مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (34) العدد (1) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (34) No. (1) 2012

دراسة مقارنة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV-B) في أصبغة التركيب الضوئي عند نوعين من البكتيريا الخضراء المزرقة *Nostoc muscorum* و *Anabaena variabilis*

الدكتور عبد الكريم عياش*
الدكتور حامد ميهوب**
عبير ديوب***

(تاريخ الإيداع 16 / 1 / 2012. قبل للنشر في 4 / 3 / 2012)

□ ملخّص □

تم في هذه الدراسة استزراع نوعين من البكتيريا الخضراء المزرقة مخبرياً وهما النوستوك *Nostoc muscorum* والأنابينا *Anabaena variabilis* ، ومن ثم دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV-B) عند طول الموجة (285nm) القريبة من الأشعة فوق البنفسجية(UV-C) ولفترات زمنية قصيرة (5 ـ 20 دقيقة) في أصبغة التركيب الضوئي لدى هذين النوعين. لوحظ ازدياد في تركيز الكاروتينويدات في خلايا كلا نوعي البكتيريا، إلا أن هذه الزيادة كانت بعد 20 دقيقة أشد عند بكتيريا الأنابينا مقارنة بالنوستوك (113% ، 52 % على التوالي). بينما لوحظ انخفاض في تركيز اليخضور (أ) بعد خمس دقائق عند كلا نوعي البكتيريا، لكنه كان أكثر وضوحاً عند بكتيريا الأنابينا منه عند بكتيريا النوستوك (45%، 33% على التوالي).

إن مقاومة النوستوك مقارنة بالأنابينا لنمط الأشعة المدروسة يمكن أن يعزى إلى وجود غلاف مخاطي سميك يحيط بالخلايا إضافة إلى الصبغات الكاروتينويدية، بينما تقوم هذه الصبغات منفردة بالحد من تأثير هذه الأشعة في خلايا الأنابينا بسبب قلة سماكة الغلاف المخاطي.

* أستاذ– قسم علم الحياة النباتية – كلية العلوم – جامعة تشرين– اللاذقية–سورية.
** أستاذ– قسم علم الحياة النباتية – كلية العلوم – جامعة تشرين– اللاذقية–سورية.
***طالبة دراسات عليا (ماجستير)– قسم علم الحياة النباتية– كلية العلوم– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (34) العدد (1) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (34) No. (1) 2012

A Comparative Study for The Effect of UV-B on Photosynthetic Pigments of Two Species of Cyanobacteria *Nostoc Muscorum* and *Anabaena Variabilis*.

Dr. Abdulkarim Ayash[*]
Dr. Hamed Mayhoub[**]
Abeer Dayoub[***]

(Received 16 / 1 / 2012. Accepted 4 / 3 /2012)

□ ABSTRACT □

In this study, two species of cyanobacteria (*Nostoc muscorum* and *Anabaena variabilis)* have been cultivated in the laboratory, and then studied for the effect of ultraviolet radiation (UV-B) at the wavelength (285nm) near ultraviolet radiation (UV-C) for short periods (5 - 20 minutes) on the photosynthetic pigments in both species . Results showed increasing the concentration of carotenoids in the cells of both species, but this increase after 20 minutes was more significant in *Anabaena* compared to *Nostoc* (113%, 52%, respectively). While there was a decrease in the concentration of chlorophyll a after five minutes in both species of bacteria, but it was more pronounced in *Anabaena* than in *Nostoc* (45%, 33%, respectively).

The resistance of *Nostoc* compared to *Anabaena* to the studied rays can be attributed to the existence of a mucous sheath surrounding the cells in addition to carotenoid pigments, while this pigments alone in *Anabaena* reduce the effect of this radiations on the cells, because of the absence of the mucous sheath.

Keywords: UV-B, Chlorophyll a, Carotenoids, *Nostoc muscorum*, *Anabaena variabilis*

[*]**Professor, Department of Botany, Science Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**]**Professor, Department of Botany, Science Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[***]**Postgraduate Student, Department of Biology, Science Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تعد العوالق النباتية Phytoplankton كائنات دقيقة ذاتية التغذية ضوئياً، تنتمي أفرادها إلى مجموعات تصنيفية مختلفة (بكتيريا خضراء مزرقة Cyanobacteria، طحالب دقيقة Microalgae). تعيش هذه الكائنات في الطبقات العليا (حتى 200 متر) من عمود الماء في المستنقعات والبحيرات والمحيطات، ضمن المنطقة التي تخترقها الأشعة الشمسية بوضوح، كي يتاح لها الحصول على الطاقة الضوئية اللازمة لقيامها بعملية التركيب الضوئي وإنتاج غذائها.

تمثل العوالق النباتية أحد أهم النظم البيئية على كوكبنا، إذ توجد في قاعدة السلسلة الغذائية للكائنات الحية في الأوساط المائية، وتعد غذاءً للمستهلكين الأوليين (العوالق الحيوانية) من جهة، وبشكل غير مباشر غذاءً لمستويات التغذية الأعلى (الأسماك، الطيور، الثدييات بما فيها الإنسان)، (UNEP, 1989). وبالرغم من حجمها الدقيق إلا أنها تساهم في إنتاج حوالي 40% من كتلة المادة الحية على سطح الأرض ، إذ تقوم بإنتاج حوالـي 10^{11} طن من المادة العضوية سنوياً (Haeder and Worrest, 1990; Haeder, 1999)).

