

تأثير الأشعة فوق البنفسجية في أصبغة التركيب الضوئي عند طحلب الأوغلينا *Euglena gracilis*

د. عبد الكريم عياش*

د. عصام محمد**

رنا منصور***

تاريخ الإيداع 12 / 2 / 2018. قُبل للنشر في 27 / 3 / 2018

□ ملخص □

أجريت هذه الدراسة خلال عام 2017 في مخابر قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا. تم تحري تأثير الأشعة فوق البنفسجية (بنوعها UV-C و UV-B) لفترات زمنية مختلفة (0.5، 1، 3، 5، 15، 30، 45، 60 دقيقة) في صبغات التركيب الضوئي وإجراء القياسات على ثلاث مراحل (بعد 0، 6، 24 ساعة من نهاية فترة التعرض للأشعة) عند طحلب الأوغلينا *Euglena gracilis*. بينت النتائج التأثير السلبي لأشعة UV-C في الأصبغة اليخضورية (اليخضور a واليخضور b) والأصبغة الكاروتينويدية مقارنة بأشعة UV-B. ارتبطت هذه القيم بزيادة زمن التعرض للأشعة فوق البنفسجية، لتصل إلى أقل قيمة لها بعد 60 دقيقة من التعرض (انخفاض حوالي 97.83، 98.73، 99.18% لليخضور a واليخضور b والأصبغة الكاروتينويدية عند القياس بعد 24 ساعة من التعرض للأشعة على التوالي).

كما لُحظ أن شرائح البولي ايثيلين تساهم في حماية الأصبغة اليخضورية تجاه الأشعة فوق البنفسجية. كان معدل الحماية أكثر وضوحاً تجاه أشعة UV-C ليصل إلى 7.78% بعد 24 ساعة من تعرض الأوغلينا لمدة 30 دقيقة وفق الشروط المخبرية للتجربة.

الكلمات المفتاحية: الأشعة فوق البنفسجية، الأصبغة اليخضورية، الأصبغة الكاروتينويدية، شرائح البولي ايثيلين، *Euglena gracilis*.

الاختصارات: Chl. اليخضور، UV-B: الأشعة فوق البنفسجية من النمط B، UV-C: الأشعة فوق البنفسجية من النمط C، CFCs: غاز الكلوروفلوروكربون، OEC: معقد تحرير الأوكسجين، PS: النظام الضوئي، LHC: معقد اقتناص الضوء، ETR: معدل النقل الإلكتروني الضوئي، RubisCO: ريبيلوز 1،5 ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز أووكسيجيناز.

* أستاذ - فسيولوجيا النبات - قسم علم الحياة النباتية - كلية العلوم - جامعة تشرين.

** أستاذ - الكيمياء التحليلية - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين.

*** طالبة دكتوراه - البيئة والتصنيف النباتي - قسم علم الحياة النباتية - كلية العلوم - جامعة تشرين.

The Effect of Ultraviolet Radiation on Photosynthetic pigments in *Euglena gracilis*

Dr. Abdulkarim Ayash*
Dr. Issam Mohammad**
Rana Nassour***

(Received 12 / 2 / 2018. Accepted 27 / 3 / 2018)

□ ABSTRACT □

The study was conducted during 2017 in the laboratories of the department of Botany at Tishreen University, Lattakia, Syria. The effect of ultraviolet radiation (UV-C and UV-B) for different periods (0.5, 1, 3, 5, 15, 15, 30, 45, 60 minutes) on the photosynthetic pigments of *Euglena gracilis* (with three stages of measurements) was studied. The results showed that chlorophyll pigments were more sensitive to UV-C compared to UV-B. These reductions were correlated with the increase in the exposure time, reaching the lowest value after 60 minutes exposure (97.83, 98.73, 99.18% for chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids when measured after 24 hours respectively).

The polyethylene films protect the chlorophyll pigments against UV radiation. The protection rate was more evident against UV-C reaching 7.78% after 24 hours in the algae exposed for 30 minutes according to the experimental conditions.

Key words: Ultraviolet radiation, chlorophyll, carotenoids, polyethylene films, *Euglena gracilis*

Abbreviations — Chl.: Chlorophyll, UV-B: Ultraviolet Radiation B, UV-C: Ultraviolet Radiation C, CFCs: Chlorinated fluorocarbons, OEC: Oxygen Evolving Complex, PS: Photosystem, LHC: Light Harvesting Complexes, ETR: Electron Transport Rate, RubisCO: Ribulose 1,5 diphosphate Carboxylase Oxygenase.

*Professor in plant physiology, Botany department, Faculty of Sciences, Tishreen University.

** Professor in analytical chemistry, Chemistry department, Faculty of Sciences, Tishreen University.

*** PhD student in plant taxonomy and environment, Botany department, Faculty of Sciences, Tishreen University.

مقدمة

تعد الشمس مصدراً أساسياً للطاقة بالنسبة لمعظم الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية. تصدر الشمس خليطاً من الأشعة فوق البنفسجية (UV) Ultraviolet radiation والمرئية Visible radiation وتحت الحمراء Infra-red radiation. يتم تصنيف الأشعة فوق البنفسجية عادة ضمن ثلاثة مجالات هي: أشعة UV-C (200-280 نانومتر) وهي ضارة جداً للكائنات الحية، وأشعة UV-B (280-320 نانومتر) وهي تشكل حوالي 1.5% من مجمل الإشعاع الشمسي الوارد للأرض، وهي ذات تأثيرات ضارة بالكائنات الحية، بينما تشكل أشعة UV-A (320 - 380 نانومتر) حوالي 6.3% من مجمل الإشعاع الشمسي، وهي نمط الأشعة فوق البنفسجية الأقل خطورة.

يتم امتصاص معظم أشعة UV-B ضمن طبقة الأوزون الستراتوسفيري O_3 ، إلا أن حوالي 30% منها تصل إلى سطح الأرض (صالح ومحمد، 2006; Salama *et al.*, 2006; Ayash *et al.*, 2003; Hollosy, 2002; Shabala, 2017). تتعرض طبقة الأوزون منذ حوالي أربعة عقود لانخفاض تدريجي في كميتها بفعل الملوثات الغازية الناجمة عن النشاطات البشرية مثل غاز كلوروفلوروكربون Chlorinated fluorocarbons (CFCs)، مما يزيد من معدلات الأشعة فوق البنفسجية الواصلة للأرض (Blumthaler & Ambach, 1990; Sreelakshmi & Raza, 2014; Xin-shu *et al.*, 2014; Noyma *et al.*, 2015).

