مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

دراسة تغيرات غزارة المشطورات وكمية السيليكات المستهلكة ضمن تجارب التغذية

الدكتورة فيروز درويش*

(تاريخ الإيداع 24 / 10 / 2013. قبل للنشر في 16 / 12 / 2013)

□ ملخّص □

يصف هذا البحث مدى قدرة الجماعات الطبيعية للمشطورات على استهلاك السيليكات من الوسط وتغيرات محتوى خلاياها من السيليكات تحت محاكاة نسب Si:N الطبيعية من الربيع وحتى الصيف في الأعوام 2010 و 2011. لذلك تم جمع جماعات طبيعية للعوالق النباتية من محطتين بحريتين مختلفتين بخصائصها البيئية، في تجارب ميزوكوزمية لدراسة قدرة المشطورات على استهلاك السيليكات من الوسط تحت نسب Si:N مختلفة (Si:N=0.3, 7). اختلف استهلاك السيليكات من قبل المشطورات بإختلاف التجارب والقوارير وبإختلاف المحطات المدروسة أيضاً. كانت المشطورات قادرة بشكل عام على استهلاك السيليكات حتى نضوبه من وسط الزرع حتى بعد نفاذ تراكيز النترات والفوسفات على عكس ما يحدث في الوسط الطبيعي. كان محتوى خلايا المشطورات من السيليكات مرتفعاً في الأوساط التي تم اغناؤها بالسيليكات بالمقارنة مع الأوساط الفقيرة بتراكيز السيليكات.

الكلمات المفتاحية: المشطورات، النسبة Si:N، تجارب التغذية، السيليكات المنحلة.

*مدرسة – قسم البيولوجيا البحرية – المعهد العالي للبحوث البحرية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

A Study of Diatom Abundance Changes and Silicate Uptake Using an Enrichment Experiment

Dr. Feirouz Darwich*

(Received 24 / 10 / 2013. Accepted 16 / 12 /2013)

□ ABSTRACT □

This study describes the potency of natural groups of diatoms to consume the silicate concentrations from media, and the changes in the cell content of silicate under different Si:N ratios. Using unfiltered seawater, the experiments were carried out at two stations in the northern part of Lattakia coastal water during March, June, and October 2010 and January and August 2011. In general, diatoms were able to consume all the available silica in the cultivated media even after nitrate and phosphate depletion at the end of the experiment, unlike what happens in natural environments. Silicate is incorporated into diatom frustules, this leads to an increase in the cell content of silicate under high Si:N ratios.

Keywords: diatoms, Si:N ratio, enrichment experiment, eutrophication, silicate

***Assistant Professor, Department of Marine Biology, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria**

مقدمة:

تعد السيليكات ثاني أغزر عنصر في القشرة الأرضية (Clarke and Washington, 1924)، إلا إن تراكيزها تكون أكثر انخفاضاً في المياه البحرية (Berner and Berner, 1987). يثبت السيلكون ذو المنشأ الصخري (LSi) بشكل أكسيد السيلكون، والذي يتحول إلى شكله الحيوي من خلال عمليات التجوية الكيميائية (Berner and Berner, 1996).

تعد السيليكات المنحلة (DSi) عنصراً أساسياً لنمو المشطورات (Mayake, 1989; Epstein, 1999)، والذي تستخدمه من أجل تركيب هياكلها السيليسية (Simpson and Volcani, 1981)، حيث تصل التدفقات النهرية الغنية بتراكيز السيليكات المنحلة ما بين السيليكات ذات المنشأ الصخري والبحري، مساهمة بذلك في إغناء المناطق الشاطئية بتراكيز السيليكات (Tréguer *et al.*, 1995).

تختلف احتياجات المشطورات من السيليكات المنحلة باختلاف نموها البيئية وبحسب الظروف الفيزيولوجية السائدة، يزداد طلب المشطورات على السيليكات المنحلة في الأوساط التي تعاني من قلة الإضاءة والمغذيات، حيث تلجأ المشطورات إلى تشكيل الأبواغ في ظل تلك الشروط السيئة (Ishikawa and Furuya, 2004).

