

استعمال الطحالب والجراثيم الزرقاء لتقييم حالة التلوث في بحيرة قطينة

د. سيراؤوس محمد*

الملخص

تعتمد معظم برامج رصد النظم البيئية المائية إن وجدت في سورية على القياسات الفيزيائية والكيميائية وغياب أو نقص كبير في القياسات الحيوية، وفي هذا البحث استعملت الطحالب والجراثيم الزرقاء لتقييم حالة التلوث في بحيرة قطينة، فقد سجل 67 نوعاً تعود إلى 49 جنساً من الطحالب والجراثيم الزرقاء، مع سيادة مطلقة للجراثيم الزرقاء، كما حسب الغنى النوعي بطريقة دالة مارغاليف (d) فبلغ الحد الأعظمي له نحو 5.8 في شهر أيار وهي قيمة منخفضة تظهر قلة التنوع الحيوي في بحيرة قطينة، أما الدالة المركبة للتنوع الحيوي وفق مؤشر شانون (H') فقد بلغت قيمتها $H' = 2.6$ ، وبتطبيق مؤشر بيلو (J) لتساوي الأنواع، كانت القيمة المسجلة $J = 0.2$ ، السيادة وفق مؤشر سيمبسون (D) بلغت $D = 0.1$ ، ووفقاً لمؤشر التنوع مينهينيك (D_M) بلغت قيمة $D_M = 0.8$ ، وبحساب مؤشر السيادة وفق مكنغتون (I) بلغت قيمته $I = 42.5$ وهذه القيمة تمثل سيادة الجراثيم الزرقاء في البحيرة وبالتالي تردي نوعية مياهها. وبتطبيق احتمالية هورليبيرت للاجتماع بين الأنواع (PIE) بلغت قيمة $PIE = 6.8$. وبتطبيق معيار مؤشر التلوث

*جامعة دمشق - كلية العلوم - قسم علم الحياة النباتية

للأنواع وفق بالميرتين أن قيمة $P=17$ وهذا يعني أن المياه متوسطة التلوث العضوي. ويتحدد الحالة التغذوية للبحيرة وفق مؤشر كارلسون (TSI) تبين أن البحيرة جيدة التغذية. كما تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية مثل درجة حرارة الماء (T) والرقم الهيدروجيني pH والناقلية الكهربائية (EC) وإجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)، والأوكسجين الذائبة (DO)، وتركيز شوارد الفوسفات (PO_4^{3-}) والنترات ($N-NO_3$) والكبريتات SO_4^{2-} ، والطلب الحيوي الكيميائي للأكسجين (BOD)، والسيليكا SiO_2 وإجمالي الفوسفات (TP)، وتركيز اليخضور (chl a).

الكلمات المفتاحية: بحيرة قطينة، الطحالب، الجراثيم الزرقاء، الغنى النوعي.

Use of Algae and Cyanobacteria to Assess the State of Pollution in Qattinah Lake

Dr. Seraoos Mohammad*

Abstract

Most monitoring programs of water ecosystems, if any in Syria, rely on physical and chemical measurements and the absence or significant lack of biometrics. In this research biometrics used to assessment water pollution state in Qatina Lake. 67 species related to 49 genera from algae and cyanobacteria, with complete dominance of cyanobacteria. Species richness was calculated according to Margalef (d), the maximum was about 5.8 in May, a low value showing the lack of biodiversity in Qatina Lake, while combined index of biodiversity according to the Shannon – Wiener Index (H') was $H' = 2.6$. and applied Pielou's evenness index (J') for Species evenness, the recorded value was $J' = 0.2$, dominance according to the Simpson index (D) the value was $D = 0.1$, and according to the Menhinick's diversity index $DM = 0.8$. According to McNaughton's dominance index (I), $I = 42.5$, this value represents the dominance of cyanobacteria in the lake and thus degradation its water quality. Applying the Hurlbert's probability of interspecific encounters (PIE), $PIE = 6.8$. Applying the pollution index of species according to the Palmer species pollution index, it was found that the value of $P = 17$ means that the water is medium organic contamination. The trophic state of the lake was determined by the Carlson's Trophic State index (TSI), which showed that the lake was eutrophic. Physical and chemical analyzes such as water temperature (T), pH,

*Department of plant biology- Faculty of Sciences – Damascus University

electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), Dissolved oxygen (DO), and phosphate ions (PO_4^{3-}) Nitrate (N-NO_3) and SO_4^{2-} , biochemical oxygen demand (BOD), Silica SiO_2 and Total phosphate (TP), and chlorophyll concentration (chl_a).

keywords: Qattinah Lake, algae, cyanobacteria, specific richness.

المقدمة:**Introduction:**

تعد الطحالب مكونات أساسية في برامج الرصد الحيوي لتقييم نوعية المياه، حيث تستعمل لتقييم نوعية المياه بسبب طبيعة متطلباتها الغذائية، ومعدل تكاثرها السريع ودورة حياتها القصيرة جداً [Reynolds, 1984,2006; Chellappa,2009]. فهي مؤشرات مهمة على حالة البيئة كون التركيب الكمي والنوعي للأنواع الطحلبية يستجيب مباشرة للتغيرات الواسعة في نوعية المياه، وتأثيرها في تركيب الأجناس التي تكون قادرة على تحمل حالات التلوث [Kshirsagar, 2013; Gökçe, 2016]، فمن وجهة النظر البيئية والصحية العامة فإن وفرة المغذيات: النتروجين والفسفور المتدفقة إلى البحيرات، وبحيرات السدود reservoirs والنظم البيئية المائية الأخرى تؤدي إلى حدوث الإثراء الغذائي eutrophication. إذ إن النسبة N:P تحدد أي جنس طحلي يكون سائداً، وأي منها يكون موجوداً أو غائباً في تلك النظم البيئية [Sige, 2005; Bergström,2010; Bellinger,] and Siegee, 2010]. فالتحليل الفيزيائية والكيميائية تزود بالمعلومات عن حالة الجسم المائي في لحظة أخذ القياس نفسها، وتكون حاسمة عندما يكون هدف الدراسة المياه الجارية، حيث تكون المياه متجددة باستمرار في كل نقطة، ومع أنّ القياسات الدورية خلال إطار زمني محدد تزيد قيمة المعلومات بالطرائق الفيزيائية والكيميائية [Wehr and Sheath, 2003]، إلا أن التحليل الحيوية تحدد التغيرات المحتملة في نوعية المياه، وكذلك اتجاهاتها مع مرور الزمن والتي تنعكس في تغيرات الموائل أو طبيعة الأحياء المائية. وهكذا فإن دراسة المجتمعات الحيوية الموثقة توثيقاً بيئياً جيداً، مثل التوزع، وغزارة الأنواع في مناطق الاعتيان، هي عوامل مهمة يجب أخذها في الحسبان عند تحديد نوعية المياه، وتعد الطحالب من ضمن المجتمعات الحيوية الأكثر جذباً لتقييم نوعية المياه، فهي ذات توزيعات مكانية وزمانية محددة [Schoeman and Haworth,]