تؤثر الأشعة فوق البنفسجية الواردة لسطح الأرض سلباً في حياة الكائنات الحية؛ إذ تشير العديد من الدراسات إلى تأثيرات هذه الأشعة في الانقسام الخلوي والنمو والتطور والتركيب الضوئي والإنتاجية والكتلة الحيوية وغيرها من العمليات الفيزيولوجية في خلايا الكائنات الحية (Bhandari & Sharma, 2006; Pessoa, 2012; Reboredo & Lidon, 2012; Noyma *et al.*, 2015). تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تخريب المادة الوراثية من خلال تخريب الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين DNA (Pessaraki, 2005; Pessoa, 2012). كما تعمل هذه الأشعة على تحطيم الروابط البيبتيدية ضمن السلاسل البروتينية مما يؤدي إلى خلل في بنية الأغشية الحيوية وتعطيل وظائف الأنزيمات، كما أن هذه الأشعة يمكن أن تعمل على تخريب بنية الأحماض الأمينية خاصة العطرية منها كالتيروسين Tyrosine والتربتوفان Tryptophane والفينيل آلانين Phenylalanine كون هذه الأحماض تمتص الأشعة فوق البنفسجية امتصاصيةً أعظمية ضمن المجال (280 - 300 نانومتر). تشير بعض الدراسات إلى أن الأشعة فوق البنفسجية تعمل أيضاً على أكسدة الليبيدات وهدمها (Hollosy, 2002; Pessaraki, 2005; Lee, 2008).

تؤثر الأشعة فوق البنفسجية سلباً في أكثر من موقع من عملية التركيب الضوئي Photosynthesis: أصبغة التركيب الضوئي، والأغشية الثايلاكويدية، ومعقدات اقتناص الضوء Light harvesting complexes (LHC)، ومعقد تحرير الأكسجين Oxygen evolving complex (OEC)، وسلسلة النقل الإلكتروني الضوئي (ETR)، Electron transport rate، وفي معقدات الاتبياز ATPase، إضافة إلى تأثيرها في أنزيمات حلقة كالفن وخاصة أنزيم الريبيلوز ثنائي الفوسفات اوكسجيناز كربوكسيلاز (RubisCO) Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase oxygenase (Rai & Mallick, 1998; Hollosy, 2002; Holzinger & Lütz, 2006; Schmidt *et al.*, 2010; Pessoa, 2012; Juneja *et al.*, 2013; Kataria *et al.*, 2014; Malpartida *et al.*, 2014; Tilbrook *et al.*, 2016; Shabala, 2017).

تتعرض النظم المائية الحيوية العذبة والمالحة لمستويات مرتفعة من أشعة UV التي تؤثر سلباً في إنتاجية العوالق النباتية Phytoplankton (Holzinger & Lütz, 2006). ومنها الطحالب اليوغلينية Euglenophyta. تمثل الأوغلينا *Euglena gracilis* طحلباً وحيد الخلية تنتمي إلى مجموعة الطحالب الأوغلينية. تأخذ الخلية الطحلبية شكلاً متطاولاً مغزلياً، وهي متحركة بوساطة سوطين أحدهما طويل والآخر قصير. تتميز الأوغلينا بغياب الجدار الخلوي المحيط بالخلية؛ إذ توجد قشيرة Pellicle ذات طبيعة بروتينية بدلاً منه، يملك هذا الطحلب صانعات عدة قرصية الشكل، وتتمثل صبغات التركيب الضوئي عندها بالأصبغة اليخضورية (a, b) والأصبغة الكاروتينويدية (β ، γ كاروتين) (Rogers, 2011; Billinger & Sigeo, 2015). تهدف هذه الدراسة إلى تحري أثر الأشعة فوق البنفسجية من نمط UV-B و UV-C في أصبغة التركيب الضوئي عند طحلب *Euglena gracilis* وتوضيح فعالية شرائح البولي ايثيلين في حماية تلك الأصبغة من الأشعة فوق البنفسجية.

أهمية البحث وأهدافه

تعد العوالق النباتية مصدراً رئيساً للأوكسجين في الأوساط المائية وقاعدة غذائية رئيسة في السلسلة الغذائية للكائنات الحيوانية المائية، ومن هنا تأتي أهمية هذا البحث في دراسة مدى اختراق الأشعة فوق البنفسجية للأوساط المائية وتبيان درجة تأثيراتها السلبية في إنتاجية العوالق النباتية ومنها طحلب الأوغلينا.

طرائق البحث و مواد

تنمية المزارع الطحلبية: تم عزل طحلب *Euglena gracilis* في مخابر قسم علم الحياة النباتية بجامعة تشرين وجرى تصنيفه في معهد غوتينغن في ألمانيا (Goettingen Algal Culture Collection, Germany)، وتمت تنميتها ضمن غرفة نمو (درجة حرارة 23 ± 1 ، ورطوبة نسبية $70 \pm 1\%$ ، 14 ساعة ضوء/10 ساعة ظلام، مع التهوية المستمرة). أجريت هذه التجارب خلال صيف عام 2017م في مخابر قسم علم الحياة النباتية في كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

التعرض للأشعة فوق البنفسجية: تم تعريض المزارع الطحلبية للأشعة فوق البنفسجية الصادرة من مصابيح صناعية (USHIO UV-B= 306 nm) و (New Nec Technology UV-C= 254 nm) لمدد زمنية مختلفة (0، 0.5، 1، 3، 5، 15، 30، 45، 60 دقيقة)، تم تعريض العينات للأشعة على ارتفاع 8 سم من المصابيح بأطباق بتري معقمة 50 mm بمكررات عدة للزمن الواحد وبمقدار 4 مل في كل طبق.