يحاط الدرع السيليسي عند المشطورات بغطاء حيوي يحمي خلاياها من التحلل (Lewin, 1961)، وبدون ذلك الغطاء الواقي يكون انحلال الدروع أسرع في الأوساط البحرية غير المشبعة بالسيليكات، والذي يحدث بفعل النشاط البكتيري (Bidle and Azam, 1999). يشكل تحلل الدروع السيليسية مصدراً إضافياً للسيليكات المنحلة في الطبقات المضاءة (Bidle and Azam, 2001; Bidle *et al.*, 2003)، ويعتبر هذا المصدر هاماً بالنسبة للمشطورات، وذلك لأن إعادة تدوير السيليكات (Si) في البحار تتم بمعدل أبطأ مما هو عليه لدى النتروجين (N) والفوسفور (P) (Officer and Ryther, 1980).

ونظراً للغزارة والإنتاجية المرتفعة التي تبديها المشطورات ومتطلباتها من السيليكات المنحلة، فإن المشطورات تلعب دوراً أساسياً في التحكم بدورة السيليكات البيولوجية الكيميائية العالمية في المحيطات (Tréguer *et al.*, 1995).

أهمية البحث وأهدافه:

يعتبر هذا النوع من التجارب جديدً كلياً في مياه البحر الأبيض المتوسط وفي المياه الشاطئية السورية المعرضة لتأثير النشاطات البشرية المختلفة. حيث تركز هذه الدراسة ولأول مرة على العلاقة ما بين تغيرات تراكيز السيليكات في الوسط و تغيرات محتوى خلايا المشطورات من السيليكات من خلال نمو المشطورات ضمن تجارب التغذية.

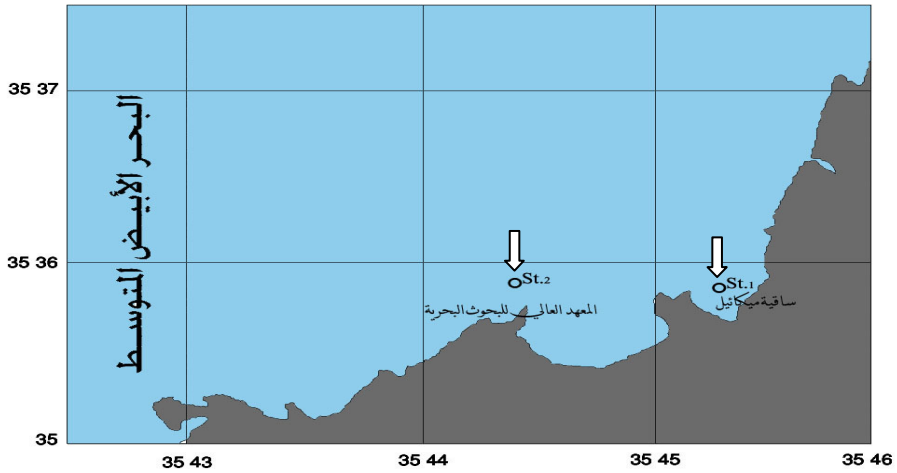
يمكن تلخيص أهداف البحث في النقاط التالية:

1- دراسة مدى قدرة المشطورات على استهلاك السيلكات في الأوساط ذات النسب Si:N المختلفة.

2- دراسة العلاقة ما بين تراكيز السيليكات المستهلكة من الوسط و محتوى خلايا المشطورات من السيليكات.

طرائق البحث ومواده:

تمت الدراسة خلال الأعوام 2010 و 2011 و أجريت على محطتين تقعان في شمال شاطئ مدينة اللاذقية في الخليج الصغير المفتوح على البحر والذي يمتد ما بين منطقة ابن هاني والشاطئ الأزرق (الشكل.1). تتميز المحطات المدروسة بخصائص بيئية مختلفة موضحة كما يلي:



الشكل(1) يبين المواقع المدروسة في شمال شاطئ مدينة اللاذقية

المحطة الأولى **ST_1:** اختيرت هذه المحطة في منطقة تجمع مراكب الصيد وعلى بعد حوالي 50م من الشاطئ، حيث يصب في تلك المنطقة ساقية ميكاييل و كذلك مجرور الصرف الصحي الذي يخدم القرى المجاورة.

المحطة الثانية ST_2: تقع على بعد حوالي 2كم من الشاطئ المقابل للمعهد العالي للبحوث البحرية. يتجاوز عمق العمود المائي 20م حيث أن الجسم المائي مفتوح مباشرة على البحر وبعيد نسبياً عن مصادر التلوث البرية.