تقوم العوالق النباتية بامتصاص وتثبيت أكثر من نصف CO_2 الغلاف الجوي، وبالتالي فإن لها دوراً هاماً في تخفيض نسبة CO_2 في الجو. إذ يُعتقد بأن العوالق النباتية تحول سنوياً حوالي 104 بليون طن من الكربون اللاعضوي إلى الشكل العضوي، وهذه الكمية أكبر بقليل مما تقوم به الأنظمة الأرضية مجتمعة (100بليون طن). (Houghton and Woodwell, 1989). وبالتالي فإن أي نقص في هذه الإنتاجية سيؤثر سلباً في الإمداد العالمي للغذاء، وسيحدث تغيراً في مناخ الأرض نتيجة بقاء كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وازدياد معدلات ظاهرة الدفيئة(Haeder *et al.*, 1989).

تمثل البكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria إحدى مجموعات العوالق النباتية، وتعد من أقدم المجموعات الحية على سطح الكرة الأرضية، إذ ظهرت في العصر ما قبل الكامبري أي قبل حوالي 3 بليون سنة (متولي، 2005). وتنتشر هذه البكتيريا في الترب شديدة الرطوبة والمستنقعات والبحيرات العذبة، وعلى جذوع الأشـــجار وفي الطبقات العليا من مياه البحار والمحيطات، وتحافظ على موقعها في عمود الماء باستخدام استراتيجيات توجيه دقيقة تعتمد على الضوء والجاذبية وعوامل أخرى (الفالح وعياش، 2003). تعد البكتيريا الخضراء المزرقة كائنات بدائية النوى سالبة غرام، ويبلغ عدد أنواعها حوالي 2000 نوع (Brocks *et al.*, 1999 ; Schopf, 2000).

من التغيرات البيئية الخطيرة التي يعاني منها كوكبنا في العقود الأخيرة هي زيادة معدلات الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى سطح الأرض نتيجة تآكل طبقة الأوزون بسبب الملوثات الناجمة عن النشاط البشري مثل فلوروكلوروكربون CFCS وكلوروكربون CCS والبروميدات العضوية OBS. لقد أدى وصول المزيـد من هذه الأشـعة وبخاصة نمط (UV–B 280–315nm) إلى طبقات الجو الأدنى ومنها إلى سطح الأرض إلى تغيرات سلبية في تنوع وانتشار وحجم وموقع مجتمعات العوالق النباتية ومنها البكتيريا الخضراء المزرقة.

تمتلك الأشعة فوق البنفسجية القصيرة من نمط UV–B طاقة عالية، ويجري امتصاصها من قبل جزيئـات حيويـــة هامـــة مثل البروتينـــات والـ DNA واللبيـدات، وذلك بســـبب توافـق طيفهـا مع الطيـف الامتصاصـــي لهذه الجزيئـات (Klisch and Haeder 2001، Tevini and Teramura 1989) مؤدية إلى تحطم جزيئات هذه المواد. كما تؤثر هذه الأشعة بشكل غير مباشر في حياة العديد من الكائنات المائية وبخاصة

الدقيقة منها من خلال تأثيرها السلبي في قدرة هذه الكائنات على البقاء والنمو والحركة والتوجه الضوئي وعملية التركيب الضوئي لدى النباتية منها، (Haeder and Haeder, 1990 ; Richter *et al.*, 2007).

وبما أن البكتيريا الخضراء المزرقة هي كائنات بسيطة التكوين، صغيرة الحجم، لا تحتوي على طبقات حماية كالبشرة، لذا سيكون تأثير هذه الأشعة عليها سريعاً ومباشراً، (Haeder & Worrest, 1990). يظهر تأثير الأشعة فوق البنفسجية القصيرة في هذه الكائنات من خلال تناقص قدرتها على ضبط موقعها في عمود الماء وبالتالي توزعها وانتشارها من جهة، إضافة إلى تثبيط عملية التركيب الضوئي واستقلاب النتروجين لديها وتناقص نموها وانتاجيتها من جهة أخرى (عياش 2006). الأمر الذي سينعكس سلباً على السلسلة الغذائية وعلى جميع الكائنات الحية البحرية وبالتالي على مصدر الغذاء البحري للإنسان (Haeder, 1999).