تقدير معدل حماية شرائح البولي ايثيلين: تمت تغطية مصابيح أشعة UV بشرائح بولي ايثيلين (بثخانة 0.5 مم) لتحري فعاليتها في حماية الطحالب تجاه الأشعة فوق البنفسجية.

تقدير المحتوى اليخضوري: تم استخلاص الصبغات بعد 0، 6، 24 ساعة من تعرض الطحالب لأشعة UV باستخدام الاسيتون. تم تقدير تركيز الصبغات باستخدام جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer UV/VIS (Model: SECOMAM)، وذلك باستخدام المعادلات الآتية (Lichtenthaler & Wellburn, 1983):

$$C_a = 11.72 O.D_{663} - 2.8 O.D_{645}$$

$$C_b = 20.07 O.D_{645} - 3.72 O.D_{663}$$

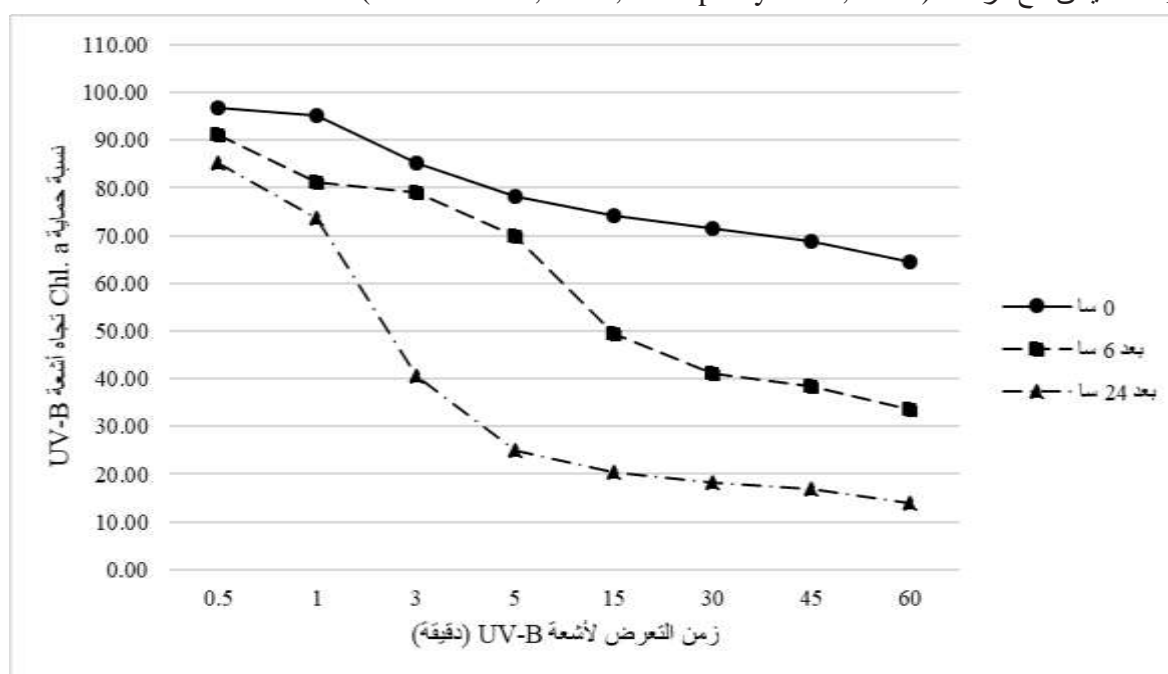
$$C_{X+C} = (1000 O.D_{470} - 3.27 C_a - 104 C_b) / 229$$

الدراسة الإحصائية: تم تحليل البيانات باستخدام برنامج Microsoft excel تحليل one-way ANOVA.

النتائج والمناقشة

تأثير أشعة UV-B في المحتوى اليخضوري a: لُحظ انخفاض محتوى Chl. a بعد تعرض العينات لـ 0.5، 1، 3، 5، 15، 30، 45، 60 دقيقة لأشعة UV-B في جميع مراحل إجراء القياسات (بعد 0، 6، 24 ساعة من توقف التعرض للأشعة). كان هذا الانخفاض أشد في العينات المعرضة للأشعة لمدة 60 دقيقة (35.51، 66.54، 86.14% بنسب حماية بلغت 64.49، 33.46، 13.86% على التوالي) بدلالات إحصائية واضحة، (الشكل 1).

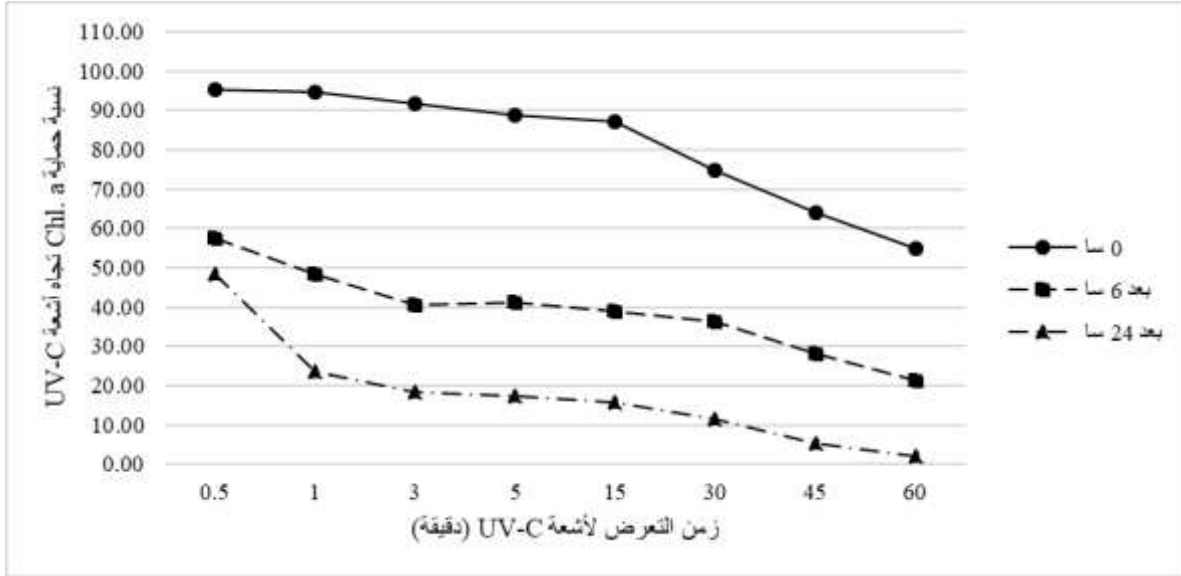
لُحظ ارتفاع محتوى Chl. a عند طحلب الكلوريللا *Chlorella sp.* والبكتيريا الخضراء المزرقة *Synechocystis salina* بنسبة 24% في الفترات الزمنية القليلة من UV-B ثم عادت للانخفاض في الأزمنة الأطول وهذا ما يتفق مع دراستنا (Doneva et al, 2017; Ganapathy et al., 2017).



