تغییر است. با توجه به آنالیزهای فیزیکوشیمیایی و مطالعات تاکسونومیکی و وجود بعضی گونه‌های خاص می‌توان چنین نتیجه گرفت که دریاچه زاینده رود الیگو-مزوتروف می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دیاتومه‌ها، دریاچه سد زاینده رود، الیگو-مزوتروف، ایران

* بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول به راهنمایی آقای دکتر سعید افشار زاده ارائه شده به دانشکده علوم دانشگاه اصفهان

** مسئول مکاتبه (E-mail: s.afshar@biol.ui.ac.ir)

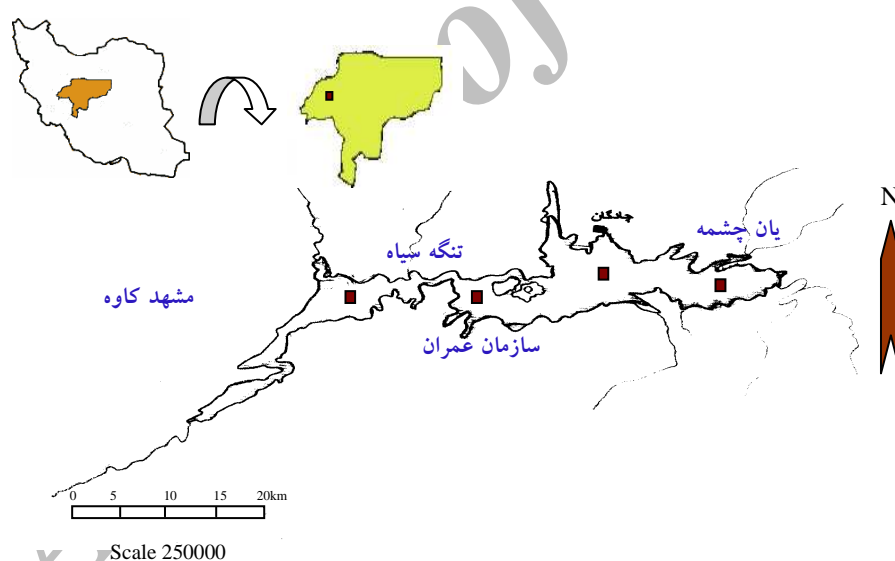
مقدمه

دیاتومه‌ها (Bacillariophyta) از مهمترین گروه جلبک‌های دریاچه‌های آب شیرین می‌باشند که در میان سایر جلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌های دریاچه‌ها غالباً یک یا چند گونه آن مطابق نظریه کاکس (Cox 1996) و شاهین (Shahin 2000) نمونه غالب می‌باشند. ۱۲۰۰۰-۱۰۰۰۰ گونه دیاتومه در اکوسیستم‌های مختلف آبی وجود دارد. آن‌ها دارای کلروفیل c , a و β و کاروتن و رنگدانه‌های گزانتوفیلی مانند دیاتوزانتین و فوکوزانتین می‌باشند. مواد ذخیره‌ای موجود در دیاتومه‌ها شامل چربی، ولوتین و کریزولامینارین است. دیواره دیاتومه‌ها از جنس سیلیس و کفه‌های آن‌ها از دو بخش اپی‌تکا و هیپوتکا تشکیل شده است (South & Whittick 1987). دیاتومه‌ها از نظر تغذیه و زنجیره غذایی نقش بیولوژیکی مهمی دارند و حتی برخی از گونه‌های آن شاخص‌های مهمی در شناسایی کیفیت آب هستند (Hellawell 1986). با توجه به اهمیت دیاتومه‌ها، حتی در برنامه‌های کیفیت و مدیریت آب از اندیس‌های Trophic Diatoms Index و GDI TDI (Generic Diatoms Index) استفاده می‌گردد (Kelly & Whitton 1995). دیاتومه‌های دریاچه‌ای متناسب با شرایط محیطی مانند نور، دما و تراکم املاحی مثل نیترات و فسفات رشد متفاوتی دارند که تراکم بیش از حد این جلبک‌ها سبب بروز مشکلاتی مانند ایجاد طعم و بوی بد (مانند گونه‌هایی از جنس‌های *Asterionella* و *Synedra*) و مسدود کردن فیلترهای آب (مانند گونه‌هایی از جنس‌های *Fragilaria*، *Cocconies*، *Cymbella*، *Navicula*) می‌گردند (Akbulut & Yildiz 2002). در مورد فلور فیتوپلانکتونی و دیاتومه‌های اکوسیستم‌های آبی کشور، بررسی‌های محدودی صورت پذیرفته است از جمله به مطالعات مقدم (Moghadam 1976, 1975) در دریاچه ولشت و رودخانه زاینده رود، افشارزاده (Afsharzadeh 2003) در رودخانه زاینده رود، اسلامی و همکاران (Eslami et al. 2004) در آب‌های ساحلی خلیج فارس، غلامی و همکاران (Gholami et al. 2005) در دریاچه بزنگان و سبک‌آرا و همکاران (Sabkara et al. 2006) در رودخانه حویق استان گیلان می‌توان اشاره کرد. با توجه به عدم وجود اطلاعات در مورد دیاتومه‌های دریاچه زاینده رود به منظور شناخت تنوع زیستی و مدیریت صحیح آب آشامیدنی و فعالیت‌های صنعتی این مطالعه برای اولین بار صورت پذیرفت.