لقد تبين نتيجة الأبحاث الكثيرة في السنوات الأخيرة أن البكتيريا الخضراء المزرقة وعدد من الكائنات النباتية الأخرى تعمل على تطوير آليات تحميها من الأشعة فوق البنفسجية UV–B وتقيها من الآثار السلبية لهذه الأشعة، ومن هذه الآليات لدى النباتات الراقية مثلاً تصنيع مشتقات فلافونية ماصة للأشعة فوق البنفسجية تختلف بحسب النبات، تتوضع في طبقة البشرة وتحمي النبات من التأثيرات الضارة لهذه الأشعة (Sinha *et al.,* 2003). بينما تقوم البكتيريا الخضراء المزرقة وبعض الأشنات بتصنيع صبغتين ماصتين لهذه الأشعة وواقيتين من تأثيرها السلبي على الخلية، هما صبغتا المايكوسبورين Mycosporine والسيتونيمين Scytonemin اللتان يجري لاحقاً تكديسهما ضمن غمد الخلايا البكتيرية ((Richter *et al.*, 2006; Klisch and Header 2008). تعد المايكوسبورين صبغة قابلة للانحلال في الماء، تمتلك وزناً جزيئياً يقدر بحوالي 300 كيلودالتون، وذات مجال امتصاص أعظمي يتراوح مابين 310 إلى 360 نانومتر أي أنها تمتص وتقي من التأثير السلبي للأشعة فوق البنفسجية من النمطين UVB و UVA ، (Sinha *et al.,* 2001). بينما تمثل السيتونيمين صبغة صفراء بنية اللون تنحل في الدسم، وذات مجال امتصاص أعظمي عند الموجة 386 نانومتر، أي أنها تمتص الأشعة فوق البنفسجية الأطول قليلاً من النمط UVA وتقي من تأثيرها السلبي في الكائنات النباتية الدقيقة (Sinha *et al.,* 1999 ; Richter *et al.*, 2006).

أهمية البحث وأهدافه:

تكون العوالق النباتية في المنطقة المضاءة عرضة للتأثير السلبي لأي زيادة في معدلات الأشعة فوق البنفسجية الشمسية، ولا تملك معظم هذه المتعضيات مستقبلات تنبهها وتوجهها بعيداً عن هذه الأشعة لتقيها من تأثيراتها الضارة.

يهدف هذا البحث إلى إجراء دراسة مقارنة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية من نمط UV–B في التركيب الضوئي والإنتاجية عند بعض أنواع العوالق النباتية كالبكتيريا الخضراء المزرقة (نوستوك *Nostoc muscorum* و أنابينا *Anabaena variabilis*)، إذ تشكل هذه العوالق مصدراً رئيساً للأوكسجين والمادة العضوية ومورداً اقتصادياً هاماً كغذاء للأسماك والعديد من الكائنات المائية الصغيرة.

طرائق البحث ومواده:

1- عزل البكتيريا الخضراء المزرقة وشروط النمو: تم الحصول على البكتيريا الخضراء المزرقة من بعض المستنقعات الضحلة القريبة من قرية صايا في مدينة طرطوس، في شهر آيار عام 2009، إذ كانت هذه البكتيريا في أوج نمـــوها وازدهارها، ثم جرى فرزها وتصنيفهـا، والحصول عليها بشـــكلها النقي في معهـــد تصنيـف وزراعـة الطحـــالب Culture Collection of Algae . جامعة جوتينجن . ألمانيا.

تم تنمية نوعي البكتيريا *Anabaena variabilis* و*Nostoc muscorum* في مختبرات قسم علم الحياة النباتية بكلية العلوم . جامعة تشرين في غرفة عزل وتنمية الطحالب بدرجة حرارة 25 مْ وتحت شروط تناوب ضوئي بين 8 ساعات ظلام /16ساعة ضوء أبيض صنعي بوساطة نيون أبيض عدد 8 (Philips, TLD, 36W/830). جرى تنمية البكتيريا على الوسط المغذي السائل الذي جرت الإشارة إليه بالرمز BG11 ذي الرقم الهيدروجيني pH=7 (Rippka *et al.*, 1979) ضمن ارلنمايرات سعة 250 مل على هزاز أفقي بسرعة 135 هزة/ دقيقة. كما جرى زراعة البكتيريا على أطباق بتري لأجل حفظها لفترات طويلة في نفس الشروط السابقة بدون استخدام الهزاز.

2- شروط التعريض لأشعة UV: من أجل الحصول على عينات بكتيرية فتية جرى تنمية البكتيريا في محاليل مغذية جديدة ضمن بياشر سعة 600 مل وضع في كل منها 250 مل محلول مغذٍّ جديد مع 5 مل معلق بكتيري، وتركت تنمو لمدة ثلاثة أيام في نفس الشروط السابقة قبل التعريض للأشعة. وضعت العينات خلال فترة التعريض على هزاز أفقي بسرعة 70 هزة / دقيقة، وعُرضت للأشعة فوق البنفسجية من نمط UV-B القصيرة بطول موجةnm 285 (على حدود أشعة النمط UV-C) الصادرة عن منبع صنعي هو لمبة أشعة فوق بنفسجية (Mierallight UV-Lamp, Multiband UV 285/365nm, Upland, U.S.A) . بلغت المسافة بين منبع الأشعة والعينات البكتيرية 18 سم، وجرى التعريض للأشعة لفترات زمنية متفاوتة (5 ـ 20 دقيقة). تمت دراسة تأثير هذه الأشعة في أصبغة التركيب الضوئي لدى كل من الأنابينا والنوستوك وذلك مقارنة بعينات الشاهد التي بقيت دون تعريض للأشعة.