1986; Coste *et al.*, 1991; Prygiel, 1991; Round, 1971]. فالعوالق النباتية Phytoplankton ذات تنوع كبير بالشكل وأسلوب الحياة، ما يفيد في زيادة التكاثر إلى حدوده القصوى، ومن بين تلك المجموعات الأجناس الآتية: Anabaena, Microcystis, Nodularia, Planktothrix, Aphanizomenon, Cylindrospermopsis, Trichodesmium, Lyngbya, التي تمتلك حويصلات غازية تساعدها على الطفو، أو الأجناس القاعية مثل Phormidium, Oscillatoria, Schizothrix التي تميل لانتشار في الرواسب وتهاجر طبيعياً، والطحالب القابلة للطفو التي تمتلك كثافة مشابهة للماء، مثل: Oocystis وChlorella وأفراد السوطيات النارية dinoflagellates والطحالب الأوغليينية euglenophyceae في عمود الماء [Reynolds, 1984; Cood, 2005]. وعندما تصبح البحيرات وبحيرات السدود جيدة التغذية يتناقص تنوع العوالق تدريجياً، والذي يؤدي في النهاية إلى سيادة الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria المنتجة للسموم [Chellappa, 1990; Sigeo, 2005; Chellappa *et al.*, 2006; 2009].

لما كانت مجتمعات العوالق النباتية حساسة جداً للتبدلات في موائلها، فإن إجمالي الكتلة الحيوية للعوالق النباتية، والعديد من أنواعها تستعمل كمؤشرات على نوعية الموائل المائية. إذ تعطي مجتمعات الطحالب أدلة أكثر فيما يتعلق بالتبدلات في نوعية المياه من تراكيز المغذيات أو اليخضور [Akcha *et al* 2008]. وهكذا يمكن عدّ التغيرات السريعة في مجتمعات الطحالب استجابة للتغير في نوعية المياه، إذ إنّ التغير الأول في مثل هذه التغيرات هو التغير الكمي لمجتمع الطحالب في البيئة المائية. وكمية الزيادة والنقصان في الطحالب تعتمد على نمط التأثيرات في كتلة الماء، التي تتبع بالتغيرات النوعية في مجتمع العوالق النباتية، حيث تتشكل أنواع جديدة في البحيرة. وبعض الأنواع

الأصيلة يمكن أن تتناقص في الأهمية اعتماداً على الانقراض المحلي في بعض الحالات [Gökçe, 2016].

أهمية البحث Importance of the research

تعد بحيرة قطينة ذات أهمية استراتيجية كبيرة لمحافظة حمص للأغراض الزراعية والصناعية وتربية الأسماك، لكنها تتعرض لمصادر تلوث عدّة أدت إلى تدهور نوعية مياهها، وجميع الدراسات على البحيرة اقتصرت على التحاليل الفيزيائية والكيميائية المكلفة مادياً ولا تعطي تصوراً واضحاً عن حالة التلوث في البحيرة، لأن بعض الملوثات تكون دون حساسية أجهزة القياس، كما أنها لا تعطي فكرة عن المخاطر الحيوية غير المباشرة للملوثات وحالة التراكم الحيوي، فضلاً عن كونها لحظية، لذا كان لا بد من استعمال المعايير الحيوية لتقييم نوعية مياه البحيرة على المدى الطويل على نحو صحيح ولمعرفة الوضع السابق والحالي والمستقبلي لنوعية مياه البحيرة، ولتوصيف التلوث عند مستويات التغذية العالية، والشذوذات الناتجة عن التنافس، التي تكون التحاليل الفيزيائية والكيميائية قاصرة عن تفسيرها.

الهدف من البحث Aim of the research

يهدف هذا البحث إلى استعمال جماعات العوالق النباتية (الطحالب والجراثيم الزرقاء) لتقييم نوعية المياه في بحيرة قطينة والحالة التغذوية، والتركيب النوعي، والأنواع السائدة، وربطها مع القياسات الفيزيائية والكيميائية وتحليلها إحصائياً. مما يساعد في تقدير حالة التلوث فيها.

مواد البحث وطرائقه **Material and Methods**

1. منطقة الدراسة **study area**

تقع بحيرة قطينة Qattinah lake في الجنوب الغربي لمدينة حمص وتبعد عنها 12 كم، يبلغ طولها نحو 11 كم وعرضها نحو 3.5 كم، ومساحتها نحو 30 كم²، ومحيطها نحو 29 كم، وتبلغ سعتها التخزينية نحو 200 مليون م³، وترتفع نحو 500 م عن سطح البحر، المناخ السائد هو المناخ شبه الجاف الذي يتصف بصيف حار وجاف، وشتاء معتدل وماطر، متوسط درجة الحرارة صيفاً 25.15 م°، وشتاءً 15.9 م°، متوسط الهطل المطري السنوي نحو 500 مم، وهي معروفة بثروتها السمكية. توفّر البحيرة المياه لعدد من المنشآت الصناعية القائمة على الضفة الشرقية والجنوبية الشرقية، وأهمها الشركة العامة للأسمدة. هيدروجيولوجياً تتألف صخور المنطقة الحاملة للماء بشكل كامل من توضعات البازلت النيوجيني المشقق [يلوط وآخرون، 2006]، والشكل 1 يمثل صورة فضائية لبحيرة قطينة موضح عليها نقاط الاعتيان. إن نهر العاصي مع بحيرة قطينة، هما المستقبلان الأساسيان لمخلفات صناعة الأسمدة حيث تتوزع أماكن الصرف على بحيرة قطينة كنقطة صرف رئيسة [المصري وآخرون، 2004؛ يوسف، 2009].



الشكل (1). صورة فضائية لبحيرة قطينة تظهر مواقع نقاط الاعتيان.

2. جمع العينات Sampling

حُددت سبع نقاط اعتيان في بحيرة قطينة لتشمل كامل جسم البحيرة كما هو موضح في الشكل 1، وتم جمع العينات بدءاً من شهر آذار 2015 ولغاية شهر شباط 2016 بمعدل مرة واحدة شهرياً، جمعت العينات من مياه البحيرة أفقياً بواسطة شبكة العوالق plankton net ذات ثقوب بأقطار 20 ميكرون وفق Round 1973، بترشيح 21 لتر من ماء البحيرة. حفظت العينات بمحلول 5% فورم الدهيد formaldehyde، ثم عُدت بواسطة حجرة العد باستعمال المجهر المقلوب inverted microscope عند قوة تكبير 40 [Huszar and Giani, 2004, Lund et al., 1958;]. وعند العد تم اعتبار المستعمرة

والخيط وحدة مستقلة، عرفت الأجناس والأنواع الرئيسية اعتماداً على المراجع التصنيفية الآتية: [Hustedt, 1930; Smith, 1950; Patrick and Reimer, 1966, 1975; Prescott, 1970, 1973; Findlay and Kling 1979; Barber and Haworth, 1981; Round *et al.*, 1990; Krammer and Lange-Bertalot 1991 a, 1991 b, [1999a, and 1999b; Wehr and Sheath, 2003.