تم جمع العينات المائية من كل محطة من عمق 0–1متر، والتي حفظت في براميل سعة 50 ليتر مباشرة على سطح المركب لكل محطة ليتم استخدام هذا الماء في المعهد للتجارب الضرورية المذكورة لاحقاً.

تحضير التجارب:

نفذت خمس طلعات بحرية خلال فترة الدراسة الممتدة بين آذار 2010 و آب2011 (الجدول. 1)، جمعت خلالها العينات المائية من المياه السطحية (0 – 1م) للمحطتين المدروستين، وحفظت مباشرة على سطح المركب ضمن عبوات من البولي إيتلين سعة 50 ل، استخدمت لاحقاً في المعهد العالي للبحوث البحرية لإجراء تجارب الإغناء بالمغذيات.

الجدول (1) تاريخ الطلعات البحرية المنفذة في المحطتين المدروستين خلال عامي 2010 و 2011

2010		2011	
الطلعة البحرية	التاريخ	الطلعة البحرية	التاريخ
الأولى	15/03/2010	الرابعة	19/01/2011
الثانية	02/06/2010	الخامسة	22/07/2011
الثالثة	14/10/2010		

تم توزيع ماء الأوساط في القوارير الثلاثة (حجم كل واحدة 5 ل) ومن ثم تم إضافة المغذيات (نترات وسيليكات) إلى القوارير بتراكيز مختلفة للحصول على النسب Si:N المرغوبة من أجل تحقيق أهداف هذه الدراسة. استخدمت المركبات التالية: KNO_3 (نترات البوتاسيوم) ، $NaSiF_6$ كمصدر أساسي للنترات والسيليكات على التوالي في تجارب التغذية.

تم قياس التراكيز الطبيعية للنترات (NO_3) و الفوسفات (PO_4) و السيليكات (SiO_4) في بداية كل تجربة (الجدول رقم 2) ومن ثم أضيفت المغذيات إلى القوارير الثلاثة للتوصل إلى النسب المطلوبة.

لقد تمّ الوصول إلى النسب Si:N المختلفة في القوارير الثلاثة كالتالي:

القارورة FL1 (C): قارورة مراقبة بدون إضافة مغذيات، نسب Si:N طبيعية.

القارورة FL2(Si:N=0.3): تم فيها إضافة النترات (NO_3) فقط حتى التوصل إلى النسبة Si:N المعادلة لـ 0.3 في الوسط.

القارورة FL3 (Si:N=7) : تم إضافة السيلكات (SiO_4) فقط حتى التوصل إلى النسبة 7.

تم استخدام تلك القوارير الثلاثة في كل طلعة بحرية من الطلعات الخمسة. لم تغير تراكيز الفوسفات الطبيعية في أوساط القوارير وبالتالي تم المحافظة على تركيزها الطبيعي في جميع التجارب.

بعد إضافة المغذيات إلى ماء القورارير تم حفظها في حجرة بدرجة حرارة 24 درجة مئوية وإضاءة متناوبة (إنارة : ظلام بنسبة 8:16 ساعة) وشدة ضوئية قدرها $34,7.\mu E.\ m^{-2}s^{-1}$. تم مزج مياه القوارير يومياً بحركات دائرية يدوية ناعمة. تم أخذ عينات دورية وبشكل منتظم من القوارير من أجل القياسات الخاصة بالعوالق النباتية (الغزارة) والمغذيات (NO_3, PO_4, SiO_4).

تم تحديد تراكيز السيليكات باستخدام طريقة Carlberg (1972) و Koroleff (1976)، وهي تعتمد على تشكيل حمض السيليكوموليبديك الأصفر عندما تعالج العينات المحمضة مع محلول الموليبدات، يمتص هذا المعقد عند طول موجة 810 نانومتر. حددت غزارة العوالق النباتية باستخدام طريقة Uetermoehl, 1958. يستخدم لتلك الطريقة صفيحة عد خاصة، تحتوي في منتصفها على حجرة ترسيب عمقها 3 ملم و قطرها 25 ملم، حيث يتم حساب الغزارة بالقانون التالي:

الغزارة (عدد الخلايا\لتر) = (عدد الخلايا الكلي* المساحة الكلية لحجرة الترسيب) \ (الحجم المرسب من العينة المائية *المساحة المعدودة من الحجرة)

