أقلمة دياتومات المياه العذبة العصوية *Navicula sp.* للمعيشة في المياه المالحة

Acclimatization of freshwater bacillus diatomas *Navicula* sp. for living in salty waters

احـــمد ابراهيم جـــاسم احـــمدعيدان الحســـيني
وزارةالعلوم والتكنولوجيا
Ahmed Ibrahim Jessim **Ahmed Edan AL- Hussainy**
Ministry of Sciences and Technology

المستخلص:

تاقلمت الدياتومات العصوية *Navicula* sp. المعزولة من البيئة المائية العذبة لنهر دجلة بصورة تدريجية للنمو في البيئة المالحة وبوسط قاعدي pH = 9 وأظهرت الدياتومات العصوية قابلية جيدة جدا على التاقلم للعيش في بيئات مائية متدرجة الملوحة تبدا من التركيز 0.5 - 5 جزء بالألف من عينات مياه جوفية تحتوي على نتروجين كلي بتراكيز بلغت 2.25، 1.07، 0.952، 9.005، 0.53 جزء بالمليون على التوالي و فسفور كلي بالتراكيز 1.58، 1.61، 1.75، 0.565 و0.785 جزء بالمليون مستهلكة من النتروجين والفسفور الكلي TN : TP بنسبة 1:16 كما في النتائج التالية 0.01، 0.02، 0.05، 1.005، 0.01 جزء بالمليون للنتروجين الكلي و 1.439، 1.327، 1.68، 0.065، 0.755 جزء بالمليون للفسفور الكلي. باستخدام اقل اختبار معنوي (LSD)هناك فروق معنوية عندما تكون P > 0.05 بالنسبة لزيادة اعداد خلايا الدايتومات المؤقلمة في مياه جوفية بتراكيز ملحية تدريجيا كذلك بالنسبة لخفض تراكيز النتروجين الكلي قبل وبعد اجراء التجربة ، وظهر فرق معنوي واحد بالنسبة للفسفور لنموذج المياه الجوفية رقم (4) وبتركيز 0.565 جزء بالمليون قبل التجربة حيث انخفض الى 0.065 جزء بالمليون بعد التجربة .

الكلمات المفتاحية: دياتومات ، مياه عذبة ، مياه مالحة ، *Navicula* sp.

Abstract

Bacillus diatoms. *Navicula* sp. were isolated from fresh water (Tigris River) and were acclimated progressively to grow in salty environment with alkaline media pH = 9. Bacillus diatoms Showed very good ability to acclimate for living in gradient salty water starting from 0.5 - 5 ppt. of samples of underground water containing Total Nitrogen 2.25, 1.07, 0.952, 9.005, 0.53 ppm, respectively, and Total Phosphorus 1.58, 1.61, 1.75, 0.565, and 0.785 ppm. consumed of TN: TP in ratio16:1 as in the following results 0.01, 0.02, 0.05, 1.005,0.01 ppm. for TN and 1.439, 1.327, 1.68, 0.065, 0.755 ppm. for TP. by using Least significant difference-LSD test, results showed significant differences for decreasing cells when the value of P <0.05 for increasing of adapted cells in ground water with gradually salty concentrations also for reducing TN before and after experiment, also a significant difference for reducing P in sample (4) of ground water in concentration 0.565 ppm before experiment which reduced to 0.065 ppm after experiment.

Key words: Diatoms, fresh water, salty water, *Nvicula* sp.