الشكل (1): نسبة حماية اليخضور a تجاه أشعة UV-B (%)

تأثير أشعة UV-C في المحتوى اليخضوري a: لُحظ انخفاض كمية Chl. a بعد تعرض العينات لـ 0.5، 1، 3، 5، 15، 30، 45، 60 دقيقة لأشعة UV-C في جميع مراحل الدراسة (بعد 0، 6، 24 ساعة) ولُحظ هذا الانخفاض بشدة في العينات المعرضة لـ 60 دقيقة من الأشعة (45.25، 78.61، 97.83% بنسب حماية بلغت 54.75، 21.39، 2.17% على التوالي) بدلالات إحصائية واضحة (الشكل 2).

تتوافق هذه النتائج مع دراسات أجريت على طحلي الكلاميدوموناس *Chlamydomonas reinhardtii* والكلوريللا *Chlorella protothecoides*؛ إذ لُحظ انخفاض محتوى Chl.a بعد مضي ستة أيام من التعرض لأشعة UV-C بمقدار 54% عند الكلاميدوموناس و 40% عند الكلوريللا (Gao et al., 2009).



الشكل (2): نسبة حماية اليخضور a تجاه أشعة UV-C (%)

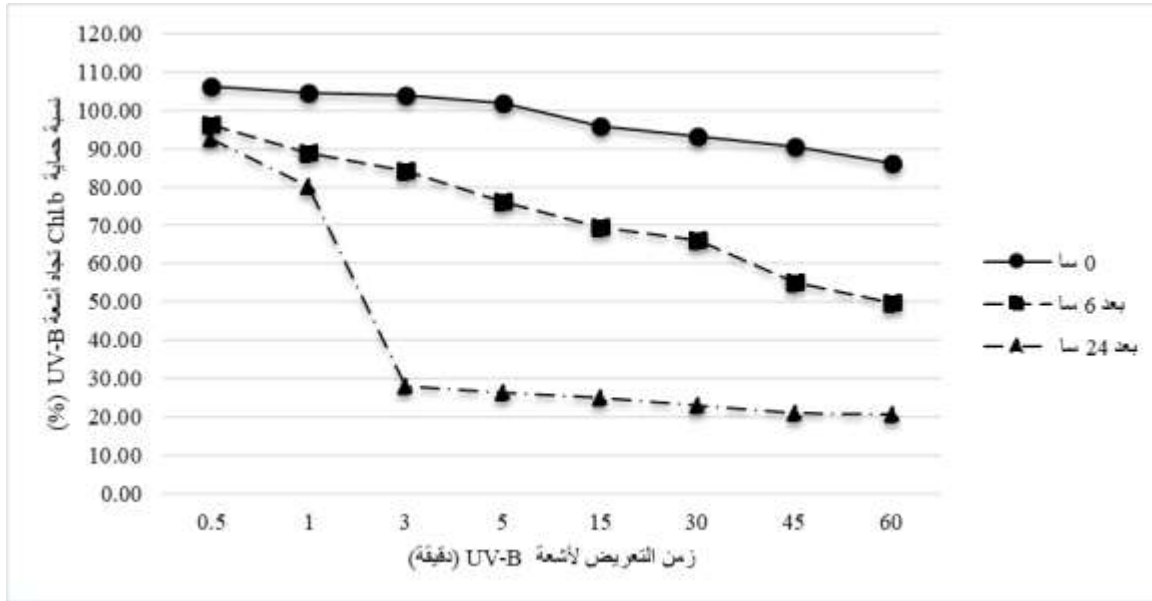
يعد اليخضور a الصباغ الرئيس في عملية التركيب الضوئي؛ فهو يشكل المراكز التفاعلية لنظامي التركيب الضوئيين (النظام الضوئي الثاني Photosystem II (PSII) والنظام الضوئي الأول Photosystem I (PSI))، كما أنه يمثل جزءاً أساسياً في معقدات اقتناص الضوء (LHC) Light harvesting complexes، لذا فإن انخفاض تركيز Chl. a يعد سبباً رئيسياً في انخفاض إنتاجية الطحالب.

كان لأشعة UV-C تأثير سلبي أكبر في Chl.a مقارنة بأشعة UV-B، خاصة عند تعرض الطحالب لـ 60 دقيقة (97.83% لأشعة UV-C و 86.14% لأشعة UV-B بعد 24 ساعة من التعرض).

يمكن أن تعزى تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية (UV-C, UV-B) إلى تثبيط نشاط أنزيم البروتوكوروفيليد أوكسيدو ريدوكتاز Protochlorophyllide oxidoreductase المسؤول عن الارجاع الضوئي لطليعة الكلوروفيليد Protochlorophyllide إلى الكلوروفيليد Chlorophyllide خلال المراحل المبكرة لاصطناع اليخضور. تسبب أشعة UV تخرب البروتينات البنيوية المرتبطة بجزيئات اليخضور ضمن الأغشية الثايلاكويدية (Marwood & Greenberg, 1996; Agrawal, 1992; Ganapathy et al., 2017). كما تبين سابقاً تأثير UV (UV-C, UV-B) السلبي على التطبيق البنوي للمناطق الحبيبية (الغرانا) ضمن الأغشية الثايلاكويدية وحشوة الصانعة وسلامة الصانعات الخضراء عموماً (Sarghein et al., 2008; Sarghein et al., 2011).