الجدول. 2. القيم الحقلية لتراكيز المغذيات اللاعضوية ($\mu mol/l\ NO_3, PO_4, SiO_4$) في المحطتين المدروستين (a= ST1 ، b=ST2)

a. المحطة ST1

التاريخ	NO_3	PO4	SiO_4
2010\03\15	4.7	0.2	2.5
2010\06\02	1.9	0.01	0.06
2010\10\14	0.6	0.02	0.5
2011\01\19	7.1	0.5	6.1
2011\07\22	2.7	0.5	0.07

b. المحطة ST2

التاريخ	NO_3	PO4	SiO_4
2010\03\15	3.1	0.1	1.4
2010\06\02	1.2	0.01	0.04
2010\10\14	0.4	0.01	0.3
2011\01\19	6.2	0.3	4.1
2011\07\22	2.3	0.2	0.03

النتائج والمناقشة:

لقد اختلف استهلاك السيليكات من قبل المشطورات بإختلاف التجارب والقوارير وبإختلاف المحطات أيضاً، حيث تراوحت تراكيز السيليكات المتبقية في الوسط بعد انتهاء الحضن في التجارب خلال فترة الدراسة (15 يوماً) ما بين 0 – 1.3 ميكرومول/ل في المحطة ST_1 وما بين 0 – 10.2 ميكرومول/ل في المحطة ST_2 (الجدول. 3). حيث يمكن أن يعزى ذلك إلى أسباب مختلفة منها:

1. كانت المشطورات في الأوساط الغنية بتراكيز السيليكات منافساً أقوى للنترات والفوسفات من بقية مجموعات العوالق النباتية، حيث استهلكت المشطورات النترات والفوسفات بشكل سريع، وبالتالي توقف استهلاك تراكيز السيليكات بعد نضوب النترات والفوسفات من الوسط.

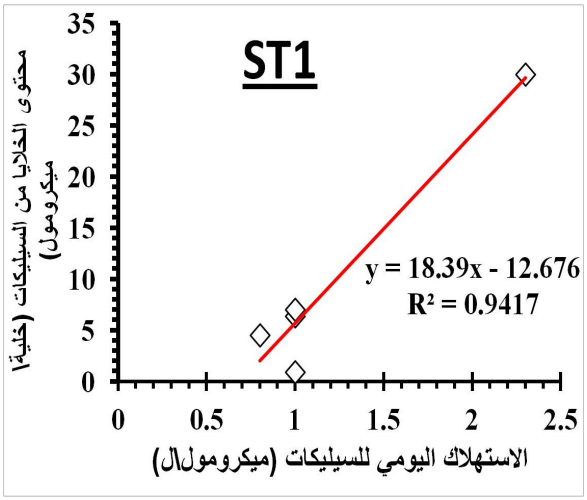
2. استطاعت أنواع مختلفة من المشطورات من النمو في الأوساط المستخدمة (على سبيل المثال: *Chaetoceros sp...*، *Odontella sp*، *Pseudo-nitzschia delicatissima*، و *Thalassiosira decipiens*). هذه الأنواع تملك قيم مختلفة من ثابت نصف الإشباع (Ks) بالنسبة للسيليكات، أي متطلبات مختلفة من السيليكات وبالتالي تباينت تراكيز السيليكات المتبقية في الأوساط في نهاية التجارب (Kudo, 2003; Darwich, 2006).

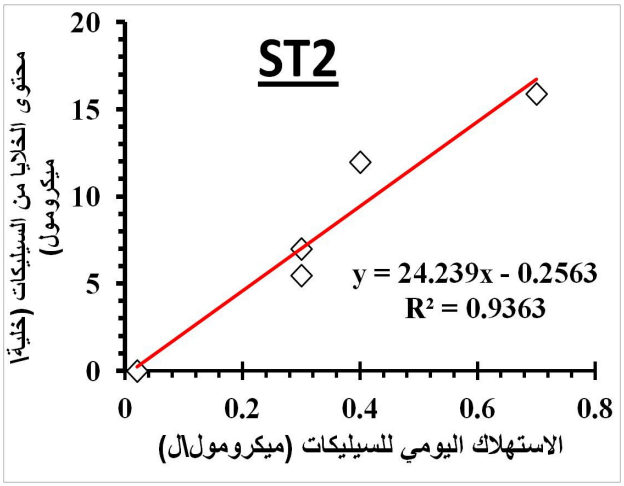
3. كان نمو المشطورات ضعيفاً جداً في التجارب المنجزة خلال شهر تموز في المحطة ST2 بالمقارنة مع نموها في التجارب المنجزة في المحطة ST2، وهذا ما يفسر التفاوت في استهلاك السيليكات من قبل المشطورات في المحطتين المدروستين في تلك التجارب.