3- طريقة تقدير كمية الأصبغة (اليخضور والكاروتينويدات): تم ترشيح 20مل من المعلق البكتيري من كل عينة على فلتر قبل (شاهد) وبعد تعريضها لأشعة UV-B، ثم وُضعت هذه الفلاتر في الثلاجة لمدة 24 ساعة من أجل تجميد الخلايا وتسهيل تحطيم جدرها الخلوية لاحقاً، إضافة إلى الحفاظ على الخواص الكيميائية الطيفية لأصبغتها. تم تحطيم الخلايا المحمولة على الفلاتر في محلول الأسيتون 100% ضمن أنابيب اختبار باستخدام حبيبات زجاج دقيقة، إذ وضعت الأنابيب في آلة طرد مركزي بسرعة 1500دورة / دقيقة، وذلك حسب طريقة (Ehling-Schulz *et al.*, 1997) المعدلة.

جرى لاحقاً ترشيح المحلول، وفصل الحطام الخلوي وبقايا الفلتر عن الخلاصة الأسيتونية للأصبغـة، وقياس تركيز الأصبغة في الخلاصة الأسيتونية باســتخدام جهاز الســبكتروفوتومتر، (Model: sp- 3000 plus UV/VIS Spectrophotometer,)، ثم حســـاب كميـــة أصبغة التركيب الضوئي المختلفـــة (ملغ صبغة/ ل) وفق المعادلات المناســبة بحسب (Jeffrey and Welschmeyer, 1975).

$$Car_{(total)} = 7,6\ (E480 - 1,49\ E510)$$

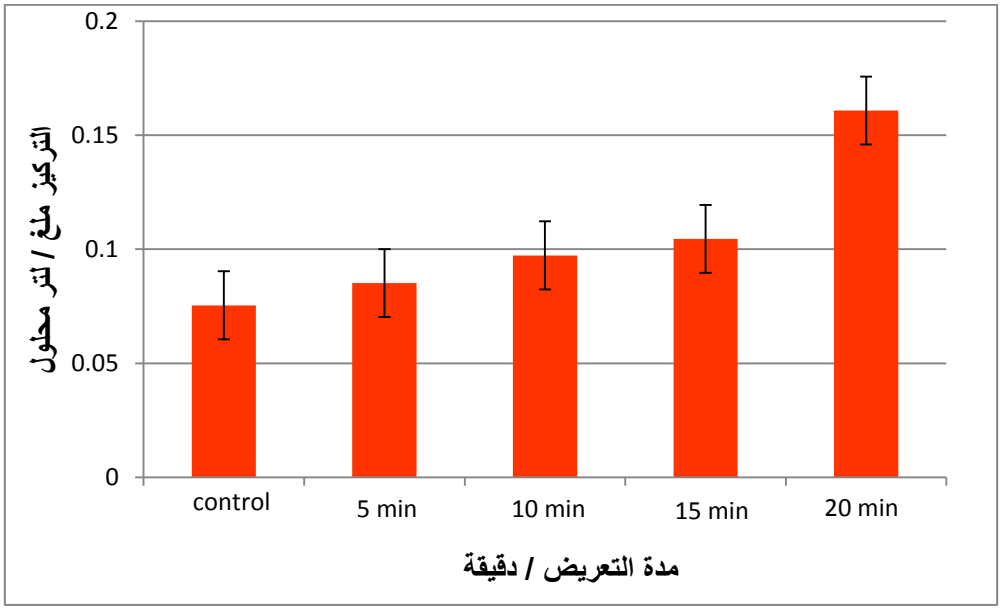
$$Chl\ a = (11.85\ E_{664}) - (1.54\ E_{647}) - (0.08\ E_{630})$$

النتائج والمناقشة:

المحتوى الكاروتينويدي

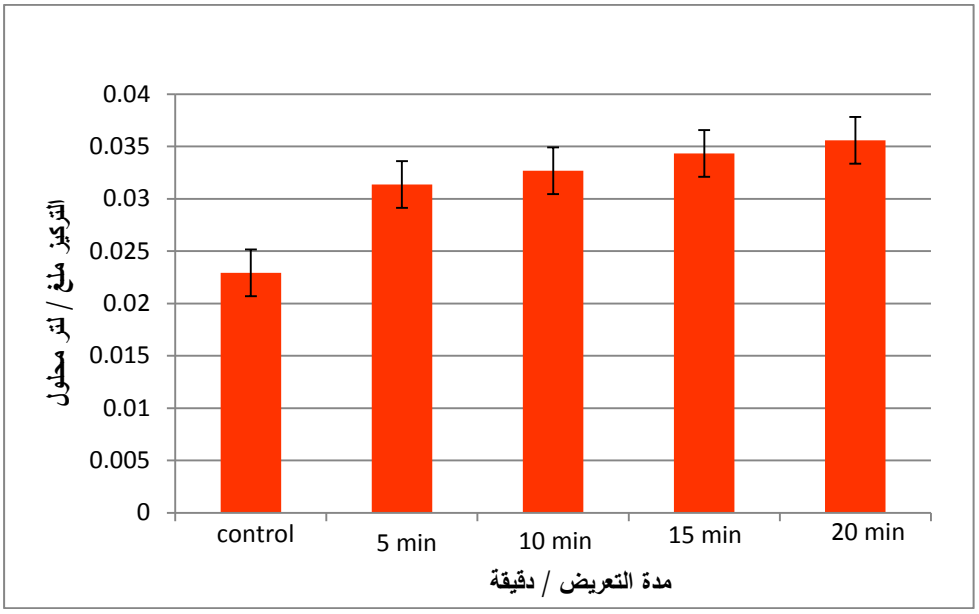
كانت الزيادة في كمية الكاروتينويدات الكلية لدى البكتيريا الخضراء المزرقة (بيتا كاروتين، زيازانتين، كانتازانتين، ايكينونين) عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية (UV–B = 285 nm) لفترات قصيرة (5 . 20 دقيقة) واضحة لدى الأنابينا، بينما كانت غير واضحة بشكل كبير عند النوستوك تحت ذات الشروط.