كان التحديد الكمي لمجتمع العوالق النباتية قد تمّ الحصول عليه من خلال عملية الترسيب والعد 1 مل بواقع ثلاث مكررات من عينة الراسب بواسطة عدادة Sedgwick-Rafter باستعمال المجهر المقلوب ماركة optika طراز IM-5. أما المشطورات فقد عرفت بعد عملية التهضيم الحمضي [APHA, 1985, 1995]. الغزارة النسبية للأنواع Relative species abundance، والكثافة العددية numerical density، وقيم المؤشرات البيئية تم الحصول عليها من التحاليل الكمية التالية: احتمالية هولبيرت للاجتماع بين الأنواع Hurlbert's probability of interspecific encounters (PIE) وفق المعادلة [Hulbert, 1971].

$$PIE = \left(\frac{N}{N-1} \right) (1 - \sum_{i=1}^S P_i^2)$$

حيث N هي العدد الإجمالي للأفراد، و S هي عدد الأنواع المسجلة، P_i نسبة عدد أفراد النوع I إلى مجموع أفراد المجتمع. أما الغنى النوعي species richness (S) فقد حُسب وفقاً لدالة مارغالييف (d) Margalef وفق المعادلة [Margalef, 1958] $d = (S-1) / \ln N$ ، وحسبت الدالة المركبة للتنوع الحيوي وفق مؤشر شانون Shannon–Wiener Index (H') [Shannon and Weaver, 1949] $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ وحسب تساوي الأنواع Species evenness وفق مؤشر Pielou's evenness index (J') حيث $J' = H'_{(observed)} / H'_{max}$ ، وتمثل H' قيمة مؤشر شانون المسجلة، و H'_{max} قيمة مؤشر شانون العظمى في حال تساوي الأنواع، وكان حساب السيادة dominance وفق مؤشر سيمبسون (D) Simpson index (D)، حيث $D = \sum (P_i)^2$

[Simpson, 1949]، وحسب مؤشر Menhinick's diversity وفق المعادلة $D_M = \frac{S}{\sqrt{N}}$ [Menhinick, 1964]، كما حسب مؤشر السيادة McNaughton's dominance index (I) وفق المعادلة $I = \frac{n_1 + n_2}{N} \times 100$ ، حيث n_1 و n_2 أعداد الأنواع الأكثر سيادة، N هو العدد الإجمالي للأفراد في المجتمع [McNaughton, 1967]. وطبق مؤشر التلوث للأنواع وفق بالمير species pollution index [Palmer and Adams, 1977]، وحددت الحالة التغذوية للبحيرة وفق مؤشر كارلسون Carlson's Trophic State index (TSI) [Carlson 1977]. وفق المعادلات الآتية:

$$TSI = 60 - 14.41 \ln (SD \times 0.3048) \quad (2) \quad TSI = 14.41 \ln (TP) + 4.15 \quad (1)$$

$$[Fuller and Jodoin, 2016] \quad TSI = 9.81 \ln chl a + 30.6$$

استعمل معامل الارتباط بيرسون (p < 0.05) Pearson's correlation لإيجاد مستويات معنوية العلاقة بين مجموعات العوالق النباتية والمتغيرات البيئية باستعمال البرنامج الإحصائي IBM SPSS Statistics 22.

كما أنجز تحليل المركبة الرئيس (PCA) A principal component analysis على البيانات المعيارية من مصفوفة الارتباط لتلخيص توزع بيانات العوالق النباتية.

3. تحاليل المياه Water analysis

أجريت تحاليل المياه بفاصل زمني شهري في النقاط السبع، وكان قياس تركيز الأكسجين الذائب (Dissolved oxygen (DO) بواسطة جهاز WTW Oxi 3310 المحمول، الطلب الحيوي الكيميائي للأكسجين (BOD) Biochemical oxygen demand بواسطة جهاز WTW Oxitop IS 12 بالحضن عند الدرجة $20^\circ C$ لمدة 5 أيام، الناقلية الكهربائية (Electrical conductivity (EC)، وإجمالي المواد الصلبة الذائبة total dissolved substance (TDS)، ودرجة حرارة الماء (water temperature (T)، قيست بواسطة جهاز

WTW pH 3110، بينما قيس درجة pH باستعمال جهاز WTW pH 3110 set1، وقيست عكارة المياه Turbidity باستعمال جهاز HACH 2100 P، النترات-نيتروجين (N-NO₃)، وشوارد الأرتوفوسفات orthophosphate ion (PO₄³⁻)، والكبريتات sulphate SO₄²⁻، والسيليكا Silica Sio₂ وإجمالي الفوسفات Totalphosphate (TP) باستعمال جهاز المطياف الضوئي من HACH DR5000، حسب تركيز اليخضور Chlorophyll (chl a) وفق طريقة [Richard and Thomson, 1952; Youngman, 1978; APHA, 1995]، وقيست شفافية المياه بواسطة قرص سيكي Secchi disc (SD) بقطر 20 سم .

النتائج والمناقشة Results and discussion

حددت إحدائيات نقاط الاعتيان في بحيرة قطينة، وتم توصيفها كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول (1). إحدائيات نقاط الاعتيان في بحيرة قطينة

وصف النقطة	الارتفاع عن سطح البحر (م)	الإحداثيات وفق نظام UTM		النقطة
		خط العرض	خط الطول	
عند مصب المياه الخارجة من معمل الأسمدة	496	281353.85	3836953.42	1
عند جسم السد قرب مخرج القناة الكبيرة الجنوبية	498	281639.85	3838202.36	2
الجهة الشمالية للبحيرة مقابل قرية المشاهدة	496	278565.50	3837554.72	3
الجهة الشمالية للبحيرة مقابل قرية رتبة البحرة	496	275175.82	3836095.14	4
الجهة الغربية للبحيرة عند مصب نهر العاصي في البحيرة	496	274343.66	3833904.77	5
الجهة الجنوبية للبحيرة مقابل قرية الشومرية	496	277719.43	3835190.67	6
وسط البحيرة تقريبا بين قرى الشومرية والحلبية	496	277633.00	3836085.42	7

نتائج الدراسة التصنيفية

سجل 67 نوعاً تعود إلى 49 جنساً من الطحالب والجراثيم الزرقاء الموضحة في الجدول 2، توزعت كالتالي: 20 نوعاً من الطحالب الخضراء Chlorophyta تعود إلى 14 جنساً، و 22 نوعاً من الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria تعود إلى 18 جنساً، و 22 نوعاً من المشطورات Diatoms تعود إلى 14 جنساً، ونوعاً واحداً من الطحالب الأوغليانية Euglenophyta، ونوعاً واحداً من الطحالب المستخفية Cryptophyta، ونوعاً واحداً من طحالب Ochrophyta، ولكن السيادة المطلقة كانت للجراثيم الزرقاء طيلة فترة الدراسة، حيث كانت هناك حالة ازدهار للجراثيم الزرقاء وعلى نحو خاص جنسي *Anabaena* و *Microcystis*، امتدت من شهر أيلول حتى شهر تشرين الثاني، وكانت الغزارة الأعظمية خلال شهر تشرين الأول.