الجدول (3) التراكيز النهائية للسيليكات (ميكرومول/ل) المتبقية في الأوساط المستخدمة (C, Si:N=0.3, Si:N=7) خلال التجارب المنجزة في الأشهر آذار، حزيران، تشرين الأول 2010، كانون الثاني وتموز 2011 خلال فترة الحضن (15 يوماً) في المحطتين المدروستين (ST_1، ST_2).

التاريخ القارورة المحطة:	(ST1)		ST2	
آذار – 2010	SiO_4 (t0)	SiO_4 (t)	SiO_4 (t0)	SiO_4 (t)
(C) FL1	9.1	0	7.5	3.9
(Si:N=0.3) FL2	9.10	0	7.50	0.00
(Si:N=7) FL3	40.00	0	40.50	5.00
حزيران – 2011				
(C) FL1	2	0	0.2	0
(Si:N =0.3) FL2	1.2	0	0.2	0.088
(Si:N=7) FL3	15	0	11.5	0
تشرين الاول – 2011				
(C) FL1	1	0.4	1.7	0
(Si:N =0.3) FL2	1.3	0	1.9	0.3
(Si:N=7) FL3	13.5	0.2	8.1	0
كانون الأول– 2011				
(C) FL1	2.341	0	1.11	0.031
(Si:N =0.3) FL2	2.341	0.581	1.2	0
(Si:N=7) FL3	16	1.261	3.5	0
تموز– 2011				
(C) FL1	2	0.00	1.2	0.9
(Si:N =0.3) FL2	1.2	0.00	1.8	1
(Si:N=7) FL3	15	0.00	13.5	10.2

لقد أشارت دراستنا الحالية بشكل عام، بأنه كلما ازداد معدل نمو خلايا المشطورات كلما ازداد معدل استهلاكها من السيليكات المتوفر لها في الأوساط، حيث كانت هناك علاقة ارتباط خطية قوية ما بين محتوى الخلايا من السيليكات ومعدل استهلاكها اليومي (الشكل. 2) في القوارير التي تم إغنائها بتراكيز السيليكات في التجارب المنجزة خلال عامي 2010 – 2011 في المحطات المدروسة.



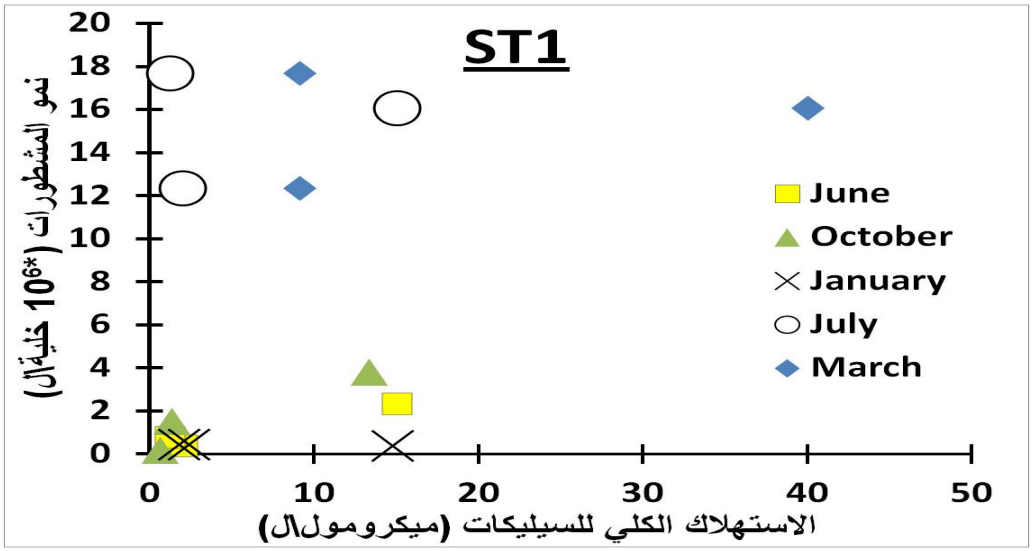


الشكل(2) علاقة الإرتباط بين معدل الإستهلاك اليومي لتراكيز السيليكات (ميكرومول/ل)
ومحتوى خلايا المشطورات من السيليكات في القوارير التي رفعت فيها تراكيز السيليكات للمحطات المدروسة (ST1, ST2).