تبين نتائج قياس كمية الكاروتينويدات في عينات مؤلفة من (10^6 خلية/مل) من بكتيريا الأنابينا أن تركيز هذه الأصبغة يزداد عند التعرض لأشعة UV–B، إذ ازداد تركيزها في العينة التي عرضت لأشعة UV–B لمدة 5 دقائق بنسبة13% وذلك بالمقارنة مع عينة الشاهد. واستمرت كمية الكاروتينويدات بالزيادة مع ازدياد زمن التعريض حتى بلغت نسبة113% أعلى من الشاهد عندما كان التعريض لمدة 20 دقيقة، الشكل (1).



الشكل (1): تركيز الكاروتينويدات (ملغ/لتر) في مليون خلية بكتيرية من الأنابينا عُرضت لفترات زمنية مختلفة لأشعة UV–B.

بينما أظهرت نتائج قياس الكاروتينويدات في عينات مؤلفة من مليون خلية من بكتيريا النوستوك أن تركيز هذه الأصبغة تأثر بشكل أقل عند التعريض لأشعة UV–B لفترات قصيرة (5 ــ 20 دقيقة)، إذ بلغت معدلات الزيادة في كمية هذه الأصبغة حداً أعظمياً بنسبة52% عند التعريض لمدة 20 دقيقة، الشكل(2).



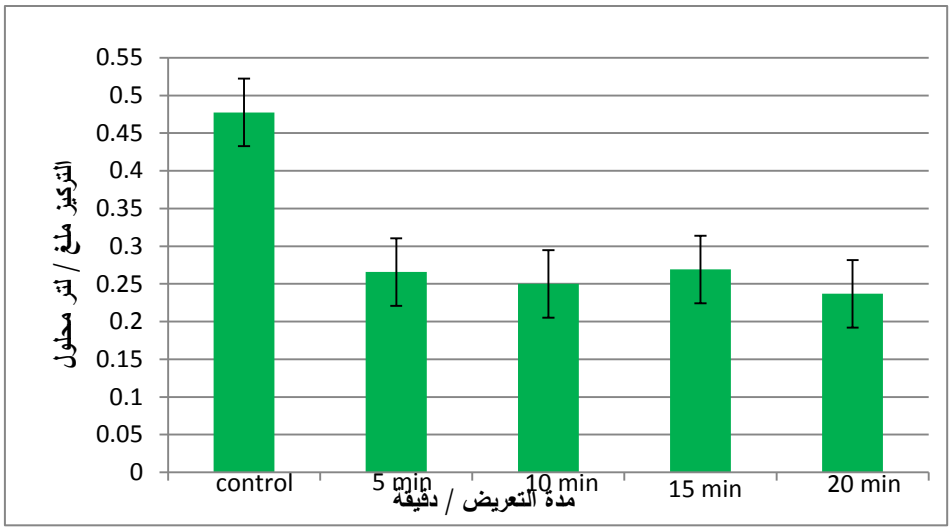
الشكل (2): تركيز الكاروتينويدات (ملغ/لتر) في مليون خلية بكتيرية من النوستوك عُرضت لفترات زمنية مختلفة من أشعة UV-B.

تعزى الزيادة في كمية الكاروتينويدات عند تعريض الأنابينا إلى الأشعة فوق البنفسجية من نمط (UV-B=285 nm) إلى دورها الهام في حماية اليخضور أ (Chl.a). إذ تحاول البكتيريا تصنيع المزيد من الكاروتينويدات التي تغلف اليخضور وتحميه من التأثير السلبي لهذه الأشعة، إذ أنه لو انعدمت هذه الأصبغة لدى هذه البكتيريا لأدى ذلك إلى تناقص كبير جداً في كمية اليخضور، وهذا ما لم نلحظه في نتائجنا، إذ كان الانخفاض في كمية اليخضور (أ) بفعل هذه الأشعة بسيطاً. يعد اليخضور الصبغة الأهم في عملية التركيب الضوئي لدى جميع الكائنات التي تقوم بهذه العملية، إذ تشكل جزيئات هذا اليخضور الجزء الأكبر من صبغات معقدات اقتناص الضوء Light harvesting complex (LHC)، إضافة إلى أن بعضها يشكل المركزين التفاعليين لكلا النظامين الضوئيين الثاني ثم الأول Photosystems (PSII, PSI)، ونقطة تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة الكتروكهربائية (عياش 2009).