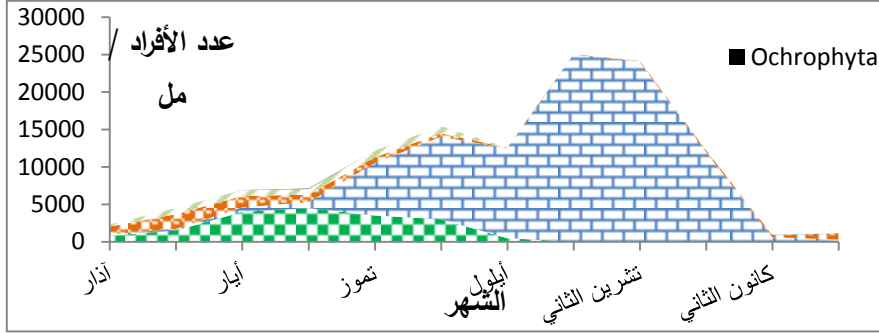
الجدول (2). الأنواع المسجلة في بحيرة قطينة بين العام 2015 والعام 2016.

المشطورات Diatoms	زرقاء Cyanobacteria	خضراء Chlorophyta
<i>Achnanthes</i> sp.	<i>Anabaena spiroides</i>	<i>Actinastrum hantzschii</i>
<i>Amphoraveneta</i>	<i>Anabaena circinalis</i>	<i>Closterium aciculare</i>
<i>Amphoralibyca</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>	<i>Gloeocystis</i> sp.
<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Anabaena viguieri</i>	<i>Monoraphidium</i> sp.
<i>Cymbellaleptocera</i>	<i>Aphanizomenonflos-aquae</i>	<i>Mougeotia</i> sp.
<i>Cymbellaprostrata</i>	<i>Aphanocapsa grevillei</i>	<i>Nephroselmisolivacea</i>
<i>Cymbellahustt</i>	<i>Asterocapsa</i> sp.	<i>Oocystis</i> sp.
<i>Cymbellagracilus</i>	<i>Chlorogloea</i> sp.	<i>Pediastrum boryanum</i>
<i>Diatoma</i> sp.	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i>

<i>Epithemiaargus</i>	<i>Coelosphaerium</i> sp.	<i>Pedinomonas minor</i>
<i>Epithemiasorex</i>	<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i>	<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>
<i>Epithemia turgid</i>	<i>Glaucospira laxissima</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
<i>Fragilaria</i> sp.	<i>Gloeocapsa</i> sp.	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Frustular homboides</i>	<i>Komvophoron minutum</i>	<i>Scenedesmus obtusus</i>
<i>Gomphonema</i> sp.	<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Navicula</i> sp.	<i>Myxosarcina gloeocapsoide</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.
<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Staurastrum gracile</i>
<i>Rhopalodia musculus</i>	<i>Phormidium formosum</i>	<i>Selenastrum capricornutum</i>
<i>Rhopalodia parallela</i>	<i>Radiocystis geminata</i>	<i>Staurastrum bioculatum</i>
<i>Rhopalodia gibba</i>	<i>Rivulariadura</i>	<i>Zygnemafrigidum</i>
<i>Synedra</i> sp.	<i>Spirulina weissii</i>	طحالب Ochrophyta
<i>Tabellaria</i> sp.	<i>Woronichinia compacta</i>	<i>Chloramoeba heteromorpha</i>
		الطحالب المستخفية Cryptophyta
		<i>Cryptomonas</i> sp.
		الطحالب الأوغليبية Euglenophyta
		<i>Euglena gracilis</i>

والشكل 2: يبين تغير متوسط عدد الأفراد العائدة للمجموعات الطحلبية والجراثيم الزرقاء في بحيرة قطينة خلال فترة الدراسة حيث تلاحظ سيادة الجراثيم الزرقاء في أواخر الصيف والخريف، أما الطحالب الخضراء فقد أتت في المرتبة الثانية واقتصرت على فصلي الربيع وبداية الصيف، وكانت المشطورات خلال فصل الشتاء وبداية الربيع، أما الطحالب المستخفية Cryptophyta وطحالب Ochrophyta فقد اقتصرت وجودها على أعداد

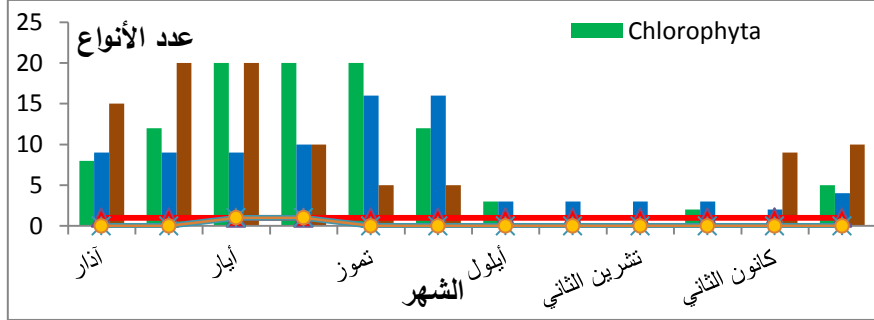
قليلة وخلال شهر أو شهرين فقط خلال العام وكانت أعداد الطحالب الأوغلينية Euglenophyta أكبر نسبياً وسجلت طيلة فترة الدراسة.