روش بررسی

دریاچه زاینده رود، در ۱۱۰ کیلومتری غرب شهر اصفهان بین مختصات طول جغرافیایی $۳۲^{\circ} ۴۳' ۳۴''$ و $۵۰^{\circ} ۳۶' ۳/۹۶''$ و عرض جغرافیایی بین $۳۲^{\circ} ۴۳' ۳۴''$ و $۳۲^{\circ} ۴۳' ۴/۷۳''$ شمالی واقع شده است و ۴۸ کیلومتر مربع مساحت دارد. نمونه‌برداری از

دیاتومه‌های دریاچه زاینده رود به همراه آنالیز عوامل فیزیکیوشیمیایی (دما، EC, pH, DO و مقادیر نترات، فسفات و سولفات) در چهار ایستگاه نمونه‌برداری شامل یان چشمه، سازمان عمران، تنگه سیاه و مشهد کاره از پاییز ۱۳۸۴ تا شهریور ۱۳۸۵ به صورت فصلی انجام شد (شکل ۱). نمونه‌برداری از دیاتومه‌ها از سطح آب توسط تور پلانکتونی و نیز از سطح آب و عمق‌های ۰/۵ و ۳ متر در سه تکرار توسط دستگاه نمونه‌بردار Nansen صورت گرفت. نمونه‌ها در بطری‌های پلی‌اتیلن سه لیتری قرار داده شدند و سپس با فرمالین ۳۷٪ در غلظت نهایی ۴٪ تثبیت گردیدند. نمونه‌ها در آزمایشگاه توسط سانتریفوژ با دور ۱۵۰۰ به مدت پنج دقیقه تغلیظ شدند و حجم آن‌ها به ۳۰۰ سی‌سی کاهش یافت. شمارش دیاتومه‌ها با استفاده از لام Sedgwick-Rafter صورت گرفت و نمونه‌ها توسط میکروسکوپ Olympus مدل CH₃₀ مجهز به اکولر مدرج و کلیدهای مخصوص شناسایی شدند (Cox 1996; Whitford & Schumacher 1984; Prescott 1984, 1970; Patrick & Reimer, 1975). همچنین برای شناسایی دقیق دیاتومه‌ها فراستول‌های آن‌ها توسط اسید نیتریک غلیظ شستشو داده شدند. عکسبرداری از نمونه‌ها نیز توسط میکروسکوپ Zeiss انجام شد. عوامل فیزیکی-شیمیایی دما، EC, pH, DO توسط دستگاه Multimater مدل Consort C₅₃₅ در محل دریاچه اندازه‌گیری و مقادیر نترات، فسفات و سولفات نیز در آزمایشگاه بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (Adams 1999, APHA 1986).

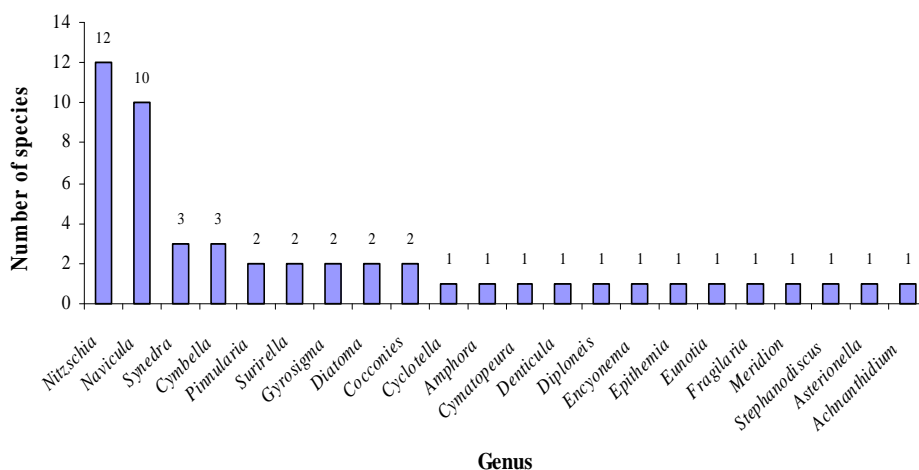


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دریاچه سد زاینده رود و ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

Fig. 1. Map of studied area and sampling stations in Zayandeh Rood lake.

نتیجه و بحث

بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق، در مجموع ۵۳ گونه متعلق به ۲۳ جنس از شاخه Bacillariophyta شناسایی گردیدند که طبق شمارش‌های انجام شده دیاتومه *Cyclotella meneghiniana* Kütz. در تمام فصول و ایستگاه‌ها غالب بود. فهرست دیاتومه‌های شناسایی شده در دریاچه زاینده رود در جدول ۱ ارایه شده است. جنس‌های *Nitzschia* و *Navicula* بیشترین تنوع گونه‌ای را نسبت به سایر دیاتومه‌ها نشان دادند (شکل ۲).



شکل ۲- تعداد گونه‌های جنس‌های مختلف دیاتومه‌ها در دریاچه سد زاینده رود.

Fig. 2. The number of diatoms species in Zayandeh Rood Dam lake.

با توجه به اینکه قبلاً هیچ مطالعه‌ای برای شناسایی جلبک‌های دریاچه زاینده رود انجام نشده است، لذا در زیر به توصیف جنس‌های مهم شناخته شده برای دیاتومه‌ها پرداخته شده است:

Achnanthisdium

کفه‌های این جنس خطی- بیضوی تا بیضوی با رئوس بسیار خمیده مشاهده گردید. طول سلول‌ها بین ۳۷ میکرومتر و عرض آن ۲۷ میکرومتر اندازه‌گیری شد. از این جنس گونه *A. lanceolatum* در فصل زمستان در دریاچه زاینده رود مشاهده گردید.

جدول ۱- فهرست دیاتومه‌های مشاهده شده در دریاچه سد زاینده رود و فراوانی آنها (۱۳۸۴-۸۵)

Table 1. List of identified diatoms in the Zayandeh Rood Dam lake (2005-06)

Bacillariophyta	پاییز Fall	زمستان Winter	بهار Spring	تابستان Summer
<i>Achnantheidium lanceolatum</i> Grun.	-	R	-	-
<i>Amphora veneta</i> Kütz.	-	R	-	-
<i>Asterionella formosa</i> Hassal.	-	F	D	R
<i>Cocconies pediculus</i> Ehr.	O	R	-	R
<i>C. placentula</i> (Ehr.) Cleve	R	-	R	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	D	D	D	D
<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.) W. Smith	-	R	-	-
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	R	O	-	R
<i>C. cesatii</i> (Rab.) Grun.	R	O	-	-
<i>C. cistula</i> (Hemp. & Her.) Kirch.	-	O	-	-
<i>Denticula tenuis</i> Kütz.	-	R	-	-
<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth.) Heib.	-	O	-	-
<i>D. vulgare</i> Bory	R	-	-	-
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse.) Cleve	-	R	-	-
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse.) D.G. Mann.	R	-	-	-
<i>Epithemia sorex</i> Kütz.	-	R	-	-
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills	-	R	-	-
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitt.	O	F	R	-
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Horn.) Kütz.	R	-	-	-
<i>G. truncatum</i> Ehr.	O	R	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Roben.	R	R	-	R
<i>G. spenceri</i> (W. Smith) Cleve	-	-	-	R
<i>Meridion circular</i> (Greve.) Agardh.	-	R	-	-
<i>Navicula angusta</i> Grun.	-	-	-	R
<i>N. cryptocephala</i> Kütz.	R	R	-	R