المقدمة

دياتومات Diatoms الى عائلة الطحالب العصوية Bacillariophyceae ، وهي طحالب أحادية الخلية ثابتة تتميز بلون بني مصفر، وكما انها تحتوي على عدد من البلاستيدات الخضراء القرصية الحاوية على الكلوروفيل أ،ج 1،ج2، كما ويتغلب وجود صبغات الفوكوزانثين المساعدة على صبغة الكلوروفيل، و جدرانها الخلوية مزودة ببروزين من مادة البكتين تكون ملتفة على انصافها وجدرانها الخلوية تكون خصبة بالسليكا، و الدياتومات تكون من ضمن الهائمـــات النباتية فـــي المـــياه البـحرية والعذبة و تتميز الى رتبتين كبيرتين رتبة الدياتومات القرصـــية Centric Biddulphiales و رتبة الدياتومات الريشية Bacillariales Pinnate [1]. وتضم أكثر من 10000 نوع معروف في كلا البيئتين المائية (العذبة والمويلحة والمالحة) واليابسة، كما و تشتهر بالتعقيد والجدران ذات الاشكال الهندسية كالمصاريع و الاحزمة الرابطة [2]. وتتواجد في ترسبات قعر الأنهار والبحيرات كما وتعتبر زيادة الاملاح العامل الايجابي في زيادة أفرادها [3] وتتميز بصغر احجام افرادها ودقتها, وهي حقيقية النواة وكذلك تظهر في مجاميع الطحالب المســـــــوطة [4]. وتلعب مادة السليكا دورا مهما في حياة الدايتومات كونها من المغذيات النزرة لها كما وانها وتمثل السيليكا حيويا وتقوم بتثبيت الكربون في البيئة المائية [5]. اضافة الى ما تقدم فهي ذاتية التغذية معتمدة على ظاهرة التركيب الضوئي الطبيعية [6]. تعتبر الدايتومات المؤشر المهم على تملح الاراضي الرطبة [7] . متدرجة في معيشتها من بيئة المياه العذبة الى المالحة لذلك تكن هي انجح المجاميع الحية التي لها القابلية على التاقلم للمعيشة في بيئات مختلفة في حال توفر الظروف البيئية الملائمة منها العناصر الغذائية الكبرى و الصغرى [8]. كما أنها المفتاح المهم لصحة الاجسام المائية حيث ان وفرة الدياتومات تؤشر تلوث المياه مع تنوعها في مجتمع الطحالب [9, 10]. لقد احتلت الدياتومات جزءا مهما من مجموع احياء المياه المالحة، وهناك القليل مما عرف عن تأثيرات الملوحة الفسيولوجية وتركيز أيونات المركبات على الدياتومات في المسطحات المائية المالحة، و تكون هذه المعلومات أساسية في فهم الصفة الهيكلية لمجتمع الدياتومات في البيئات المالحة والتي بدورها تثير الاهتمام في مسالة التغيرات في الانظمة البيئية المائية المالحة في المناطق اليابسة و الرطبة، و يرتبط توزيعها بصورة واسعة مع الملوحة وآيونات المركبات السالبة، ان نفاذ الأملاح للدياتومات فسيولوجيا يتم بصورة مباشرة عن طريق بذل جهد أزموزي الا انها تؤثر في تركيب النوع مباشرة من خلال التداخل مع عوامل الأخرى

كالملوحة وآيونات المركبات المؤثرة على ديناميكة المغذيات في الانظمة البيئية المالحة في حالة توفر المغذيات ومتطلبات التغذية وكيف يتم الاستفادة منها [11]. تهدف هذه الدراسة الى الوصول الى عزلات متحملة للملوحة وعلى مراحل والتي تفتح افقا جديدا في مجال الدراسات البيئية و صحة الاجسام المائية.