الشكل (2). تغير متوسط أعداد الأحياء في بحيرة قطينة

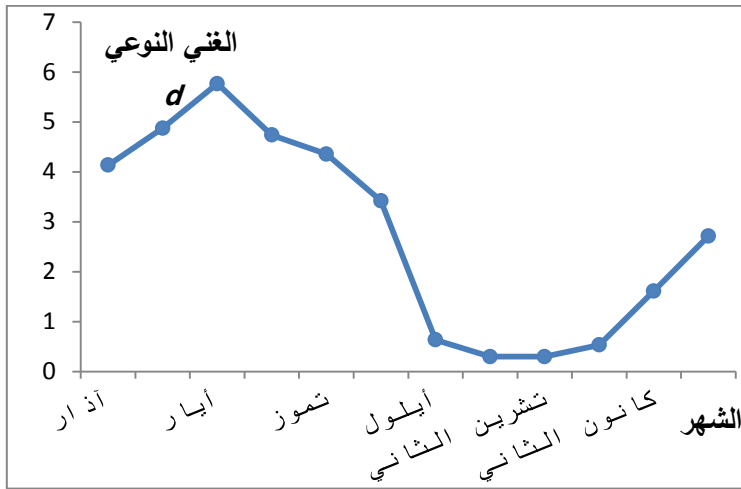
تباينت أعداد الأنواع المسجلة التابعة للمجموعات بين شهر وآخر خلال فترة الدراسة، وعموماً، فإن بحيرة قطينة فقيرة بالأنواع نتيجة التلوث الحاصل فيها وحدثت ظاهرة الإثراء الغذائي eutrophication مما أدى إلى بقاء الأنواع المتحملة للتركيز المرتفعة من المغذيات، حيث كانت فترة الخريف هي الأقل بعدد الأنواع نتيجة حدوث الازدهار، وكانت الفترة الممتدة من شهر نيسان إلى شهر تموز الأكثر غنى بعدد الأنواع، والشكل 3 يظهر تغير متوسط عدد الأنواع للمجموعات المختلفة المسجلة في بحيرة قطينة خلال فترة الدراسة. حيث يُلاحظ أن المجموعات الأكثر تنوعاً وأهمية هي الجراثيم الزرقاء والطحالب الخضراء والمشطورات حيث يتباين عدد الأنواع المسجلة، ورغم السيادة العددية الكبيرة والواضحة للجراثيم الزرقاء، إلا أن عدد الأنواع الأكبر كان للطحالب الخضراء والمشطورات والذي بلغ 20 نوعاً في الفترة من شهر نيسان حتى شهر تموز. أما

الطحالب الأوغلينية فقد اقتصر وجودها على نوع واحد خلال فترة الدراسة، واقتصر وجود الطحالب المستخفية وطحالب Ochrophyta على نوع واحد أيضاً في شهري أيار وحزيران ولم تلاحظ في باقي الأشهر، وبأعداد قليلة.



الشكل (3). تغيير متوسط عدد الأنواع المسجلة في بحيرة قطينة.

وعند حساب الغنى النوعي بطريقة دالة مارغالييف (d) Margalef يتضح أنه بلغ الحد الأعظمي له نحو 5.8 في شهر أيار وهي قيمة منخفضة تظهر قلة التنوع الحيوي في بحيرة قطينة، والحد الأدنى نحو 0.3 في شهري تشرين الأول والثاني عند حدوث الذروة العظمى للازدهار، حيث تسود ثلاثة أجناس من الجراثيم الزرقاء تمنع باقي الأجناس من النمو خلال تلك الفترة. والشكل 4. يظهر متوسط التغير الشهري للغنى النوعي وفق دالة مارغالييف (d) Margalef في بحيرة قطينة.

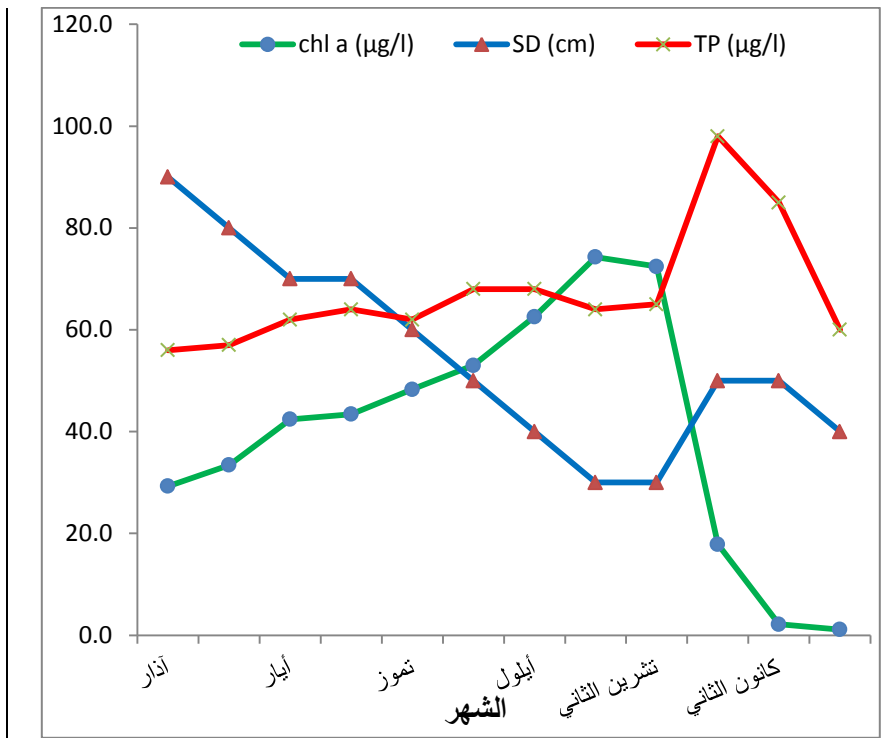


الشكل (4). متوسط التغير الشهري للغنى النوعي وفق دالة مارغالييف (d) Margalef في بحيرة قطينة

ولدعم تلك النتائج حسب دالة المركبة للتنوع الحيوي وفق مؤشر شانون-Shannon (H') Wiener Index حيث كانت قيمتها $H' = 2.6$ وهي قيمة منخفضة، ووفقاً لتلك القيمة فإن مياه البحيرة متوسطة التلوث، فكلما زادت قيمة دالة شانون كان النظام البيئي أقل تلوثاً، وكلما انخفضت كان النظام البيئي أكثر تلوثاً [Kshirsagar, 2013]، ويتطبيق مؤشر Pielou's evenness index (J') لتساوي الأنواع والذي تتراوح قيمته بين 0-1، كانت القيمة المسجلة $J' = 0.2$ ، وهذه القيمة تظهر التباين الكبير بين الأنواع المسجلة مما يعكس التدهور الحاصل لتنوعية المياه في البحيرة، فكلما كان التباين بين الأنواع أقل، كانت قيمة J' أكبر. ولتعزيز تلك النتائج حسب السيادة وفق مؤشر سيمبسون (D) Simpson index (D) حيث بلغت $D = 0.1$ ، ووفقاً لمؤشر التنوع (D_M)