تأثير أشعة UV-B في المحتوى اليخضوري b: لحظ ارتفاع في كمية Chl. b بعد القياس المباشر للعينات المعرضة لمدد (0.5، 1، 3، 5، دقائق) من أشعة UV-B (3.87، 4.52، 6.87، 106.87، 104.52، 103.87، 102.08% على التوالي). بينما لحظ انخفاض Chl.b عند تعرض العينات لـ 15، 30، 45، 60 دقيقة لأشعة UV-B وذلك بعد 0، 6، 24 ساعة من توقف التعرض للأشعة وبفروق معنوية واضحة. كان هذا الانخفاض أشد في العينات المعرضة لـ 60 دقيقة من الأشعة (13.73، 50.36، 79.51% بنسب حماية بلغت 86.27، 49.64، 20.49% على التوالي) بدلالات إحصائية واضحة، (الشكل 3).

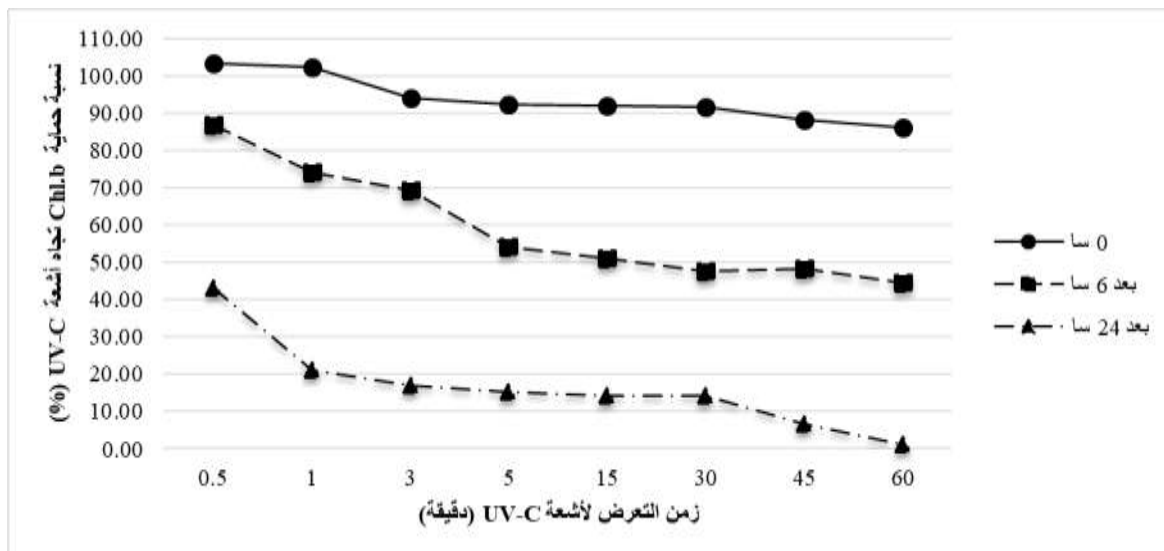
تتوافق هذه النتائج مع دراسات أجريت على طحلب الكلوريلا *Chlorella vulgaris* المعرضين لأشعة UV-B في شروط تجريبية مختلفة (Sharma & Sharma 2015; Ganapathy et al., 2017).



الشكل (3): نسبة حماية اليخضور b تجاه أشعة UV-B (%)

تأثير أشعة UV-C في المحتوى اليخضوري b: لُحظ ارتفاع Chl. b ارتفاعاً طفيفاً بعد القياس المباشر (بعد 0 ساعة) من تعرض العينات لـ 0.5، 1 دقيقة لأشعة UV-C (3.53، 2.33% بنسب حماية 103.53، 102.33% على التوالي). بينما لُحظ انخفاض Chl.b عند تعرض العينات لـ 3، 5، 15، 30، 45، 60 دقيقة لأشعة UV-C وذلك بعد 0، 6، 24 ساعة وبفروق معنوية واضحة. كان هذا الانخفاض أشد في العينات المعرضة لـ 60 دقيقة من الأشعة (13.66، 55.54، 98.73% بنسب حماية بلغت 86.34، 44.46، 1.27% على التوالي) بدلالات إحصائية واضحة، (الشكل 4).

تتوافق هذه النتائج مع دراسات أجريت على طحلب الكلوريل *Chlorella sp.* عند ذات طول الموجة 254 نانومتر؛ إذ تبين عند التعرض لمدة 4 ساعات للأشعة انخفاضاً تدريجياً في المحتوى اليخضوري b ولكنها تختلف معها في المرحلة الأولى من زمن التعرض (Borderie et al., 2014).



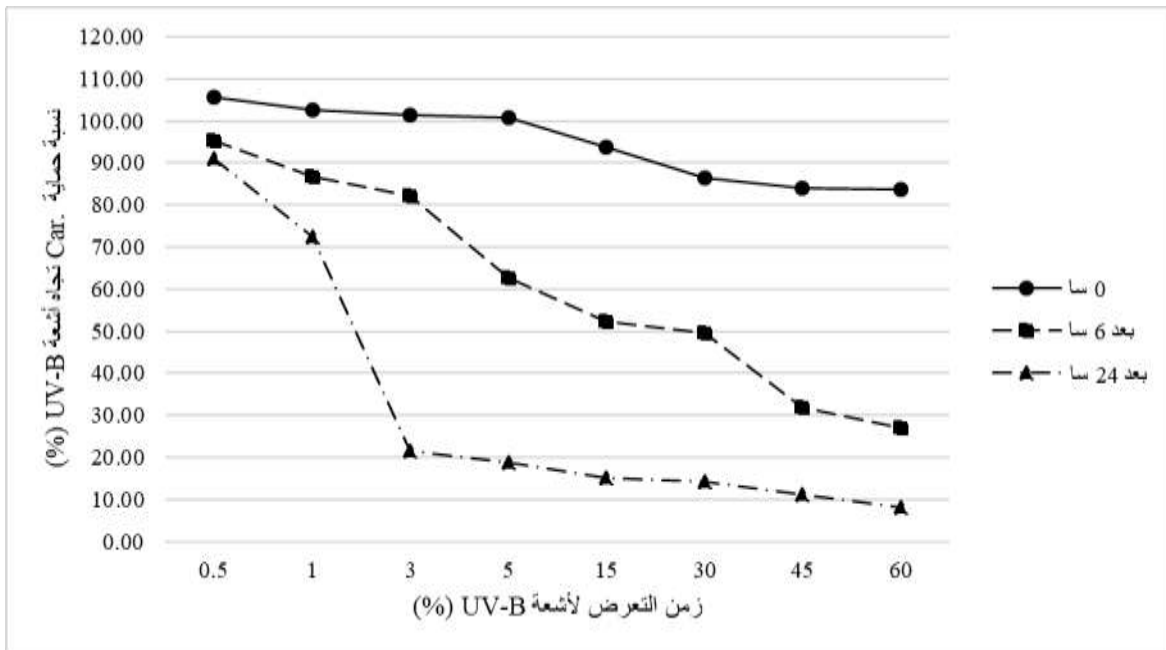
الشكل (4): نسبة حماية اليخضور b تجاه أشعة UV-C (%)