المواد و طرائق العمل

في الثالث من شهر مارس (آذار) 2012 سحبت خمس نماذج مياه جوفية مختلفة التراكيز الملحية من أعماق تراوحت من 1 – 11 متر عن طريق مضخة مزودة بمحرك ميكانيكي يعمل بالديزل من منطقة الرضوانية التي تقع جنوب غرب بغداد وتبعد عن مركز المدينة 21 كم تقريبا، وهي تتميز بكثرة الاراضي المالحة (السبخة والشورة). وبمسافات متباعدة من بئر لآخر تتراوح بين اثنان الى ثلاثة كيلو مترات. جمعت عينة واحدة من جذور قصب مغمور بواقع 500غرام من حافة النهر و 500 مل من ماء نهر دجلة على عمق 30 سم بصورة منفصلة بالقرب من مرسى الخضيري في منطقة الجادرية في بغداد. قطعت جذور القصب المغمورة الى قطع صغيرة جدا في بيكر حجم واحد لتر واضيف اليها حجم مناسب من الماء المقطر المعقم وحركت بواسطة المحرك المغناطيسي ولمدة نصف ساعة بسرعة 250 دورة \ دقيقة، أضيف من نموذج القصب المقطع و مياه نهر دجلة كلا على حدة الى الوسط الزرعي Chu-10 [12] في اربع بيكرات مفتوحة. وضعت النماذج في حاضنة مخصصة لتنمية الطحالب بدرجة حرارة 22-25 م و شدة اضاءة 200 مايكرو اينشتاين /م^2 /ثا. بعد سبعة أيام حسب العدد الحيوي بطريقة الهيمو سايتومتير [13]. في اليوم الثامن اخذ من المزرعة السائلة عشرة مل و زرعت على اطباق تخصصية لتنقية العزلة الدياتومية في ظروف معقمة وحضنت في حاضنة ضوئية بنفس الظروف اعلاه. في اليوم الثامن اخذت مسحات من المزارع الدياتومية من الاطباق المزروعة بالدياتومات وشخصت بالمجهر الضوئي تحت قوة X 40. و زرعت في الوسط الزرعي Chu- 10 السائل والخاص بالطحالب في مزارع بحجم 50 مل و حضنت في حاضنة بالظروف المذكورة اعلاه. اعيدت التنقية مرات عديدة بواسطة الاطباق الزرعية والمزارع السائلة بالتناوب ولعشر مرات حتى تم الوصول الى مزارع دايتومية نقية خالية من الطحالب الخضراء و الخضراء المزرقة. حضرت اوساط زرعية صلبة مذابة بمياه جوفية مختلفة التراكيز الملحية من 0.5 جزء بالألف الى خمسة جزء بالألف وعدل الوسط الى pH = 9 ومن ثم زرعت فيها عزلات نقية لغرض التلائم مع الوسط الجديد, اخذ خمسة مل من المزرعة بتركيز 0.5 جزء بالألف بعد مرور سبعة ايام و من ثم زرع في وسط بتركيز 1.5 جزء بالألف وصولا الى وسط بتركيز ملحي قدره 5 جزء بالألف. في اليوم السابع أعدت مزرعة سائلة حيث بلغ عدد الدياتومات الحيوي فيها 325×10 ^{3}خلية \ لتر وزرعت في المياه الجوفية مختلفة التراكيز الملحية . تم تدعيم المياه المالحة بالوسط الزرعي السائل Chu 10 لتوفير المغذيات النزرة للدياتومات مع المحافظة على التراكيز الملحية من دون ان تتغير. عقمت نماذج المياه الجوفية بالتراكيز الملحية 3.8, 4.2, 5, 3.5 و 4.1 جزء بالألف في الموصدة بدرجة حرارة 121 مْ و بضغط 1.5 بار لمدة 15 دقيقة. قيست الدالة الهيدروجينية pH و التراكيز الملحية للمياه المالحة قبل اجراء التجربة. كما قيست تراكيز النتروجين الكلية والفسفور الكلية TP:TN قبل و بعد التجربة بطريقة [14; 15]. استعمل البرنامج الإحصائي Statistical Analysis System - SAS (2010) لدراسة تأثير العوامل المختلفة في الصفات المدروسة، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي اختبار (Least significant difference-LSD test) [16].

النتائج و المناقشة

احتوى نموذج جذور القصب المغمور والمقطع على خليط من الدياتومات *Navicula sp.* التي تعود الى رتبة الطحالب الريشية Pinnales و *Cyclotella* sp. التي تعود الى رتبة الدياتومات القرصية Centrales اضافة الى انواع الطحالب الاخرى الخضراء و الخضراء المزرقة التي كانت ملتصقة على جذور القصب المغمور، انتخبت الدياتومات العصوية *Navicula* sp. وذلك لتسيدها على الدياتومات القرصية بأعداد مرتفعة وبفارق كبير جدا خلال فترة الدراسة مقارنة بالدياتومات القرصية, أظهرت الدياتومات العصوية *Navicula* sp. النقية100% قابلية جيدة في التأقلم على التراكيز الملحية تدريجيا من 0.5 – 5 جزء وصولا الى عزلة قابلة للنمو في بيئة مائية مالحة بتركيز 5 جزء بالالف و بمحيط قاعدي pH = 9، باستخدام التحليل الاحصائي (اختبار أقل فرق معنوي LSD) ظهر ان هناك فروقا معنوية للخلايا المستزرعة في مياه بتراكيز ملحية مختلفة بدءا من 0.5-5 جزء بالمليون ولكل التراكيز عندما تكون قيمة P < 0.05 كما في جدول (1).