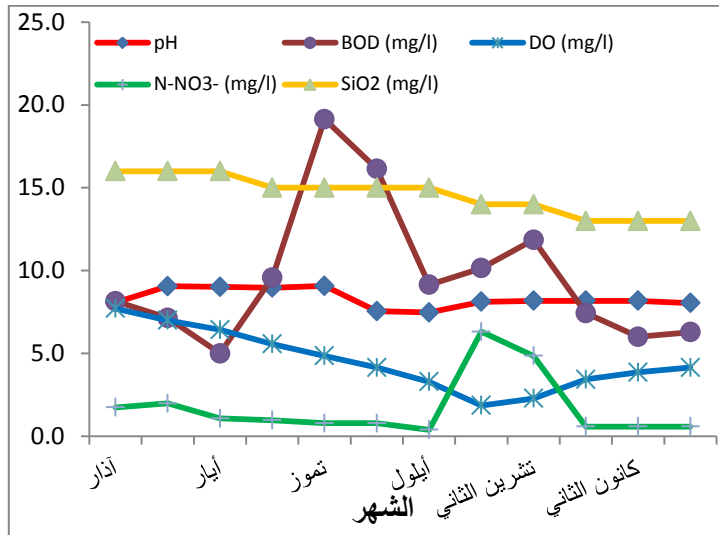
Menhinick's diversity بلغت قيمة $D_M = 0.8$ وهي قيمة منخفضة تظهر فقر البحيرة بالأنواع، وبحساب مؤشر السيادة وفق (I) McNaughton's dominance index بلغت قيمة $I = 42.5$ وهذه القيمة تمثل سيادة الجراثيم الزرقاء في البحيرة وبالتالي تردي نوعية مياهها. وبتطبيق احتمالية هورليبرت للاجتماع بين الأنواع Hurlbert's probability of interspecific encounters (PIE) بلغت قيمة $PIE = 6.8$. وبتطبيق معيار مؤشر التلوث للأنواع وفق بالمير species pollution index تبين أن قيمة $P = 17$ وهذا يعني أن المياه متوسطة التلوث العضوي [Palmer and Adams, 1977].

وحددت الحالة التغذوية للبحيرة وفق مؤشر كارلسون Carlson's Trophic State index (TSI) حيث يتم التصنيف الغذائي للبحيرات من خلال قياس عدد من معايير نوعية المياه مثل تركيز إجمالي الفوسفات TP وتركيز اليخضور chl a وعمق قرص سيكي Secchi disc (SD). وتتراوح قيمة هذا المؤشر بين 0-100. حيث بلغت النتائج كالتالي: $Chl\ a\ (\mu g/l) = 40$ و $TP\ (\mu g/l) = 67.4$ و $SD\ (cm) = 55$ وبالتالي فإن قيمة TSI الموافقة هي ضمن المجال (60-70) أي البحيرة جيدة التغذية eutrophic وتتميز بسيادة الجراثيم الزرقاء وهذا كان مطابقاً لواقع الحال في البحيرة من خلال الدراسة المجهرية وفقاً لطرائق كارلسون [Carlson 1977]، والشكل 5 يبين متوسط التغيرات الشهرية لتركيز إجمالي الفوسفات TP وتركيز اليخضور chl a وعمق قرص سيكي Secchi disc (SD) في بحيرة قطينة.



الشكل (5). متوسط التغيرات الشهرية لتركيز إجمالي الفوسفات TP وتركيز اليخضور chl a وعمق قرص سيكي (SD) في بحيرة قطينة.

وأظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية تدني نوعية مياه البحيرة مما يدعم النتائج التي أمكن الحصول عليها من بيانات مجموعات الأحياء المدروسة. والشكلان 6 و 7 يظهران متوسط قيم معايير نوعية المياه المدروسة في بحيرة قطينة.

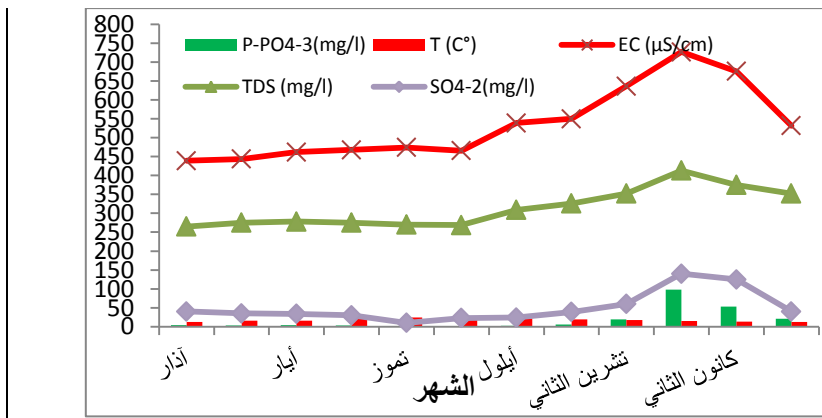


الشكل (6). تغير متوسط قيم pH و Do و BOD و $N-NO_3^-$ و SiO_2 .

حيث يُلاحظ من الشكل ارتفاع تركيز شوارد النترات، حيث بلغت أعلى قيمة لها في شهر تشرين الأول $6.3 \mu g/l$ ، والمصدر الرئيس لتلك الشاردة الأسمدة الأزوتية المحمولة مع المياه من حوض نهر العاصي ما قبل البحيرة، حيث تنتشر الأراضي الزراعية. بينما كانت تراكيز السيليكا متقاربة ولم تبدِ تغيرات كبيرة خلال فترة الدراسة، أما الطلب الحيوي الكيميائي للأوكسجين BOD فتراوحت قيمته بين 5-15 ملغ/ل وهذه القيم تفوق ما هو مسموح به في المواصفة القياسية السورية، وتعكس التلوث المتوسط بالمادة العضوية وهذا تطابق مع معيار مؤشر التلوث للأنواع species pollution index وفق [Palmer and Adams, 1977]. أما قيم pH فتراوحت بين 8-9.1 وطبقاً للمواصفة القياسية السورية فهي غير صالحة للشرب وفق هذه الدالة، وتعزى هذه القيم المرتفعة من

pH التي تتفق مع فترة ازدهار الجراثيم الزرقاء، إلى شدة عملية التركيب الضوئي بفعل الجراثيم الزرقاء التي تتصف بقدرتها على تحمل درجات عالية من القلوية [Lee, 2008, Stevenson, 2014, Stewart. and Terry, 2003], إذ إن قلوية الماء $pH= 8-9.5$ تكوّن الشروط الفضلى لنمو الجراثيم الزرقاء، إذ تزيد شدة التركيب الضوئي قيمة pH، ويصبح الكربون عاملاً محدداً، لأن مقدرة الجراثيم الزرقاء على تثبيت CO_2 أعلى ثمانين مرة من الطحالب الخضراء ونموها أسرع على نحو أوضح [Kawecka and Elorant 1994].

كما لوحظ فقر مياه البحيرة بالأوكسجين الذائب رغم التيارات الهوائية وتحريك المياه وعلى نحو خاص في فترة الخريف، بسبب ازدهار الجراثيم الزرقاء وتشكيلها لطبقة سميكة تغطي سطح البحيرة مما ينجم عنه موت الأسماك والأحياء المائية الأخرى، حيث بلغت قيمة الأوكسجين الذائب 1.9 ملغ/ل في شهر تشرين الأول.