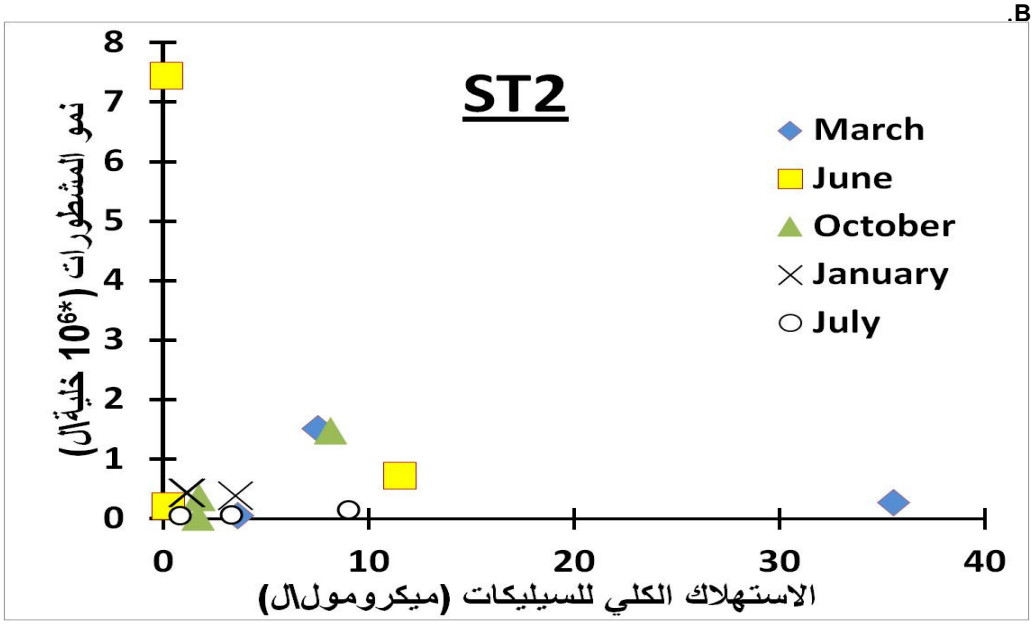
أشار الباحثان Brodherr (2006) و Darwich (2006) بأن المشطورات لها القدرة على التكيف في الأوساط الفقيرة بالسيليكات وذلك عن طريق التقليل من عدد زوائد الخلية (الأشواك) أو من سماكة جدر خلاياها، ولقد أشرنا في هذا العمل بأن المشطورات كانت قادرة على النمو بشكل قوي حتى في الأوساط الفقيرة بالسيليكات والتي لم يتم إغنائها بتراكيز السيليكات (FL1/C, FL2/ SI:N=0.3)، وكان محتوى خلايا المشطورات من السيليكات فيها أقل مما هو عليه في الأوساط الغنية بالسيليكات (FL3/ Si:N=7)، وهذا يدل على إن المشطورات لجأت في الأوساط الأغنى بالسيليكات إلى تخفيض معدل نموها وإلى رفع محتوى خلاياها من السيليكات باستخدام تلك التراكيز في زيادة سماكة جدر خلاياها (Darwich, 2006) (سليمان و درويش، 2013).

استطاعت المشطورات في بعض الحالات خلال مختلف التجارب المنجزة في عامي 2010 و 2011 التوصل إلى قمم نمو مختلفة بالرغم من استهلاك كمية واحدة من السيليكات (الشكل. 3)، مما يؤثر على محتوى خلايا المشطورات من السيليكات (Brodherr, 2006).