Table 1. (contd.)	جدول ۱ (ادامه)			
<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bert	-	R	-	R
<i>N. digitoradiata</i> (Greg.) Ralfs.	-	R	-	-
<i>N. lanceolata</i> (Agardh.) Kütz.	R	-	R	O
<i>N. radiosa</i> Kütz.	-	-	-	R
<i>N. salinarum</i> Grun.	O	O	F	F
<i>N. tenelloides</i> Hust.	R	R	-	-
<i>N. veneta</i> Kütz.	R	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	R	R	R	-
<i>Nitzschia bacilliformis</i> Hust.	R	-	-	-
<i>N. diversa</i> Hust.	R	-	-	-
<i>N. dravillenensis</i> Coste & Ricard.	R	R	-	-
<i>N. fossilis</i> Grun.	R	R	-	-
<i>N. frustulum</i> (Kütz.) Grun.	-	R	-	-
<i>N. graciliformis</i> Lange-Bert Simon	R	-	-	-
<i>N. gracilis</i> Hantzsch	R	-	-	-
<i>N. intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grun.	-	-	-	R
<i>N. ovalis</i> Arnott.	-	R	-	-
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Smith	-	R	R	-
<i>N. pusilla</i> Grun.	-	R	-	-
<i>N. radicula</i> Hust.	R	-	-	-
<i>Pinnularia major</i> (Kütz.) Cleve	R	R	-	-
<i>P. sudetica</i> (Hilse) Perag.	R	R	-	R
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	-	R	-	-
<i>Surirella linearis</i> W. Smith	R	-	-	-
<i>S. roba</i> Lecl.	-	R	-	-
<i>Synedra acus</i> (Kütz.)	R	R	-	-
<i>S. nana</i> Meist.	-	R	-	-
<i>S. ulna</i> (Nitz.) Ehr.	R	R	F	F

D: Dominant (75-100%), F: Frequent (50-75%), O: Occasional (25-50%), R: Rare (0-25%).

Amphora

تنها گونه *A. veneta* در دریاچه زاینده رود بیشتر در فصل زمستان مشاهده شد که تقریباً از نظر شکل مشابه با جنس *Cymbella* بود (شکل ۳a). سلول‌ها عموماً در دید جانبی دو انحنایی به نظر می‌رسید و کفه‌ها پشتی-شکمی بودند. طول این گونه بین ۵-۱۰۵ میکرومتر و عرض آن بین ۲-۳۵ میکرومتر متغیر بود. این گونه بیشتر از دید جانبی مشاهده گردید. کلروپلاست در این گونه به صورت H شکل دیده شد. این گونه از نظر اکولوژیکی در اکثر رودخانه و دریاچه‌ها پراکنش دارد (کاکس ۱۹۹۶).

Asterionella

از این جنس تنها گونه *A. formosa* در دریاچه زاینده رود مشاهده گردید (شکل ۳b). سلول‌های آن به صورت کلونی‌های ستاره‌ای دارای ۴-۸ سلول مشاهده شدند. طول سلول‌ها اغلب از ۱۰۰ میکرومتر بیشتر بود و سلول‌ها توسط زواید موسیلاژی به هم متصل شده بودند. پلاستیدها کوچک و قرصی شکل دیده شدند. این گونه در تمام فصول بویژه در بهار و زمستان و در ایستگاه سازمان عمران بیشتر مشاهده گردید. از نظر اکولوژیکی این گونه عموماً در دریاچه‌های یوتروف دیده می‌شود (کاکس ۱۹۹۶).

Cocconies

از این جنس دو گونه *C. placentula* و *C. pediculus* بویژه در فصل پاییز و در ایستگاه تنگه سیاه بیشتر مشاهده گردیدند. این دیاتومه دارای کفه‌های بیضوی-خطی تا بیضوی پهن شده و کلروپلاست به صورت C شکل منفرد دیده شد (شکل ۳c). اپی‌تکا دارای رافه کاذب ولی هیپوتکا بدون رافه مشاهده گردید. طول این جنس بین ۷/۵-۵۴ میکرومتر و عرض آن بین ۵-۳۷ میکرومتر اندازه‌گیری شد. نسبت طول به قطر در گونه *C. pediculus* تقریباً ۱/۵ ولی در گونه *C. placentula* بیشتر از ۱/۵ و گاهی تا ۲ نیز اندازه‌گیری شد. از نظر اکولوژیکی، این گونه‌ها در آب‌های با الکتروولیت متوسط تا بالا و بیشتر در حالت‌های مزوتروف-یوتروف دیده می‌شوند (پرسکات ۱۹۸۴).

Cyclotella

تنها گونه مشاهده شده از این جنس دیاتومه سنتریک *C. meneghiniana* گونه غالب در تمام دوره نمونه‌برداری بود (شکل ۳d). در این گونه سلول‌ها مدور و با قطر ۵-۵۰ میکرومتر و در منظره جانبی مستطیل شکل دیده شدند. سلول‌ها به صورت منفرد یا زوج که گاهی توسط توده موسیلاژی به هم متصل بودند مشاهده گردیدند (پرسکات ۱۹۸۴). از نظر اکولوژیکی این گونه در رودخانه‌ها و دریاچه‌های یوتروف یافت می‌شود که رنگ آب با حضور بیش از حد آن‌ها

در فصول بهار و تابستان قهوه‌ای می‌گردد (کاکس ۱۹۹۶) که البته در دریاچه زاینده رود چنین حالتی مشاهده نشد.

Cymatopleura

از این جنس تنها گونه شناخته شده *C. solea* در فصل زمستان بود که به صورت سلول‌هایی پهن با کفه‌های کم و بیش بیضوی با یک فرورفتگی در مرکز مشاهده گردید. طول سلول‌ها بین ۳۰-۳۰۰ میکرومتر و عرض آن‌ها ۸-۹۰ میکرومتر بود. پلاستید به صورت دو صفحه سطحی با حاشیه لوبدار که توسط یک پل به هم متصل شده بودند مشاهده گردید. از نظر اکولوژیکی این گونه در برخی از دریاچه‌های آب شیرین دیده می‌شود (کاکس ۱۹۹۶).