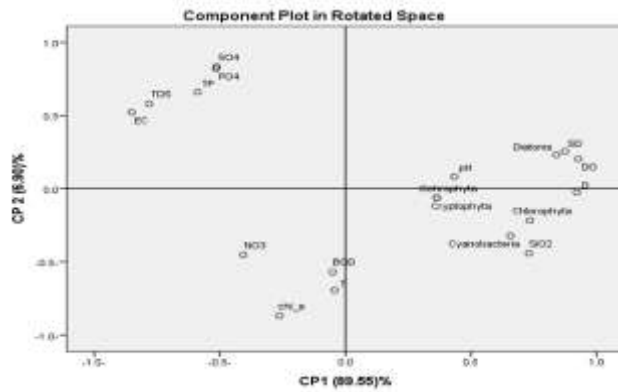
الشكل (7). تغير متوسط قيم معايير EC وTDS وT وتركيز شوارد SO_4^{-2} وشوارد PO_4^{-3} .

وسجلت أعلى قيمة لدرجة الحرارة 24°C م في شهر تموز، بينما أعلى قيمة للناقلية الكهربائية $727 \mu\text{S/cm}$ وإجمالي المواد الصلبة TDS 413 ملغ/ل في شهر كانون الأول، أما أعلى قيمة لتركيز شوارد الفوسفات SO_4^{2-} فهي 98 ملغ/ل في شهر كانون الأول، وكذلك أعلى تركيز لشوارد SO_4^{2-} فهي 140 ملغ/ل. والمصدر الرئيس لشوارد الفوسفات والكبريتات هو معمل الأسمدة الفوسفاتية.

نتائج الدراسة الإحصائية:

تم توصيف المتغيرات المدروسة من حيث القيمة العليا والدنيا والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري. كما تم تحديد معامل الارتباط بيرسون (Pearson's correlation) ($p < 0.05$) لقياس قوة الارتباط ومعنويته للمتغيرات المدروسة. حيث تبين وجود علاقة ارتباط معنوي إيجابية بين دالة الهيدروجين والطحالب الخضراء والغنى النوعي حسب مارغاليف d، وبين الناقلية الكهربائية وإجمالي الفوسفات، كما وجد ارتباط معنوي سلبى قوي بين كل من الناقلية الكهربائية وإجمالي المواد الصلبة من جهة، والمشطورات والطحالب الخضراء والجراثيم الزرقاء، كما توجد علاقة ارتباط معنوية إيجابية بين كل من الأكسجين الذائب والمشطورات والطحالب الخضراء والغنى النوعي d، وعلاقة ارتباط سلبية بين شوارد الكبريتات والجراثيم الزرقاء. ولتحقيق فهم أفضل لطريقة ارتباط المتغيرات المدروسة مع بعضها تم إجراء تحليل العنصر الرئيس أو تحليل المركبات الرئيسية (Principal component analysis (PCA) يستعمل هذا التحليل عندما يكون عدد المتغيرات (المرتبطة) المدروسة كبيراً (ثلاثة على الأقل) حيث يلخص الارتباط بين هذه المتغيرات بوساطة توليد عدد أقل من المتغيرات (المستقلة) الجديدة والتي تسمى مكونات رئيسية يُرمز لها بـ PC1, PC2 وغالباً ما يستعمل مكونان فقط بحيث يتم اختيارهما حسب نسبة تفسيرهما من التباين الكلي للبيانات، وغالباً يؤخذ المكون الأول والثاني، فهما يفسران نسبة عالية من التباين الكلي، وتختلف هذه النسبة من

دراسة لأخرى، إن جودة تمثيل المتغيرات يتم توضيحها بيانياً، حيث تُمثّل فيها مواضع المتغيرات الأصلية للمكونات الرئيسية (المحاور الرئيسية)، حيث إنّ التمثيل يكون أفضل كلما كانت المتغيرات بعيدة عن المركز. ويوضح الشكل (8) نتائج التحليل الإحصائي PCA. يلاحظ من الشكل 5. أن كل من شوارد الكبريتات والفسفات وإجمالي الفوسفات والناقلية الكهربائية وإجمالي المواد الصلبة الذائبة متقاربة في مواقعها بالنسبة للمكونة الرئيسية الأولى (PC1) مما يعني وجود علاقة ارتباط قوية وطردية بينها، كما توجد علاقة ارتباط عكسية بينها وبين الجراثيم الزرقاء والمشطورات وعمق قرص سيكي (SD). ونلاحظ علاقة ارتباط قوية وطردية بين المشطورات وعمق قرص سيكي (SD). أما مجموعة الطحالب المستخفية وطحالب *Ochrophyta* فقد لوحظ عدم أهميتها بسبب قربها من محور PC1. وكذلك نلاحظ علاقة ارتباط طردية بين المشطورات والأكسجين الذائب، وعمق قرص سيكي (SD) وتركيز SiO_2 فهي تقع في الجهة نفسها وبنفس الاتجاه.



الشكل (8). تحليل المكون الرئيسي (PCA) للمتغيرات المدروسة في بحيرة قطينة.

المراجع References:

- المصري، محمد سعيد؛ وآخرون. 2004. تعيين النكليدات المشعة وبعض العناصر النزرة في المزروعات والتربة في المناطق المجاورة لمعمل الأسمدة الفسفورية بحمص. هيئة الطاقة الذرية سورية قسم الوقاية والأمان. SY0401227.
- بلوط، ديما؛ ريشة، بشار؛ يوسف، عبد اللطيف. 2006. بنية جريان المياه الجوفية الحرة العائدة لتوضعات البازلت المشقق في محيط بحيرة قطينة ودوره في نقل الملوثات. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _سلسلة العلوم الأساسية المجلد(28) العدد 1.
- يوسف، ضحى. 2009. نمذجة تلوث مياه نهر العاصي سورية باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية-سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد 1.
- Akcha, F.; Arzul, G.; Rousseau, S. and Bardouil, M. 2008.Comet assay in phytoplankton as biomarker of genotoxic effects of environmental pollution. Mar. Environ. Res. 66:59-61.
- APHA. 1985. Standard Methods for the examination of water and waste water,. 16 ed. USA: APHA. 1527p. American Public Health Association, Washington,D.C.
- APHA. 1995. Standard Methods for the examination of water and waste water, APHA,AWWA and WEF, 19'-Edition. American Public Health Association, Washington,D.C.
- KshirsagarAyodhya D, 2013. Use of Algae as a Bioindicator to Determine Water Quality of River Mula from Pune City,Maharashtra (India).Universal Journal of Environmental Research and Technology. Volume 3, Issue 1: 79-85. © 2013eISSN 2249 0256.
- Barber, H.G. and Haworth, E.Y. 1981., Guide to the Morphology of the Diatom Frustule Freshwater Biological Association, 112 pp.