جدول(1): اعداد خلايا الدياتومات المؤقلمة في مياه جوفية مالحة بتراكيز مختلفة خلال 20 يوما

الأيام	التراكيز الملحية (0.5-5) جزء بالألف										قيمة LSD
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	
	اعداد خلايا الدايتومات × 10 ^{3} خلية / لتر										
1	5	6	6	5	6	6	5	6	5	6	NS 3.78
2	25	26	26	27	27	28	27	25	26	24	NS 5.02
3	57	57	55	56	57	57	58	57	58	56	NS 4.89
4	112	114	110	110	114	116	116	114	116	114	NS 8.43
5	232	234	230	235	234	235	236	235	236	234	NS 7.18
6	300	302	299	300	302	298	297	299	298	297	NS 10.6
7	320	321	320	325	320	322	325	324	324	322	NS 8.55
8	319	318	316	320	319	320	320	319	319	320	NS 8.92
9	318	319	317	318	317	318	319	317	317	318	NS 7.69
10	317	316	309	311	310	310	310	305	310	310	NS 8.43
11	315	314	313	314	316	317	316	317	316	315	NS 10.7
12	310	311	312	310	311	309	310	311	309	308	NS 9.4
13	305	306	304	307	305	306	304	305	307	305	NS 8.56
14	307	308	306	308	307	305	308	306	308	306	NS 10.3
15	308	309	307	309	308	309	307	308	309	308	NS 8.02
16	299	300	300	298	300	297	297	296	295	294	NS 10.5
17	295	294	296	294	295	295	296	295	294	295	NS 8.75
18	290	289	290	288	289	290	287	288	287	286	NS 10.7

NS 8.08	294	296	295	296	296	297	295	296	295	294	19
NS 8.36	285	287	282	283	284	286	285	284	282	285	20
---	36.29 *	* 38.10	* 36.89	* 35.78	* 36.01	* 36.84	* 37.46	* 36.11	* 36.09	34.76 *	قيمةLSD

* (P<0.05).

تميزت الدياتومات النامية خلال فترة ال 20 يوما بدأ من اليوم الاول الى اليوم العشرين بصورة متساوية تقريبا في اعداد الخلايا في اللتر الواحد وكانت الفروقات طفيفية في الفروق العدد اثناء العد بزيادة فردين او ثلاثة او نقصان فردين اوثلاثة. حيث ابدت تجاوبا عاليا في استزراعها في مياه جوفية مالحة مسحوبة من مناطق زراعية وهذا يعطي دعما لنموها من خلال توفر المغذيات الكبرى الذائبة كالفسفور والنتروجين المتسربة الى المياه الجوفية من خلال الفعاليات الزراعية في تلك المناطق مع تدعيمها بالوسط الزرعي السائل Chu 10 لغرض تعويض المغذيات الصغرى. وسبب هذا الاختيار من خلال ملاحظة وجود الطحالب العصوية في مياه مختلفة التراكيز الملحية وتواجد الدايتومات العصوية في المياه مختلفة التراكيز الملحية بدأ من العذبة وصولا الى المالحة وان احد اسباب التملح هو وجود المواد الكيميائية الزراعية التي تزيد من تملح الاراضي الزراعية في حال شحة المياه، علاوة على ذلك تسربها الى المياه الجوفية من خلال الترشح عبر طبقات التربة السطحية وصولا اليها.

تم اجراء أختبار تاثير الدياتومات المستزرعة في مياه جوفية مالحة من المزرعة الاخيرة بتركيز خمسة جزء بالألف على النتروجين والفسفور لكل نماذج المياه الجوفية المالحة فكانت النتائج المستحصلة من هذه التجربة بان الدياتومات قد تميزت بأستهلاكها للنتروجين الكلي اكثر من استهلاكها للفسفور الكلي حيث كان محدودا وبنسبة استهلاك للنتروجين الكلي TN الى الفسفور الكلي TP 16: 1، و باستخدام اختبار (LSD) اظهرت النتائج وجود فروق معنوية بالنسبة للنتائج قبل و بعد التجربة للنتروجين الكلي، عدا الفسفور حيث لم تظهر النتائج سوى فرق معنوي واحد لنموذج المياه الجوفية رقم اربعة عندما تكون قيمة P> 0.05 كما في جدول (2).