Cymbella

از این جنس سه گونه *C. affinis*, *C. cesatii* و *C. cistula* در دریاچه زاینده رود در ایستگاه مشهد گاو بویژه در فصل زمستان شناسایی شدند. شکل این دیاتومه‌ها تقریباً بیضوی با تقارن پشتی-شکمی و حاشیه پشتی اغلب محدب‌تر از حاشیه شکمی دیده شد (شکل ۳e). رافه در وسط کفه یا متمایل به یک کنار قرار داشت. سلول‌ها در گونه‌های مختلف با طول ۱۰۰-۱۰۰ میکرومتر و عرض ۸-۲۸ میکرومتر مشاهده شدند. کلروپلاست در این جنس H شکل منفرد، با یک پیرنویید عدسی شکل نزدیک حاشیه پشتی بود که البته پیرنویید در اکثر نمونه‌ها به سختی دیده می‌شد. از نظر اکولوژیکی در آب‌های ساحلی به صورت اپی‌لیتیک یا اپی‌فیت، در مکان‌های اکسیژن‌دار و یا آب‌های الیگو-مزوتروف با الکترولیت بالا یافت می‌شوند (کاکس ۱۹۹۶).

Eunotia

از این جنس گونه *E. bilunaris* در دریاچه زاینده رود مشاهده شد که کفه‌ها به حالت پشتی-شکمی تا هلالی شکل، گاهی با یک حاشیه پشتی موجدار در دید جانبی دیده شدند (ویت‌فورد و شوماچر ۱۹۸۴). در این دیاتومه دو پلاستید طویل در لبه شکمی سلول‌ها قرار داشت. طول آن‌ها بین ۲۰۰-۴۰ میکرومتر و عرض آن‌ها ۴۰-۱/۵ میکرومتر اندازه‌گیری شد (شکل ۳f). از نظر اکولوژیکی در دریاچه‌های الیگوتروف با الکترولیت کم تا متوسط مشاهده می‌گردند.

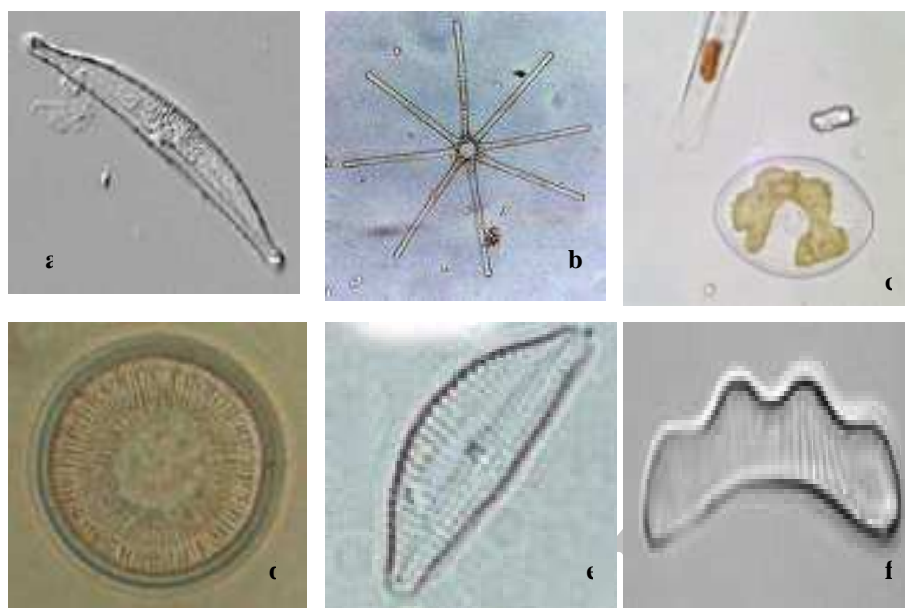


Fig. 3. (a) *Amphora veneta*, (b) *Asterionalla formosa*, (c) *Cocconies pediculus*, (d) *Cyclotella meneghiniana*, (e) *Cymbella affinis*, (f) *Eunotia bilunaris* (40 x, 100 x).

Denticula

در این جنس کفه‌ها خطی و در انتها کروی تا گرد یا نیمه پهن مشاهده گردیدند. طول سلول‌ها ۲۹ میکرومتر و عرض آن‌ها ۳ میکرومتر بود. از این جنس تنها گونه *D. tenuis* فقط در فصل زمستان با تراکم بسیار کم مشاهده گردید.

Diatoma

از این جنس دو گونه *D. vulgaris* و *D. hyemalis* بویژه در فصول پاییز و زمستان مشاهده گردیدند. در این جنس سلول‌ها به شکل نوار مانند دراز یا کلونی‌های زیگزاگ مانند مشاهده گردید. این جنس از دید سطحی به صورت سوزن‌های باریک یا پهن بودند که توسط تزئینات نامنظم مشخص می‌شدند. پلاستیدها کوچک، میله‌ای یا قرصی شکل بودند. طول سلول‌های آن در گونه‌های مختلف ۱۰۰-۳۰ میکرومتر و عرض آن‌ها بین ۱۳-۷ میکرومتر اندازه‌گیری شد. از نظر اکولوژیکی گونه‌های این جنس در بسیاری از دریاچه‌ها و حوضچه‌ها دیده می‌شود. گونه *D. hyemalis* از اواخر پاییز و زمستان در این دریاچه دیده شد (شکل ۴a). گونه *D. vulgaris* به صورت تیکوپلانکتون در دریاچه‌های با جریان ملایم با مقدار مواد غذایی متوسط یافت می‌شوند که از این گونه در دریاچه زاینده رود نیز مشاهده گردید. این گونه

f

نسبت به *D. hyemalis* به خاطر داشتن انتهای گرد و شیارهایی که کاملاً تمام سطح سلول را در بر داشتند متمایز می‌شد (کاکس ۱۹۹۶).