.A

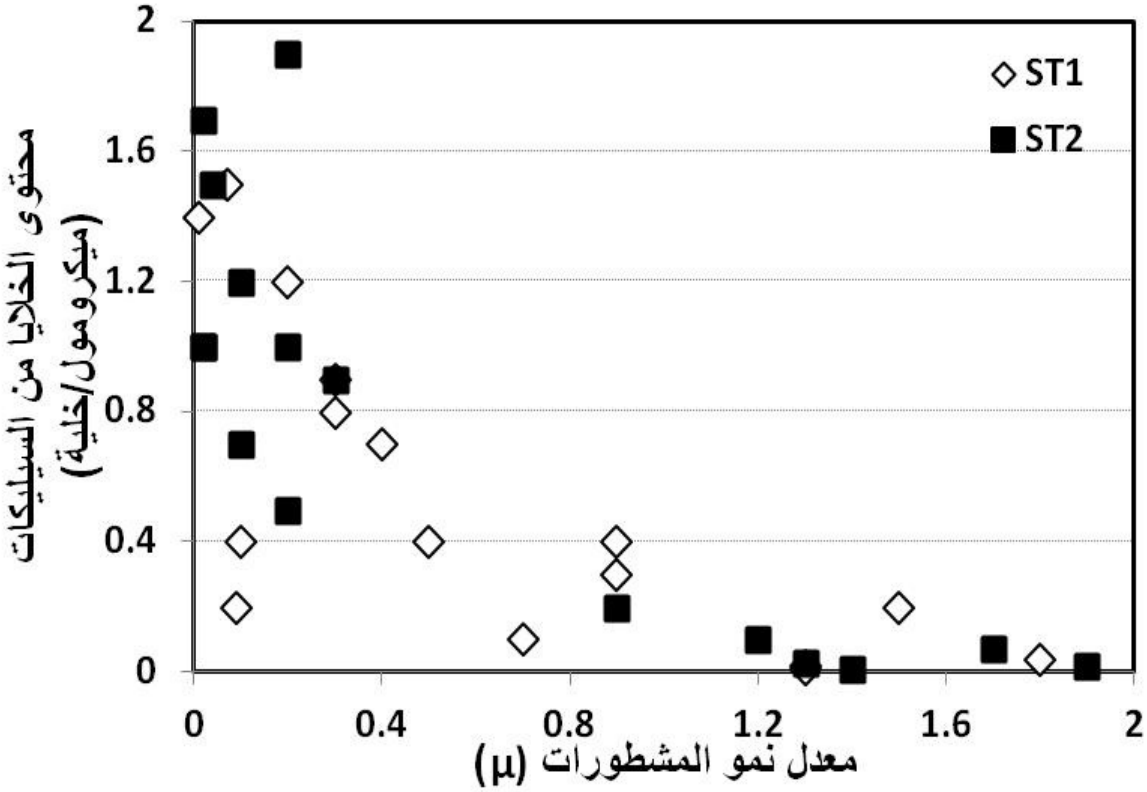


.B



الشكل (3) استهلاك السيليكات الكلي (التركيز البدئي–التركيز النهائي) مقابل نمو المشطورات (النمو الأقصى، .Max) في جميع قوارير (FL1, FL2,FL3) في جميع التجارب المنجزة في المحطة ST1 (A) و المحطة ST2 (B).

من الشكل (4) نستنتج بأنه كلما ازداد محتوى خلايا المشطورات من السيليكات كلما تناقص معدل نموها. وهذا ما توصلت إليه العديد من الدراسات العالمية (Humborg *et al.*, 2000; Brodherr, 2006; Darwich, 2006) والمحلية (سليمان و درويش، 2013).



الشكل (4) معدل نمو المشطورات في اليوم (μ) مقابل محتوى خلايا المشطورات من السيليكات (10^6\)
في جميع القوارير للتجارب المنجزة خلال الأعوام 2010 – 2011 في المحطات المدروسة.

الاستنتاجات والتوصيات:

-المشطورات قادرة على استهلاك السيليكات حتى نضوبه من وسط الزرع على عكس ما يحدث في الوسط الطبيعي.

-تستطيع المشطورات التوصل إلى قمم نمو مختلفة بالرغم من استهلاك كمية واحدة من السيليكات.

-كلما ازداد محتوى خلايا المشطورات من السيليكات كلما تناقص معدل نموها.

-إن اضافة السيليكات إلى الوسط يزيد من مخزون خلايا المشطورات من السيليكات وبالتالي يساهم ذلك في دعم خلاياها بكميات اضافية من السيليكات.

-تعتبر هذه الدراسة الأولى من نوعها في الشاطئ السوري والتي درست العلاقة ما بين السيليكات ونمو المشطورات في الجزء الشمالي من شاطئ مدينة اللاذقية، لذلك نرى إن تطبيق هذا النوع من التجارب في مناطق مختلفة من الشواطئ السورية هام لمعرفة أثر استمرار ازدياد توريد النترات والفوسفات و تناقص تراكيز السيليكات على سلوكية المشطورات و بشكل خاص خلال الإزهرار الربيعي.