بينما كانت الزيادة في كمية الكاروتينويدات اقل وضوحاً عند بكتيريا النوستوك، وذلك بسبب الغلاف المخاطي الذي يحيط بهذه البكتيريا والذي يكون أكثر سماكة وتمايزاً منه عند الأنابينا. إذ يساهم الغلاف المخاطي إلى حد ما في التقليل من امتصاص الأشعة فوق البنفسجية كما أن هذه الأشعة تحرض على تصنيع الغلاف المخاطي وزيادة سماكته، وبالتالي يأخذ هذا الغلاف دوراً واقياً لليخضور إضافة إلى الكاروتينويدات (Ehling-Schulz *et al.* 1997).

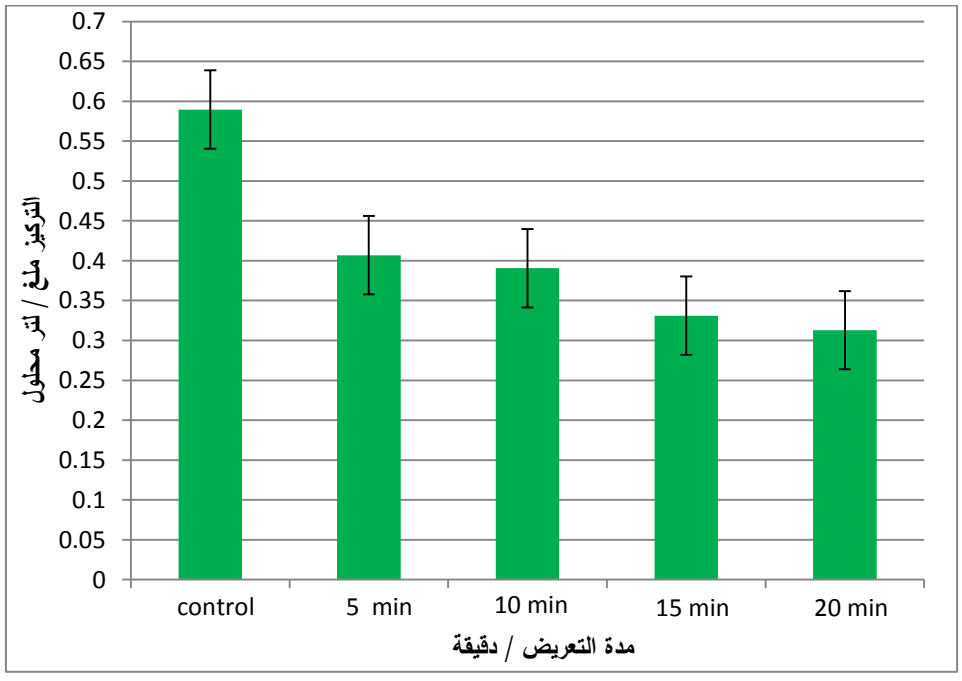
المحتوى اليخضوري:

تُظهر نتائج قياس اليخضور (أ) في عينات مؤلفة من مليون خلية من بكتيريا الأنابينا قبل وبعد التعريض للأشعة فوق البنفسجية (UV-B=285 nm) لفترات قصيرة (5 . 20 دقيقة) بأن تأثير هذه الأشعة أدى إلى حدوث تناقص ملموس في كمية هذا اليخضور وبخاصة بعد الدقائق الخمس الأولى للتعريض، إذ انخفض تركيز اليخضور أ (Chl.a) بعد خمس دقائق بنسبة45%، ليبقى الانخفاض شبه ثابت عند هذه النسبة خلال فترات التعريض اللاحقة (10، 15، 20 دقيقة)، الشكل (3).



الشكل (3): تركيز اليخضور a في خمس عينات أنابينا عرضت لفترات زمنية مختلفة من أشعة UV–B.