Encyonema

تنها گونه شناخته شده در دریاچه زاینده رود *E. minutum* در فصل پاییز بود. کفه‌ها در این گونه دارای تقارن پشتی-شکمی که حاشیه پشتی اغلب محدب‌تر از حاشیه شکمی بود دیده شدند. طول سلول‌ها ۷-۹۲ میکرومتر و عرض آن‌ها ۳۱-۴ میکرومتر اندازه‌گیری گردید. در این جنس، یک کلروپلاست H شکل منفرد و یک پیرنویید عدسی مانند مشاهده گردید.

Epithemia

کفه‌ها در این جنس طول ۶۳ میکرومتر و عرض ۱۴ میکرومتر داشتند. در این جنس حاشیه شکمی خمیده و محدب بود و حاشیه شکمی تقریباً مسطح دیده شد. انتهای سلول‌ها خمیده تا گرد مشاهده گردید (شکل ۴b). از این جنس گونه *E. sorex* در زمستان مشاهده گردید.

Fragilaria

از این جنس تنها گونه *F. crotonensis* بیشتر در فصول پاییز و زمستان در ایستگاه یان چشمه در دریاچه زاینده رود مشاهده گردید (شکل ۴c). این دیاتومه به صورت کلونی رشته‌ای دراز و به صورت پلانکتون دیده شد. سلول‌ها ۱۷۰-۴۰ میکرومتر طول و ۴-۲ میکرومتر عرض داشتند. این جنس دارای دو پلاستید صفحه مانند بود که سلول‌ها در دید جانبی در قسمت مرکز متورم شده‌اند. از نظر اکولوژیکی در آب‌های الیگوتروف پراکنش دارند و در آب‌های با الکترولیت متوسط نیز دیده می‌شوند (وایت فورد و شوماچر ۱۹۸۴).

Gomphonema

از این جنس دو گونه *G. truncatum* و *G. olivaceum* بویژه در فصل پاییز مشاهده گردیدند. این جنس معمولاً توسط ساقه موسیلاژی به اجسام مختلف چسبیده و یا روی آن‌ها حرکت خزنده دارد. شکل آن از نمای جانبی به شکل گوه و از نمای سطحی تقریباً بیضوی باریک مشاهده گردید (پرسکات ۱۹۷۰). طول این جنس عموماً ۱۲۰-۲۰ میکرومتر و عرض آن ۲۰-۳/۵ میکرومتر می‌باشد (شکل ۴d). انتهای کفه‌ها گاهی کشیده یا پهن دیده شد. در این جنس کلروپلاست H شکل منفرد با یک پیرنویید مرکزی مشاهده گردید. *G. truncatum* بر خلاف گونه *G. olivaceum* دارای انتهای پهن و کشیده بود (کاکس ۱۹۹۶).

Gyrosigma

از این جنس دو گونه *G. spenceri* و *G. acuminatum* در فصول زمستان و تابستان و اغلب در ایستگاه تنگه سیاه مشاهده گردیدند. سلول‌های این جنس به شکل سیگموییدی (s شکل)، با دو کلروپلاست صفحه مانند بزرگ که در امتداد حاشیه‌ها قرار داشتند دیده شدند (شکل ۴e). کفه‌ها خطی تا تیز و سیگموییدی، پیرنویدها واضح و به صورت موج‌هایی درون حاشیه پلاستید قرار داشتند. سلول‌ها به طول ۷۰-۱۸۰ میکرومتر و عرض ۱۱-۲۳ میکرومتر می‌باشند. از نظر اکولوژیکی در بعضی از دریاچه‌ها دیده می‌شوند.

Meridion

سلول‌ها در این جنس در منظره جانبی به شکل مسطح دیده شدند. کفه‌ها هتروپلار و ۳۲ میکرومتر طول و ۵ میکرومتر عرض داشتند. تعدادی کلروپلاست قرصی در آن به ندرت دیده شد (شکل ۴f). از این جنس گونه *M. circular* در فصل زمستان با تراکم بسیار کم در دریاچه زاینده رود مشاهده گردید.

Navicula

از این جنس ۱۰ گونه شامل *N. angusta*, *N. cryptocephala*, *N. cryptotenella*, *N. veneta*, *N. tenelloides*, *N. salinarum*, *N. digitoradiata*, *N. lanceolata*, *N. radiosa* و *Navicula* sp. بیشتر در ایستگاه مشهد کاوه و در فصل بهار در دریاچه زاینده رود مشاهده گردید. این جنس از نظر گونه‌ای تنوع زیادی نشان داد. سلول‌ها در اعضای این جنس دارای تقارن دو طرفه بودند و رافه به صورت مستقیم بود و دو گره مرکزی در طول رافه مشاهده گردید (شکل ۵a). طول سلول در این جنس متناسب با گونه آن متغیر بود و اغلب طول آن‌ها بین ۲۰۰-۵ میکرومتر و عرض آن‌ها ۷-۱۳ میکرومتر اندازه‌گیری گردید. این جنس اصولاً دارای دو کلروپلاست صفحه مانند H شکل متقارن بود که در لبه حاشیه‌ها قرار گرفته بودند. *N. angusta* نسبت به سایر گونه‌های *Navicula* شناسایی شده دارای کلروپلاست با حالت موجدار بود. موقعیت قرارگیری و شکل کلروپلاست، طول سلول‌ها و وضعیت شیارها در تفکیک گونه‌های این جنس حایز اهمیت می‌باشد (کاکس ۱۹۹۶). از نظر اکولوژیکی این گونه‌ها در آب‌های الیگوتروف تا یوتروف با الکترولیت متوسط یافت می‌شوند.

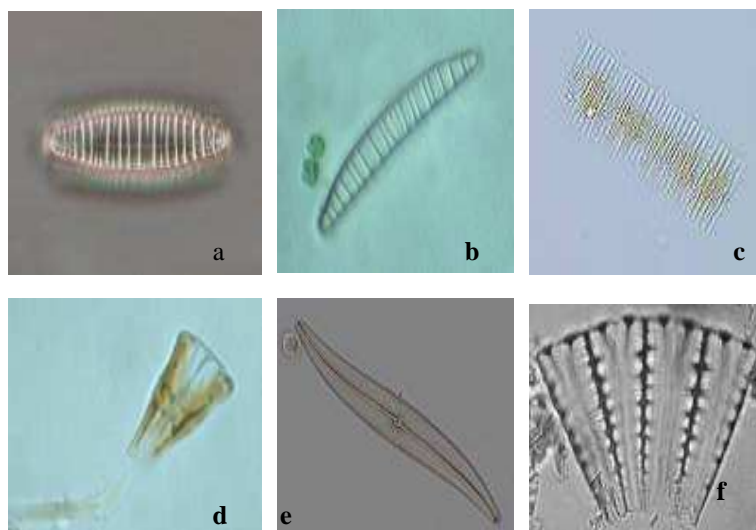


Fig. 4. (a) *Diatoma hyemalis*, (b) *Epithemia sorex*, (c) *Fragilaria crotonensis* (d) *Gpmphonema truncatum*, (e) *Gyrosigma acuminatum*, (f) *Meridion circular* (40 x, 100 x).