- Bellinger, G.E and Siegee, D.C. 2010. Fresh water algae: identification and use as bioindicators. 1st Edition, John Wiley and Sons, Ltd. 271 pp.
- Bergström AK., 2010. The use of TN:TP and DIN:TP ratios as indicators for phytoplankton nutrient limitation in oligotrophic lakes affected by N deposition. *Aquatic Sciences*.72:277–281.
- Carlson RE.1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*.22(2): 361–369.
- Chellappa NT. 1990. Phytoplankton species composition, chlorophyll biomass and primary productivity of Jundiaí reservoir, Northeast, Brazil. before and after eutrophication. *ActaHydrobiol*. vol. 32, , p. 75-91.
- Chellappa NT, Câmara FRA, Rocha O. 2009., Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grandedo Norte, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*.69(2):241–251.
- Chellappa NT., Chellappa T., Lima AKA., Borba JLM., Souza PV. And Chellappa, S., 2006. Ecology of the freshwater phytoplankton assemblages from a tropical reservoir of northeastern Brazil. *International Journal of Lakes and Rivers*, vol. 1, no. 1, p. 61-73.
- Cood GA. 2005., Harmful cyanobacteria: from mass mortalities to management measures. *Aquatic Ecology*. 2005;3:1–23.
- Coste M., Bosca C. and Dauta A., 1991. Use of algae for monitoring rivers in France. In Whitton, BA., Rott, E. and Friedrich, G. (Eds.). *Use of algae for monitoring rivers*. Innsbruck: Institut für Botanik; Universität Innsbruck. p. 75,88.
- Findlay, D.L. and H. J. Kling. 1979. A species list and pictorial reference to the phytoplankton of central and northern Canada (in two parts). Western Region Fisheries and Marine Service Department of Fisheries and the Environment Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Fuller, L.M., and Jodoin, R.S., 2016, Estimation of a Trophic State Index for selected inland lakes in Michigan, 1999–2013: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report.5023, 16 p., <http://dx.doi.org/10.3133/sir20165023>.

- GökçeDidem 2016. Algae as an Indicator of Water Quality.Intech.Chapter 4. <http://dx.doi.org/10.5772/62916>.
- Hulbert SH. 1971.,The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters.Ecology. 1971;52:577–585.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomaceae). Heft: 10 a Pascher Die SusswasserFloraMitteleuropas, Gustav Fischer, Germany. 468 pp.
- Huszar, VLM. And Giani, A. 2004. Amostragemfitoplanctôni caemáguascontinentais: Reconhecimento de padrõesespaciaise temporais. In Bicudo, CEM.And Bicudo, DC.(Orgs.).Amostragemem Limnologia. São Carlos: Ed. Rima. p. 133-147, cap. 8.
- KaweckaB., ElorantaP. V.1994. The outline of algae ecology infreshwater and terrestrial environments,WarsawPWN Scientific Publishers(pg. 1-252) (in Polish).
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. 1991a.Süßwasserfloravon Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/3, 3.Teil: Centrales, Fragillariaceae, Eunoticeae, Stuttgart:Gustav Fischer Verlag. 1-576.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. 1991b.Süßwasserfloravon Mitteleuropa.Bacillariophyceae, Band 2/4, 4.Teil: Achnanthaceae, Kritische ErgänzungenzuNavicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. Stuttgart: Gustav FischerVerlag. 1-436.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. 1999a. Süßwasserfloravon Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/1, 1.Teil: Naviculaceae, Berlin: Spectrum AcademicherVerlag. 1-876.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. 1999b.Süßwasserfloravon Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/2, 2.Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae,Berlin: Spectrum AcademicherVerlag. 1-610.
- Lee, Robert Edward. 2008. Phycology. Fourth edition.Colorado State University, USA.
- Lund, J. W. G., Kipling, C. &Lecren, E. D., 1958.The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting.Hydrobiologia 11: 143-170.
- Margalef R.1958.Information theory in ecology. General Systems.3:36–71.

- McNaughton S.J.1967. Relationships among functional properties of Californian grassland. *Nature*.216:168–169.
- Menhinick EF.1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*. 1964;45(4):859–861.
- Palmer, C.M. and Adams, S. 1977 *Algae and water pollution*. Off ice of Research and Development Ohio.
- Patrick, R.C. and W. Reimer. 1966. *The diatoms of the United States, Volume I*. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, USA.688 pp.
- Patrick, R.C. and W. Reimer. 1975. *The diatoms of the United States, Volume 11*. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 213 pp.
- Prescott, G. W. 1970. *How to Know The Freshwater Algae*. Wm. C. Brown Co; Second Edition edition (1970-01-01) (1656)
- Prescott, G.W. 1973. *Algae of the western Great Lakes area*. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.976 pp.
- Prygiel, J., 1991. Use of benthic diatoms in surveillance of the Artois-Picardie basin hydrobiological quality. In B.A. Whitton, E. Rott& G. Friedrich (eds), *Use of algae for monitoring rivers*, Düsseldorf, E. Rott, Innsbruck: 89–96.
- Reynolds CS. 1984. *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press. 384 p.
- Reynolds, C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Pres, Cambridge, 535 pp.
- Richard, F.A. and T.G. Thomson. 1952. The estimation and characterization of phytoplankton population by pigments analyses 11. A spectrofotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.* 11: 156- 172.
- Round, F.E., 1971. The growth and succession of algal populations in freshwaters. *Mitt.int. Verein. theor, angew. LimnoL*, 19: 70-99.
- Round, F.E., R.M. Crawford, and D.G. Mann. 1990. *The diatoms. biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747 pp.

- Schoeman, FR. and Haworth, EY., 1986. Diatom as indicator of pollution. In Proceedings of the 8 International Diatom Symposium. Koenigstein: Koeltz Scientific Books. p. 757-766
- Shannon, CE. and Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication. Illinois: Urbana; University of Illinois Press. 125p.
- Sigeo C, D. 2005., Freshwater Microbiology, Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment. University of Manchester, UK. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. 524p.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- [48]. Smith, G. M. 1950. Freshwater algae of the united states, 2nd ed. McGraw-hill, new york, 719p.
- Stevenson, J. 2014. Ecological assessments with algae: a review and synthesis. *Journal of Phycology* 50(3):437-461.
- Stewart B. A. and Terry A. Howell. 2003. Encyclopedia of Water Science. Copyright © 2003 by Marcel Dekker, Inc. New York . Basel.
- Wehr, JD. and Sheath, RG., 2003. Freshwater algae of North-America: ecology and classification. London: Academic Press. 918p.
- Youngman R.E. (1978). Measurement of chlorophyll-a. Water Research Centerm Tech. Rep. TR-82, July, United Kingdom.