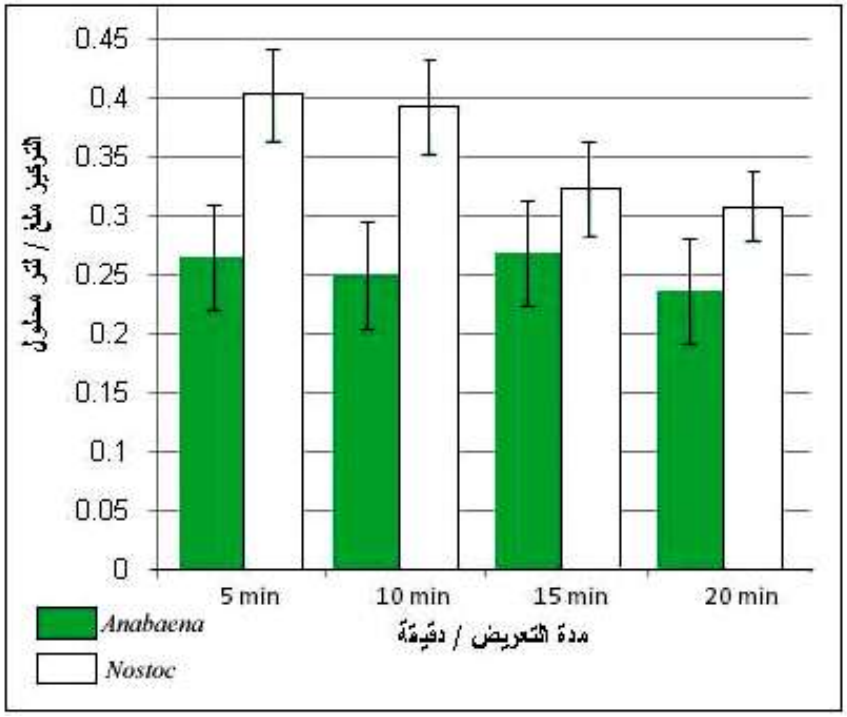
من جهة أخرى تظهر النتائج أن تأثير هذه الأشعة خلال ذات الفترات الزمنية السابقة في عينات مؤلفة من مليون خلية من بكتيريا النوستوك بأن تأثير هذه الأشعة أدى إلى حدوث تناقص في كمية اليخضور (أ) وبخاصة بعد الدقائق 5 ــ 10 الأولى للتعريض، إذ انخفض تركيز اليخضور (أ) بعد هذه الدقائق بنسبة ≈33%. وعند التعريض لفترات أطول (20 دقيقة مثلاً) تابع تركيز اليخضور (أ) انخفاضه في خلايا هذه البكتيريا بشكل بسيط وبنسبة بلغت18 % مقارنة بالخلايا المعرضة لمدة 5 دقائق، وبنسبة48 % مقارنة بخلايا الشاهد، الشكل (4).



الشكل (4): تركيز اليخضور a في خمس عينات نوستوك عرضت لفترات زمنية مختلفة من أشعة UV–B.

عند إجراء مقارنة بين تأثير هذا النمط من الأشعة فوق البنفسجية في كمية اليخضور (أ) عند كل من خلايا بكتيريا الأنابينا والنوستوك خلال فترات التعريض المختلفة (5، 10، 15، 20 دقيقة) نجد أن تأثير هذه الأشعة في هذا

اليخضور أ عند بكتيريا الأنابينا كان بالمحصلة العامة أشد وضوحاً منه عند بكتيريا النوستوك، الشكل (5). إن مقاومة النوستوك للتأثير السلبي لهذه الأشعة مقارنة بالأنابينا يمكن أن يعزى إلى أن الغلاف المخاطي بالدرجة الأولى المحيط بخلايا هذا الجنس من البكتيريا ذو مقدرة عالية على حماية اليخضور من تأثير هذه الأشعة، إضافة إلى الكاروتينويدات بالدرجة الثانية (Sinha *et al.*,1998).



الشكل (5): مقارنة تأثير أشعة UV–B في تركيز اليخضور a في عينات نوستوك وأنابينا عرضت لفترات زمنية مختلفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. ازدياد تركيز (الكاروتينويدات) عند نوعي البكتيريا الخضراء المزرقة *Anabaena variabilis* و *Nostoc muscorum* عند التعرض لأشعة (UV–B 285nm) وكانت الزيادة أشد وضوحاً عند بكتيريا الأنابينا.

2. كان تأثير هذه الأشعة في اليخضور (أ) عند بكتيريا النوستوك أقل منه وضوحاً عند بكتيريا الأنابينا.

3. يعزى للغلاف المخاطي عند بكتيريا النوستوك دوراً هاماً في حماية اليخضور من التأثير السلبي للأشعة فوق البنفسجية من نمط UV–B.

التوصيات:

1. العمل على استزراع النوستوك (البكتيريا الأشد مقاومة للتأثير السلبي للأشعة فوق البنفسجية من نمط UV–B) مخبرياً ومن ثم نشرها في ترب الحقول الرطبة ، إذ أنها تعمل على تثبيت النتروجين الجوي وتقديمه للنباتات الحقلية بشكل قابل للاستقلاب النباتي.

2. التقليل من انبعاث الملوثات الناجمة عن النشاط البشري إلى الغلاف الجوي للمحافظة على طبقة الأوزون التي تقي الكائنات الحية من التأثيرات الضارة للأشعة فوق البنفسجية.