جدول (2): تراكيز النتروجين الكلي و الفسفور الكلي جزء بالمليون قبل و بعد اجراء التجربة بمزرعة منماة في مياه تركيز 5 جزء بالالف

قيمة LSD	الفسفور الكلي TP		قيمة LSD	النتروجين الكلي TN		نماذج مياه جوفية
	بعد التجربة	قبل التجربة		بعد التجربة	قبل التجربة	
NS 0.316	1.439	1.58	* 0.612	0.01	2.25	1
NS 0.529	1.327	1.61	* 0.439	0.02	1.07	2
NS 0.422	1.680	1.75	* 0.571	0.05	0.952	3
* 0.317	0.065	0.565	* 2.367	1.005	9.005	4
NS 0.288	0.755	0.785	* 0.205	0.01	0.530	5
---	* 0.502	* 0.488	---	* 0.341	* 0.416	قيمة LSD

* (P<0.05).

تتنوع بيئة الدياتومات بين المالحة و المويلحة و العذبة [1]. فهي تتدرج في تلائمها من البيئة العذبة الى البيئة المالحة, ووجد مختبريا نجاح الدياتومات في معيشتها في البيئة المائية بزيادة الملوحة تدريجيا بعد اخذها من البيئة المائية العذبة و تنميتها في بيئة مالحة تدريجيا من 0.5- 5 جـــزء بالألـــــف. الجنـس *Navicula* sp. من الدياتومات العصوية الريشية Pennales المتسيدة على الدياتومات القرصية Centrales في مجتمع الدياتومات المياه العذبة الملتصقة [17; 18]. حيث ان الطحالب الدياتومية تستجيب بصورة جيدة جدا لتملح وسط معيشتها مع تثبيت القاعدية على pH = 9 في حالة مضاعفة تركيز الاملاح فيها، لذلك تكون الدياتومات دلائل صحة الاجسام المائية كالجداول والاجسام المائية و كما وتتاثر بزيادة تراكيز المركبات و المواد المسببة للتملح او زيادة تراكيز الاملاح فيها علاوة على تا ثير زيادة ايونات الصوديوم Na^+ و الكـــــــلور Cl^- [9]. ان نتائج تحليلات المغذيات قبل وبعد المعالجة اظهرت خفضا للنتروجين والفسفور N :P بنسبة 1:16 وهو السلوك ذاته الذي تسلكه الدياتومات في مياه البحار [20,19]. مع وجود مواد اخرى ذائبة كالسيليكا و الكربون وهي مهمة لنمو الدياتومات وذلك لحاجتها الى وجود النترات و الفسفور بوجود المغذيات الصغرى كونها تحتوي على بلاستيدة خضراء قرصية [1]. اتاح الوسط القاعدي للدياتومات النمو و النجاح في بقائها رغم مضاعفة التراكيز الملحية وهذا السلوك يشابه سلوك مثيلاتها في البحيرات ذات الدالة الهدروجينية المرتفعة والمالحة في شـــــرق افريقيـــــــــا حيث توفر البيئة المثالية لها [21]. ويكمن في ذلك سبب نجاح الدياتومات في المعيشة والانتشار بشكل كبير في كل المسطحات المائية المالحة مع توفر المغذيات النزرة لها. كذلك تؤثر الزيادة في الكربون, النتروجين و الفسفور تأثيرا اجابيا على مجتمع الدياتومات المتعرض للزيادة في تراكيز هذه المغذيات [22]. ان زيادة تراكيز الاملاح تعطي دعما لنمو الدياتومات كعامل مساعد مهم معزز لتوازن العناصر اللازمة من اجل نمو الدياتومات[8]. الاخذ بنظر الاعتبار الزيادة العددية للدياتومات لأنها وفي حالة تسيدها على بقية الانواع فذلك يعني ارتفاع تراكيز الملوثات التي ترفع من قيمة الدالة الهدروجينية اضافة الى الزيادة في تراكيز الاملاح [9].