بعد اليخضور b صباغاً ثانوياً مساعداً في عملية التركيب الضوئي؛ إذ أنه يمتص الضوء ويحوّله إلى المراكز التفاعلية في نظامي التركيب الضوئيين (I, II)، كما أنه يحمي اليخضور a من أشعة الشمس الشديدة (بما فيها الأشعة فوق البنفسجية)، لذا فإن زيادة المحتوى اليخضوري (b) قد تساعد في المحافظة على إنتاجية الطحالب (Eggink et al., 2001; Grimm et al., 2006; Bujaldon et al., 2017) لقد كان لأشعة UV-C تأثيراً أكثر سلبيةً في Chl.b مقارنة بأشعة UV-B، خصوصاً بعد القياس المباشر لعينات معرضة لمدة 5 دقائق لأشعة UV-C (ارتفاع في المحتوى الكلوروفيلي (b) 2.08% مع UV-B وانخفاض 7.53% مع UV-C).

تأثير أشعة UV-B في المحتوى الكاروتينويدي: لُحظ ارتفاع المحتوى الكاروتينويدي ارتفاعاً طفيفاً عند القياس المباشر لعينات جرى تعريضها لمدة 0.5، 1، 3، 5 دقائق لأشعة UV-B (6.01، 2.5، 1.24، 0.72% بنسب حماية 106.09، 102.50، 101.24، 100.72% على التوالي) ولكن بدون دلالات إحصائية، بينما انخفضت قيم المحتوى الكاروتينويدي في القراءات بعد ترك العينات المعرضة تنمو لفترات زمنية 6، 24 ساعة وبلغت أقصى انخفاض لها في العينة التي جرى تعريضها لمدة 5 دقائق لأشعة UV-B بفروقات معنوية واضحة (37.21، 81.14% بنسب حماية 62.79، 18.86% بعد 6، 24 ساعة على التوالي).

من جهة أخرى، لُحظ انخفاض المحتوى الكاروتينويدي عند تعرض العينات الطحلبية لـ 15، 30، 45، 60 دقيقة في جميع مراحل الدراسة (بعد 0، 6، 24 ساعة) من زمن توقف التعرض للأشعة، وكان هذا الانخفاض أكثر وضوحاً في العينات المعرضة لـ 60 دقيقة (16.21، 72.91، 91.90% بنسب حماية 83.79، 27.09، 8.15% على التوالي) وبدلالات إحصائية واضحة (الشكل 5).

تتوافق هذه النتائج مع العديد من الدراسات على البكتيريا الخضراء المزرقّة *Synechocystis salina* وطحلب الكلوريللا *Chlorella vulgaris* المعرضين لأشعة UV-B (Juan et al., 2005; Doneva et al., 2017; Ganapathy et al., 2017).

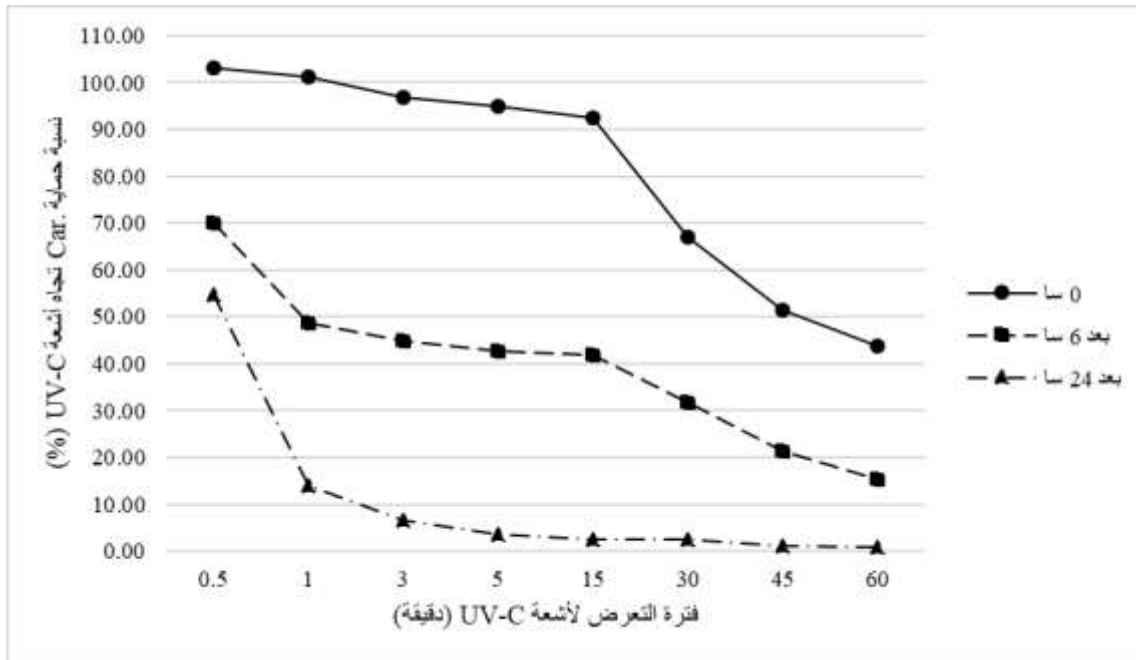


الشكل (5): نسبة حماية الأصبغة الكاروتينويدية تجاه أشعة UV-B (%)