المراجع:

1. عياش، عبد الكريم. *التركيب الضوئي والكيميائي* . منشورات جامعة تشرين ، اللاذقية، سوريا،2009، 306 .
2. عياش، عبدالكريم. *تأثير الأشعة فوق البنفسجية في النمو وأصبغة التركيب الضوئي والمحتوى البروتيني لدى البكتيريا الخضراء المزرقة أنابينا .Anabaena sp.* مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، المجلد 28 ، العدد 2، 2006،:37 . 46.
3. الفالح، عبدالله مساعد؛ عياش، عبدالكريم. *أساسيات علم تقسيم النبات.* دار الخريجي للنشر والتوزيع، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2003، 509 .
4. متولي ، عبد العظيم متولي . *الفطريات والطحالب*. دار الأندلس للنشر والتوزيع، حائل، المملكة العربية السعودية، 2005، 302 .
5. BROCKS, J.J.; LOGAN, G.A.; BUICK,R.; SUMMONS, R.E. *Archean molecular fossils and the early rise of Eukaryotes*. Science 285, 1999, 1033-1036.
6. EHLING-SCHULZ, M.; BILGER, W.; SCHERER, S. *UV-B-induced synthesis of photoprotective pigments and extracellular polysaccharides in the terrestrial cyanobacterium Nostoc commune*. J. Bacteriol., 179, 1997, 1940-1945.
7. HAEDER, D. P. *Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems*. Fundamentals for Assessment of Risks from Environmental Radiation., 1999, 457-461.
8. HAEDER, D.-P.; HAEDER, M. *Effects of solar radiation on motility, photomovement and pigmentation in two strains of the cyanobacterium, Phormidium uncinatum*. Acta Protozool. 29, 1990, 291-303.
9. HAEDER, D.-P.; WORREST, R.C. *Effects of enhanced solar ultraviolet radiation on aquatic ecosystems*. Photochem. Photobiol. 53, 1990, 717-725.
10. HAEDER, D.-P.; WORREST, R.C.; KUMAR, H. D. *Aquatic ecosystems*. UNEP Environmental Effects Panel Report. 1989, 39-48.
11. HOUGHTON, R.A.; WOODWELL, G.M. *Global climatic change*. Sci. Amer., 260, 1989, 36-44.
12. JEFFREY, S.W.; WELSCHMEYER, N.A. *Spectrophotometric and fluorometric equations in common use in oceanography*. In Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods. Appendix F, 1975, 597-615.
13. KLISCH, M.; HAEDER, D. P. Effects of UV radiation on phytoplankton. Trends in Photochemistry & Photobiology. Vol.8, 2001, 137-143.
14. KLISCH, M.; HAEDER, D. P. *Mycosporine like amino acids (MAAs) profile of a rice field cyanobacterium Anabaena doliolum as influenced by PAR and UVR*. Mar. Drugs 6, 2008, 147-163.
15. RICHTER, P.R.; AYASH, A.S. ; AL-ARAIDH, I.A.; SINHA, R.P.; HAEDER, D.-P. *Methanol and acetone soluble UV-absorbing pigments in lichens from Saudi Arabia*. Trends Photochem. Photobiol. 11, 2006, 45-56.
16. RICHTER, P.R.; HAEDER, D.-P.; GONCALVES, R.J.; MARCOVAL, M.A.; VILLAFAEE, V.E. ; HELBLING, E.W. *Vertical migration and motility responses in three marine phytoplankton species exposed to solar radiation*. Photochem. Photobiol. 83, 2007, 810-817 .
17. RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, M.; HERDMAN, M.; STANIER, R. *Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria*. J. Gen. Microbiol. 111, 1979, 1-61.

18. SCHOPF, J.W. *The fossil record: tracing the roots of the cyanobacterial lineage*. In:Whitton BA, Potts M (eds) The ecology of cyanobacteria. Kluwer, Dorddrecht, 2000, pp 13-35.
19. SINHA, R. P.; AMBASHT, N. K.; SINHA, J.; KLISCH, M.; HAEDER, D. P. *UV-B-induced synthesis of mycosporine-like amino acids in three strains of Nodularia (cyanobacteria).* J. Photochem. Photobiol. Vol. 71, 2003, 51-58.
20. SINHA, R. P.; KRYWULT, M.; HAEDER, D. P. *Effects of ultraviolet, monochromatic and PAR waveband on nitrate reductase activity and pigmentation in a rice field cyanobacterium, Anabaena sp*. Acta. Hydrobiol. Vol. 40, 1998, 105-112.
21. SINHA, R. P.; KLISCH, M.; HELBLING, E.W.; HAEDER, D. P. *Induction of mycosporine-like amino acids (MAAs) in cyanobacteria by solar ultraviolet-B radiation*. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 60, 2001, 129-135.
22. SINHA, R. P.; KLISCH, M.; VAISHAMPAYAN, A.; HAEDER, D. P. *Biochemical and spectroscopic characterization of the cyanobacterium Lyngbya sp. inhabiting mango (Mangifera indica) trees: presence of an ultraviolet-absorbing pigment, scytonemin*. Acta Protozool. 38, 1999, 291-298 .
23. TEVINI, M.; TERAMURA, A. *UV-B Effects on Terrestrial Plants*. Photochemistry and Photobiology 50, 1989, 479-487.
24. UNEP, *Environmental Effects Panel Report*, J.C. vander Leun, M.Tevini,and R.C. Worrest (eds.). United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 1989.