المراجع:

1.BERNER, E. K.; BERNER, R. A. *The global water cycle – Geochemistry and Environment*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1987. *In: BRODHERR, B. H. Nutrient dependent growth dynamics of diatom spring populations in the southern Baltic Sea*. Rostock, Germany, 2006, 132.

2. BIDLE, K. D.; AZAM, F. *Accelerated dissolution of diatom silica by marine bacterial assemblages*. Nature, Vol. 397, 1999, 508 – 512.

3. BIDLE, K. D.; AZAM, F. *Bacterial control of the silicon regeneration from diatoms detritus: Significance of bacterial ectohydrolases and species identity*. Limnology and Oceanography, Vol. 46, N°. 7, 2001, 1606 – 1623.

4. BIDLE, K. D.; BRZEZINSKI, M. A.; LONG, R. A.; JONES, J. L.; AZAM, F. *Diminished efficiency in the oceanic silica pump caused by bacteria-mediated silica dissolution*. Limnology and Oceanography, Vol. 48, N°. 5, 2003, 1855 – 1868.

5. BRODHERR, B. H. *Nutrient dependent growth dynamics of diatom spring populations in the southern Baltic Sea*. Rostock, Germany, 2006, 132p.

6. CARLBERG, S. R. *New Baltic Manual- ICES-COOP*. Res. Re. Ser., A, N°. 20, 1972.

7. CLARKE, F. W.; WASHINGTON, H. S. *The composition of the earth's crust*. Geological Survey Professional, United States, 1924, 127p.

8. DARWICH, F. *Die untersuchung des wachstums der kieselalgen in abhängigkeit von verschiedenen nährstoffkonzentrationen und verhältnissen*. Dr. rer. nat., Rostock, Germany, 2006, 101p.

9. EPSTEIN, E. *Silicon*. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Vol. 50, 1999, 641 – 664.

10. HUMBORG, C.; CONLEY, D. J.; RAHM, L.; WULFF, F.; COCIASU, A.; ITTEKKOT, V. *Silicon retention in river basins: Far-reaching effects on biogeochemistry and aquatic food webs in coastal marine environments*. Ambio, Vol. 29, N°. 1, 2000, 45 – 50.

11. ISHIKAWA, A.; FURUYA, K. *The role of diatom resting stages in the onset of the spring bloom in the East China Sea*. Marine Biology, Vol. 145, 2004, 633 – 639.

12. KOROLEFF, F. *Determination of silicon. In: GRASSHOFF, K. (Ed.) Methods of seawater Analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, 1976, 149 – 158.

13. KUDO, I. *Change in the uptake and cellular Si:N ratio in diatoms responding to the ambient Si:N ratio and growth phase*. Marine Biology, Vol. 143, 2003, 39 – 46.

14. LEWIN, J. C. *The dissolution of silica from diatom walls*. Geochimica et Cosmochimica Acta., Vol. 21, 1961, 182 – 198.

15. MAYAKE, Y. *Nutritional characteristics of plants for silica*. Nippon Nogeikagaku Kaishi, Vol. 63, 1989, 1386 – 1390.

16. OFFICER, C. B.; RYTHER, J. H. *The possible importance of silicon in marine Eutrophication*. Marine Ecology Progress Series, Vol. 3, 1980, 83 – 91.

17. SIMPSON, T. L.; VOLCANI, B. E. *Silicon and siliceous structures in biological systems*. Springer Verlag, New York, 1981, 587p.

18. TRÉGUER, P.; NELSON, D. M.; VAN BENNEKOM, A. J.; DEMASTER, D. J.; LEYNAERT, A.; QUÉGUINER, B. *The silica balance in the world ocean: A reestimate*. Science, Vol. 268, 1995, 375 – 379.

20. UETERMOEHL, H. *zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik*. Ass. intern. Limnol. Theor., Vol. 9, 1958, 1-38.

21. سليمان، نوار؛ درويش، فيروز. *دور المغذيات في نمو العوالق النباتية في المياه الشاطئية لمدينة اللاذقية*. مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية. قبلت للنشر بتاريخ 2012، 1-13.