تأثير أشعة UV-C في المحتوى الكاروتينويدي: لحظ ارتفاع المحتوى الكاروتينويدي ارتفاعاً طفيفاً بعد القياس المباشر لعينات طحلبية جرى تعريضها لـ 0.5، 1 دقيقة لأشعة UV-C (3.03، 1.17% بنسب حماية 103.03، 101.17% على التوالي) ولكن بدون دلالات إحصائية (عدا في حالة 0.5 دقيقة)، بينما انخفضت قيم المحتوى الكاروتينويدي في القراءات. تركت العينات المعرضة تنمو لـ 6، 24 ساعة وبلغت أقصى انخفاض لها في العينة التي جرى تعريضها لدقيقة واحدة UV-C بفروقات معنوية واضحة (51.38، 85.92% بنسب حماية 48.62، 14.08% بعد 6، 24 ساعة على التوالي).

من جهة ثانية، لحظ انخفاض المحتوى الكاروتينويدي عند تعرض العينات الطحلبية لـ 15، 30، 45، 60 دقيقة لأشعة UV-C في جميع مراحل الدراسة (بعد 0، 6، 24 ساعة)، وكان هذا الانخفاض أكثر وضوحاً في العينات المعرضة لـ 60 دقيقة من الأشعة (56.29، 84.73، 99.18% بنسب حماية 43.71، 15.27، 0.82% على التوالي) وبدلالات إحصائية واضحة (من 15 دقيقة فما بعد) (الشكل 6).

تتوافق هذه النتائج جزئياً مع دراسات سابقة؛ إذ تبين انخفاض المحتوى الكاروتينويدي انخفاضاً طفيفاً في بداية التجربة، ثم أعقبه انهيار شديد في المحتوى الكاروتينويدي عند التعرض لفترات زمنية طويلة (144 ساعة) عند البكتيريا الخضراء المزرقمة *Microchaete* sp. (Sahu & Simek, 2013)، ومن جهة ثانية تتفق نتائج تجاربنا مع الدراسات المجراة على *Synechococcus* sp. PCC7942 و *Synechocystis* sp. PCC6803 (Gao et al., 2009).



الشكل (6): نسبة حماية الأصبغة الكاروتينويدية تجاه أشعة UV-C (%)

تعد الأصبغة الكاروتينويدية أصبغة ثانوية مساعدة في عملية التركيب الضوئي تدخل في معقدات اقتناص الضوء في نظامي التركيب الضوئيين وتعد مركبات تمنع الأكسدة الضوئية لليبيدات وبروتينات الأغشية الحيوية ولأصبغة اليخضورية. تمتلك هذه الأصبغة القدرة على استبعاد الجذور الأكسجينية النشطة الضارة Reactive oxygen species (ROS) وغيرها من الجذور والمركبات الضارة للخلية (Fu, 1992; Agrawal, 2014; Solovchenko & Chekanov, 2014; Juan et al., 2005; et al., 2013).

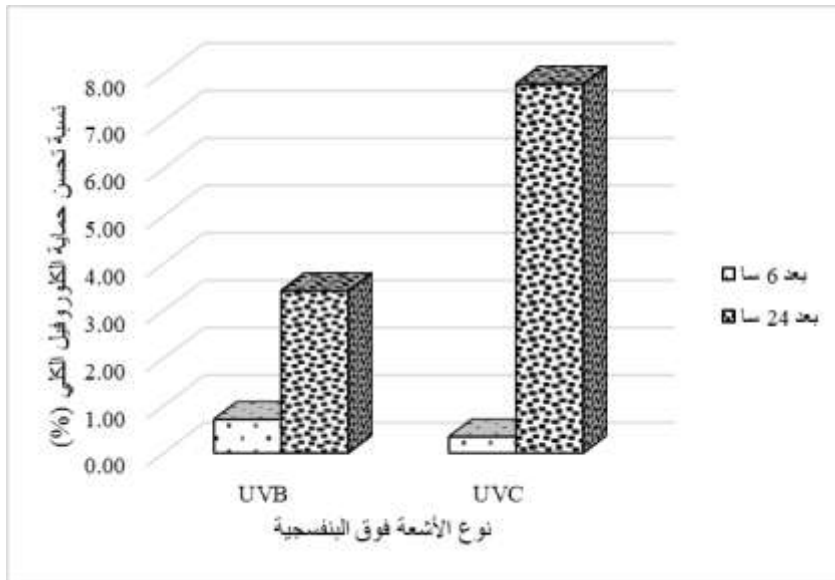
انخفض تركيز الأصبغة الكاروتينويدية مع زيادة جرعات الأشعة (بنوعيهها UV-C, UV-B)، ويُحتمل أن يعزى هذا الانخفاض إلى تخريب البروتينين D1 في النظام الضوئي الثاني (Tilbrook PSII (Juan *et al.*, 2005); *et al.*, 2016).

كان لأشعة UV-C تأثير أكثر سلباً على Chl.b مقارنة بأشعة UV-B، خصوصاً في العينات المعرضة لـ 60 دقيقة من أشعة UV-C والقياس الثالث (بعد 24 ساعة من التعرض) (انخفاض في المحتوى الكاروتينويدي 16.21% مع UV-B وانخفاض 56.29% مع UV-C).

دور شرائح البولي ايثيلين في حماية اليخضور تجاه الأشعة فوق البنفسجية: لُحظ بعد تعرض العينات للأشعة فوق البنفسجية لمدة 30 دقيقة، أن نسب حماية اليخضور الكلي من أشعة UV-B كانت 44.74، 19.03% بعد 6، 24 ساعة على التوالي، بينما أصبحت هذه النسب 45.45، 22.46% بوجود شرائح البولي ايثيلين الزرقاء، مع تحسن للحماية بمقدار 0.71، 3.42% بعد 6، 24 ساعة على التوالي (الشكل 7).