Nitzschia

از این جنس ۱۲ گونه شامل *N. pusilla*, *N. bacilliformis*, *N. diversa*, *N. dravillenensis*, *N. fossilis*, *N. frustulum*, *N. graciliformis*, *N. gracilis*, *N. ovalis*، *N. palea*, *N. intermedia*, *N. radícula* طول سلول‌های این دیاتومه بین ۵ تا بیش از ۱۰۰ میکرومتر و عرض آن‌ها بین ۳-۷ میکرومتر متغیر بود. کفه‌ها به صورت خطی-نوک تیز و ندرتا در قسمت مرکز کفه‌ها به صورت متورم دیده شدند (شکل ۵b). در تمام نمونه‌های مشاهده شده، دو پلاستید در دو انتهای سلول دیده می‌شد و شیارها فقط در یک سمت سلول وجود داشتند که به سختی در بعضی از نمونه‌ها دیده شدند. این گونه‌ها بر اساس طول و اندازه سلول‌ها، فرم انتهای سلول (گرد یا نوک تیز) و شکل و محل قرارگیری کلروپلاست‌ها از یکدیگر تفکیک شدند. از نظر اکولوژیکی در اکثر دریاچه‌ها و رودخانه‌ها مشاهده می‌گردند (کاکس ۱۹۹۶ و پرسکات ۱۹۸۴).

Pinnularia

از این جنس دو گونه *P. sudetica* و *P. major* در پاییز و زمستان و بیشتر در ایستگاه یان چشمه در دریاچه زاینده رود مشاهده گردیدند (شکل ۵c). اشکال این جنس تقریباً شبیه ناولیکولا بودند که با دو انتهای مدور و شیارهای نواری ضخیم شناسایی شدند. طول سلول‌ها بین ۲۰-۴۰۰ میکرومتر و عرض ۷-۱۶ میکرومتر اندازه‌گیری شد. کلروپلاست اصولاً به شکل دو پلاستید صفحه مانند لوبدار بود که هر یک در طول هر لبه حاشیه قرار گرفته‌اند. تعدادی

پیرنویید در مرکز هر صفحه کلروپلاست وجود داشت. از نظر اکولوژیکی این جنس در دریاچه‌های آب شیرین یافت می‌گردد. طبق مطالعات گونه *P. major* نسبت به *P. sudetica* با داشتن دو انتهای گرد و سلول‌های طویل‌تر از هم تفکیک شدند (کاکس ۱۹۹۶).

Stephanodiscus

سلول‌های این جنس منفرد و بین ۱۰-۱۲ میکرومتر قطر داشتند (شکل ۵d). از این جنس، گونه *S. hantzschii* در فصل زمستان با تراکم بسیار در دریاچه زاینده رود مشاهده گردید.

Surirella

از این جنس تنها دو گونه *S. linearis* و *S. roba* در فصل پاییز و زمستان و در ایستگاه یان چشمه مشاهده گردیدند (شکل ۵e). این جنس نوعی دیاتومه بزرگ است که از دید سطحی بیضوی تا تخم‌مرغی و از دید جانبی مستطیلی تا گوه شکل مشاهده گردید. طول آن در گونه‌های مختلف بین ۱۵-۲۰۰ میکرومتر و دارای عرض ۶-۲۵ میکرومتر اندازه‌گیری شد (پرسکات ۱۹۷۰). در بعضی از نمونه‌ها به ندرت کفه‌های این جنس بزرگ با پره‌های قابل دید مشاهده گردید. از نظر اکولوژیکی اغلب در دریاچه‌های آب شیرین دیده می‌شوند.

Synedra

از این جنس سه گونه *S. nana*، *S. ulna*، *S. acus* در دریاچه زاینده رود بویژه در فصل زمستان و بیشتر در ایستگاه مشهد کاوه شناسایی گردیدند. در این جنس دو کلروپلاست بزرگ در مجاور حاشیه‌های سلول قرار داشت. طول این جنس بین ۴۰-۶۰۰ میکرومتر و عرض ۱/۵-۹ میکرومتر اندازه‌گیری شد. از نظر اکولوژیکی اغلب در آب‌های مزوتروف تا یوتروف دیده می‌شوند (کاکس ۱۹۹۶). گونه *S. nana* اغلب در دریاچه‌های الیگوتروف دیده می‌شود. گونه *S. ulna* نسبت به سایر گونه‌های شناسایی شده از نظر اندازه طویل‌تر بود (شکل ۵f).

آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون دانکن و طرح اسپلیت پلات در زمان نشان دادند که بین تراکم دیاتومه‌ها در ایستگاه دوم و فصل بهار نسبت به سایر ایستگاه‌ها و فصول اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی بین عمق‌ها تفاوت معنی‌داری دیده نشد ($\alpha=0.05$). طبق شمارش‌های انجام شده، تراکم جمعیت دیاتومه‌ها بین ۱۹۰۸-۵۰۲۹۲ سلول در سانتی‌متر مکعب بود. بالاترین تراکم دیاتومه‌ها مربوط به ایستگاه سازمان عمران در فصل بهار و کمترین تراکم در ایستگاه مشهد کاوه در پاییز به دست آمد (شکل ۶). همچنین طبق محاسبه تنوع گونه‌ای از رابطه شانون- واینر بالاترین تنوع گونه‌ای در زمستان در ایستگاه مشهد کاوه ($H=1/96$) و کمترین تنوع در فصل بهار در سازمان عمران ($H=0/12$) محاسبه گردید (شکل ۷).