المصادر

1. Reynolds, C. S. (2006).The Ecology of Phytoplankton. Page 9-10.Cambridge University Press.
2. Mann, D.G. and Marchant, H. (1989). The origins of the diatom and its life cycle. In J. C. Green, B. S. C. Leadbeater & W. L. Diver (eds.) The chromophyte algae: problems and perspectives. (Systematics Association Special Volume 38): 305–321. Clarendon Press, Oxford.
3. Pyle, L., Cooper, R. S., and Huvane, J. k. (1998). Diatoms Paleoecology Passkey core37, Everglades National Park, Florida bay. Open-File Report 98 522.USGS. Science fora changing world.
4. Vanormelingen, P., Verleyen, E., and Vyverman, W. (2008). The Diversity and Distribution of Diatoms: from Cosmopolitanism to Narrow Endemism. Biodiversity Conservation. 17: 393-405. DOI. 10. 1007/s10531-007-9257-4
5. Martin-Jézéquel, V., Hildebrand, M., and Brzezinski, M. A. (2000). Silicon Metabolism in Diatoms: Implicationfor Growth. Journal of Phycology. 36: 821-840.

6. Du Preez, R. P. and Campbell, E. E. (1996). The Photophysiology of Surf Diatoms – a Review. Revista Chilenade Historia Natural. 69: 545-551.

7. Tibby, J., Gell, P. A., Fluin, J. and Sluiter, I. R. K. (2007). Diatom Salinity Relationships in Wetlands: Assessing the Influence of Salinity Variability on the Development of Inference Models. Origins of the Diatom and its Lifecycle. Hydrobiologia. 59: 207-218. DOI 1.1007/s10750-007-0803-6.

8. Kooistra,W. H. C. F., Gersonde, R., Medlin, L. Mann, D. G. (2000). The origin and evaluation of the diatoms: Their adaptation to a planktonic existence. Chapter 11. Page 207. in Graham, L.E. & Wilcox, L.W. (2000). Algae. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ 07458. ISBN 0-13-660333-5.

9. Cohen, N. (2010). The Effect of Increased Salinity on Diversity Andabundance of Diatoms. Page 1-5.PhD thesis Pennsylvania State University.

10. نصار، محمد زين العابدين وشمس الدين، نهال جلال. (2006) الديناميكية الفصلية لعشيرة الهائمات النباتية في البحيرات المرة و بحيرة التمساح. المجلة المصرية لأبحاث المياه. المجلد 32 الفصل الاول 219- 224.

11. Saros, J. E. and Fritz, S. C. (2000). Changes in Growth Rates of Lake Diatoms in Response to Variation in Salinity, Brine Type and Nitrogen Form. Journal of Plankton Research l: 22No .6 pp. 1071-1083.

12. Chu, S. P. (1942). The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. Part I. Methods and culture media. Journal of Ecology. 30: 284-325.

13. Hansen, P.J. (2000). Use of a hemocytometer. Department of animal science University of Florida. pp10-5.

14. Murphy, J. and Riley J. p. (1962). A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. AnalyticaChimicaActa. 27:31-36.

15. Eisenreich, S. J., Bannerman R. T., and Armstrong, D. E. (1975). A Simplified Phosphorous Analytical Technique. Environmental Letters. 9: 45-53.

16. SAS, (2010). SAS/ STAT Users Guide for Personal Computers Release 9.1 SAS . Institute Inc. Cary and N.C ,USA.

17. Merican, F., W A, W. A., W O, W. M. and Mashhor, M. (2006). A Note on the Fresh Water Algae of Gunungstong, KelantanMalaysia.JurnalBiosains. 17:1.65–76.

18. Leelahakriengkrai, P., Pruetiworanan, S. and Peerapornpisal, Y. (2009). Diversity of Benthic Diatoms and Macroalgae and Water Quality in the Mekong River Passing Chiang Rai Province, Thailand.KKU Science Journa. l37 (Supplemen) 143-152.

19. Jessim, A. I. (2009). Investigation of Dinoflagellate Population andOkadic acid Detection in a Coastal Lake (Middle Tyrrhenian Sea). Ph. D. Thesis. University of Roma Tor Vergata.

20. Redfield, A. C., Ketchumand, B. H. and Richards, F. A. (1963). The Influenceof Organisms on the Composition of Seawater. In Hill, M. N.(ed.), The Sea, Vol. 2. Interscience Publishers, New York. 26–77.

21. Hecky, R. E. and Kilham, P. (1973). Diatoms in Alkaline, Saline Lakes: Ecology and Geochemical Implications. Journalof Limnologyand Oceanography.18: 1.

22. Niederhause, P. and Schanz, F. (1993). Effects of Nutrient (N, P, C) Enrichment Upon the Littoral Diatom Community of an Oligotrophic High-mountain lake. Hydrobiologia. 269/270 : 453-462.