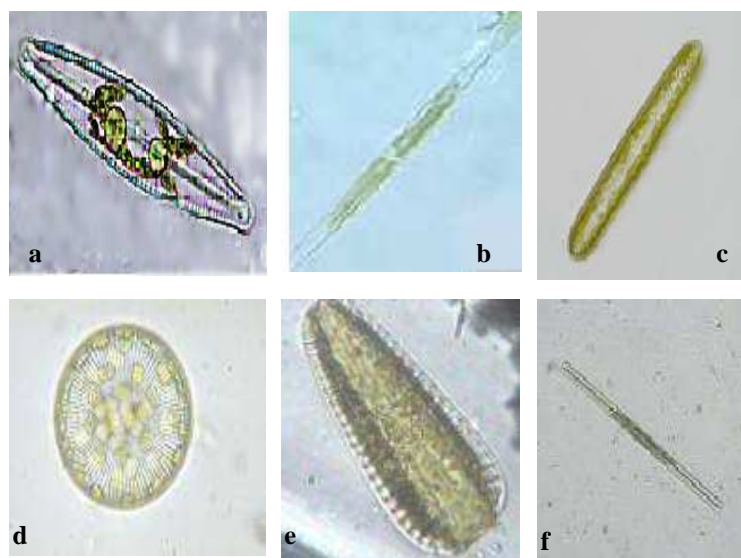
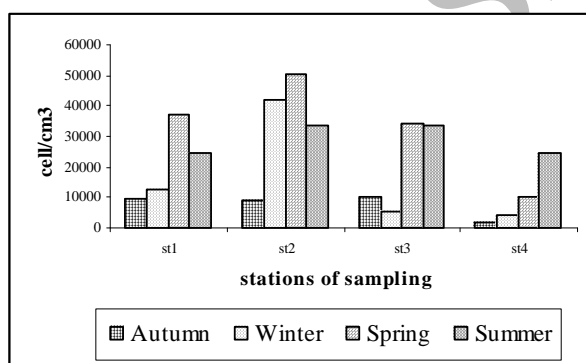
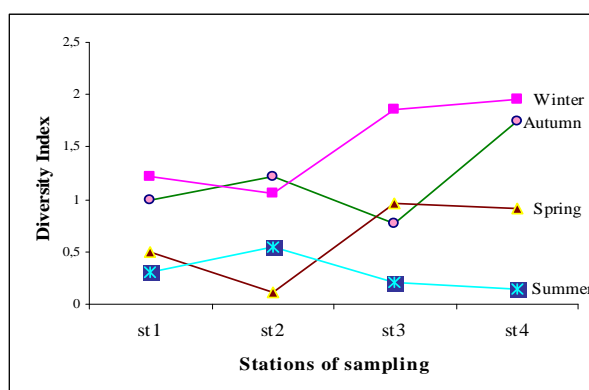


Fig. 5. (a) *Navicula radiosa*, (b) *Nitzschia palea*, (c) *Pinnularia major*, (d) *Stephanodiscus hantzschii*, (e) *Surirella roba*, (f) *Synedra ulna* (40 x, 100 x).



شکل ۶ - تغییرات تراکم جمعیت دیاتومه‌ها در دوره مطالعه در دریاچه زاینده رود.
Fig. 6. Variation of diatoms density in study periods in Zayandeh Rood lake.



شکل ۷- اندیس تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مختلف در دوره نمونه‌برداری.

Fig. 7. Species diversity index for different stations in sampling periods.

با توجه به مطالعات انجام شده، در مجموع ۵۳ گونه متعلق به ۲۳ جنس از دیاتومه‌ها شناسایی گردید که در دوره مطالعه دیاتومه سنتریک *Cyclotella meneghiniana* Kütz. غالب در تمام فصول و ایستگاه‌ها بود. این گونه شاخص آب‌های الیگو- مزوتروف می‌باشد. (Cetin & Sen 1998, Atici 2002). همچنین از دیاتومه‌های پنی‌ت گونه‌های *Navicula salinarum* و *Cymbella affinis* نیز در دریاچه با تراکم بالا دیده شدند و گونه‌های *Navicula cryptoccephala* و *N. radiosa* فقط در فصل تابستان حضور داشتند. به طور کلی، دیاتومه‌های سنتریک نشان‌دهنده یوتروفی و دیاتومه‌های پنی‌ت نشان‌دهنده الیگوتروفی بودن دریاچه‌ها می‌باشند (Lei 2005). گونه *Cymbella affinis* از عوامل اصلی ایجاد اجتماع پری‌فایتون‌ها محسوب می‌شوند که در دریاچه زاینده رود به صورت پلانکتونی دیده شد. با توجه به اینکه این گونه در بخش‌های بالا دست رودخانه زاینده رود مشاهده گردیده است (افشار زاده ۲۰۰۳)، حضور آن در دریاچه می‌تواند به علت حمل از بالا دست رودخانه باشد. گونه *Cymbella cistula* در دریاچه مشاهده شد، توسط سبک آرا و مکارمی (۲۰۰۶) در رودخانه حویق استان گیلان نیز گزارش شده است. گونه *Nitzschia palea* بیشتر در سطح آب و در ایستگاه تنگه سیاه و مشهد کاوه که از نظر هدایت الکتریکی و نیترات و فسفات بالاتر بودند مشاهده شد که این گونه با تراکم بالا در رودخانه زاینده رود توسط افشار زاده (۲۰۰۳) و مقدم (۱۹۷۶) گزارش شده است. از دیاتومه‌های بدون رافه گونه‌های *Asterionella formosa* و *Fragilaria crotonensis* بیشتر در فصل زمستان و بهار دیده شدند که غلامی و همکارانش (۲۰۰۵) در دریاچه بزنگان نیز چنین وضعیتی را مشاهده کرده‌اند. افزایش تراکم جمعیت این گونه‌ها با افزایش مقدار نیترات و فسفات منطقی است، زیرا این گونه‌ها نیترات را به مقدار زیاد

مصرف می‌کنند که نتایج به دست آمده با مطالعات زینک (Zincke 2004) و بی‌کال و همکاران (Baykal et al. 2004) همخوانی دارد. گونه *Surirella linearis* بیشتر در آب‌هایی که شفافیت بالا داشتند بویژه در ایستگاه یان چشمه مشاهده شد که با نتایج اوفارل (O'Farrell 1994) و پاتریک و رایمر (Patrick & Reimer 1975) کاملاً مطابقت دارد. در ایستگاه‌هایی که شوری نسبت به سایر ایستگاه‌ها بالاتر بود گونه‌های *Nitzschia frostulum* و *Navicula salinarum* دیده شدند. وجود گونه‌های *Pinnularia* در زمستان به علت مقاومت این گونه‌ها به pH قلیایی کم منطقی بود. گونه *Synedra ulna* در زمستان در سطح آب در ایستگاه مشهد کاه و فور بیشتری نشان داد. این گونه در فهرست دیاتومه‌های اکثر رودخانه‌ها و دریاچه‌ها وجود دارد. در رابطه با میزان سولفات و تراکم دیاتومه‌ها در دریاچه رابطه کلی به چشم نخورد و لذا نمی‌توان یک طرح کلی با توجه به میزان سولفات و وجود برخی از گونه‌های دیاتومه‌ها ارایه داد که با نتایج مقدم (۱۹۷۵) نیز مطابقت دارد. اکثر دیاتومه‌های مشاهده شده در دریاچه زاینده رود یوپلانکتون نبودند بلکه به صورت تیکوپلانکتون‌هایی بودند که به علت حمل از بالا دست رودخانه زاینده رود به دریاچه مشاهده گردیدند. در این مطالعه که اولین مورد بررسی دیاتومه‌ها در این زیستگاه آبی بود. گونه‌هایی از جنس‌های *Fragilaria*, *Navicula*, *Cymbella*, *Synedra*, *Cocconies* و *Asterionella* مشاهده گردیدند که به عنوان شاخص طعم و بوی بد آب یا مسدود کننده فیلترهای آب مطرح می‌باشند (APHA 1986). لذا مطالعه منظم دیاتومه‌ها در این دریاچه حایز اهمیت می‌باشد. در مجموع با توجه به آنالیزهای فیزیکوشیمیایی بویژه بالا بودن مقدار نیترات و فسفات و مطالعات تاکسونومی و وجود برخی از دیاتومه‌های شاخص کیفیت آب، دریاچه زاینده رود در زمره آب‌های الیگو-مزوتروف قرار دارد.

منابع

جهت ملاحظه منابع به متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نگارندگان: معصومه شمس و دکتر سعید افشار زاده، اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی، صندوق پستی ۸۱۷۴۶۷۳۴۴۱.

References

- ADAMS, V.D. 2000. Water and wastewater examination manual. Department of the Environment. 260 pp. (In Persian).
- AFSHARZADEH, S. 2003. Study of algal flora in Zayandeh Rood River. Ph.D. thesis submitted to the University of Isfahan. 195 pp. Iran (In Persian).
- AKBULUT, A. and YILDIZ, A. 2002. The planktonic diatoms of lake Cildir (Ardahan-Turkey). *Turk. J. Bot.* 26: 55-75.
- APHA. 1986. Standard method for the examination of water and wastewater (17th ed.). American Public Health Association, Washington. 1265 pp.
- ATICI, T. 2002. Nineteen new records from Sariyar Dam reservoir phytoplankton for Turkish freshwater algae. *Biology* 26: 485-490.
- BAYKAL, T., ACIKGOZ, I., YILDIZ, K. and BEKLEYEN, A. 2004. A study on algae in Devegeçidi Dam Lake. *Turk. J. Bot.* 28: 457-472.
- CETIN, K. and SEN, B. 1998. Diatoms (Bacillariophyta) in the phytoplankton of Keban reservoir and their seasonal variations. *Botany Elazig Turkey* 22: 25-33.
- COX, E.J. 1996. Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall, 158 pp. London.
- ESLAMI, F. and SARAJI, F. 2004. Abundance of phytoplankton in Khoran Creeks of Laft and Khamir in Hormuzgan Province, Iran. *Sci. Fish. J.* 13(2): 11-22, (In Persian).
- GHOLAMI, A., EJTEHADI, H. and GHASSEMZADEH, F. 2005. Species diversity and ecological studies of phytoplankton in the Bazangan Lake. *Iran. Sci. Fish. J.* 73-90 (In Persian).
- HELLAWELL, J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environment management. Elsevier Applied Science, 545 pp. London.
- KELLY, M.G. and WHITTON, B.A. 1995. The trophic index: an index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.* 7: 433-444.

- LEI, A.P., HU, Z.L., Wang, J., SHI, Z.X. and TAM, F.Y. 2005. Structure of the phytoplankton community and its relationship to water quality in Donghu lake. Wuhan, China, *J. Plant Biology* 47(1): 27-37.
- MOGHADAM, F. 1975. Limnological study of Valasht lake and study of phytoplankton and epiphytes algae. Final reporte of research project. University of Tehran, 22-95 (In Persian).
- MOGHADAM, F. 1976. Diatoms as indicator of pollution Zayandeh Rood river. Iran. Proc. Acad. Nat. Sci. Phyla. 127(19): 281-297.
- O'FARRELL, I. 1994. Phytoplankton ecology and limnology of the Salado River (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia* 271: 169-178.
- PATRICK, R. and REIMER, C.W. 1975. The diatoms of the United States. Monogr. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 58(4): 1335-1342.
- PRESCOTT, G.W. 1970. Algae of western great lakes area. Ph.D. 31: 977 pp.
- PRESCOTT, G.W. 1984. How to know the fresh water algae. University of Montana, U.S.A, 293 pp.
- SABKARA, J. and MAKAREMI, M. 2006. The density and distribution of planktons in Hevigh River, Gulian Province, Iran. *Sci. Fish. J.* 15(3): 75-86, Iran (In Persian).
- SHAHIN, B. 2000. Algal flora of lakes Aygir and Balikli (Trabzon, Turkey). *Turk. J. Bot.* 24: 35-45.
- SOUTH, G.R. and WHITTICK, A. 1987. Introduction to phycology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Canada, 340 pp.
- WHITFORD, L.A. and SCHUMACHER, G.J. 1984. A manual of fresh-water algae. Sparks Press. New York, 337 pp.
- ZINCKE, D. 2004. Effects of nitrogen and phosphorus enrichment on phytoplankton communities of lake Atawapaskat, Michigan. *Journal of Atawapaskat Research* 2: 1-6.