تبين في حالة أشعة UV-C أن نسب حماية اليخضور الكلي بلغت حوالي 37.63، 11.85% بعد 6، 24 ساعة على التوالي، وأصبحت 37.97، 19.64% بوجود شرائح البولي ايثيلين الزرقاء، مع تحسن نسب الحماية بمقدار 0.34، 7.78% بعد 6، 24 ساعة.

دلت النتائج السابقة على قدرة شرائح البولي ايثيلين الزرقاء على تخفيض التأثيرات السلبية للأشعة فوق البنفسجية، وقد كان دور شرائح البولي ايثيلين أكثر وضوحاً في حالة أشعة UV-C مقارنة بـ UV-B، وذلك لأن أشعة UV-C أقصر موجة وأكبر تردداً ومن المعروف أن الأمواج الأكثر تردداً تُحجب بسهولة بواسطة البولي ايثيلين أكثر من تلك الأطول والأقل تردداً. تتوافق هذا مع دراسة أجريت على نبات دوار الشمس المعرض لساعتين يومياً من أشعة UV-B (295 نانومتر) على مدى ثلاثة أيام؛ إذ لُحظ زيادة المحتوى اليخضوري الكلي بنسبة 20.53% في العينات المعرضة لمصابيح UV-B مغطاة بـ شرائح بولي ايثيلين (عياش وآخرون، 2017).



الشكل (7): فعالية شرائح البولي ايثيلين في حماية اليخضور الكلي من أشعة UV (نسبة %)

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- تؤثر الأشعة فوق البنفسجية سلباً في صبغات التركيب الضوئي عند طحلب الأوغلينا *Euglena gracilis* خصوصاً في صبغة اليخضور a.
- تعد أشعة UV-C أكثر ضرراً لصبغات التركيب الضوئي مقارنة بأشعة UV-B عند طحلب الأوغلينا *Euglena gracilis* بنسبة مئوية بلغت 97.83% في العينات المعرضة لمدة 60 دقيقة للأشعة (بعد 24 ساعة).
- يمكن تخفيف الأثر السلبي للأشعة فوق البنفسجية بنوعيتها UV-B, UV-C بنسب 3.42، 7.78% على التوالي عن طريق استخدام شرائح البولي ايثيلين الزرقاء.
- تعد شرائح البولي ايثيلين الزرقاء أكثر فعالية في حجب بعض التأثير الضار لأشعة UV-C في صبغات التركيب الضوئي (اليخضور الكلي) مقارنة بأشعة UV-B.

التوصيات

- ضرورة اجراء دراسات معمقة على فعالية شرائح البولي ايثيلين بنحانات وألوان مختلفة في حماية البنى الدقيقة لجهاز التركيب الضوئي عند طحلب الأوغلينا *Euglena gracilis* وعدد آخر من العوالق النباتية.
- تغطية المسطحات المائية المكشوفة لمزارع الأسماك بشرائح بولي ايثيلين مما يزيد من نمو العوالق النباتية وانتاجيتها التي تشكل مصدراً رئيساً لغذاء الأسماك في هذه المسطحات.

المراجع

1. صالح، فؤاد & محمد، عصام: الكيمياء البيئية. منشورات جامعة تشرين، 2006، 416.
2. عياش، عبدالكريم؛ العوض، دانيال & كحيلي، رزان. دراسة فعالية شرائح البولي ايثيلين في الحد من تأثير الأشعة فوق البنفسجية من نمط UV-B في أصبغة التركيب الضوئي والنقل الإلكتروني الضوئي لدى أوراق نباتات دوار الشمس الفتية *Helianthus sp*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية- سلسلة العلوم البيولوجية 39 (1)، 2017، 245 – 255.
3. AGRAWAL, S.B. *Effects of supplemental U.V.-B radiation on photosynthetic pigment, protein and glutathione contents in green algae*. Environmental and Experimental Botany, Vol. 32, No. 2, 1992, 137 – 143.
4. AYASH, A. S., RICHTER, P., HÄDER, D. P. *Comparative study of the influence of UV on photosynthesis of Cryptomonas maculata and Cosmarium cucumis*, Trends in Photochemistry & Photobiology, Vol. 10, 2003, 167 – 173.
5. BHANDARI, R. & SHARMA, P. K. *Effect of UV-B on photosynthesis, membrane lipids and MAAs in marine cyanobacterium Phormidium corium (Agardh) Gomont*. Indian Journal of experimental biology, Vol. 44, 2006, 330 – 335.
6. BILLINGER, E. G. & SIGEE, D. C. *Freshwater Algae_ Identification, Enumeration and Use as Bioindicators*. John Wiley and Sons, 2nd edition, New Delhi, India, 2015, 292.
7. BLUMTHALER, M., AMBACH, W. *Indication of Increasing Solar Ultraviolet-B Radiation flux in Alpine regions*. Science, Vol. 248, No. 4952, 1990, 206-208.
8. BORDERIE, F.; ALAOUI-SEHMER, L.; BOUSTA, F. & ALAOUI-SOSSE, B. *Cellular and molecular damage caused by high UV-C irradiation of the cave-harvested*

green alga *Chlorella minutissima*: Implications for cave management. International Biodeterioration & Biodegradation, Vol. 93, 2014, 118 – 130.

9. BUJALDON, S.; KODAMA, N.; RAPPAPORT, F.; SUBRAMANYAM, R.; DE VITRY, C; TAKAHASHI, Y. & WOLLMAN, F. A. *Functional Accumulation of Antenna Proteins in chlorophyll b less mutant of chlamydomonas*. Molecular Plant, Vol. 10, 2017, 115–130.

10. DONEVA, D.; IVANOVA, J. & KABAIVANOVA, L. *Physiological and biochemical changes in algal cultures of Chlorella vulgaris and Synechocystis salina (mesophilic and antarctic isolates) occurring after treatment with UV-B radiation*. Ecological Engineering and Environment Protection, Vol. 8, 2017, 73 – 82.

11. EGGINK, L. L.; PARK, H & HOOBER, J. K. *The role of chlorophyll b in photosynthesis: Hypothesis*. BMC Plant Biology, 2001, 1:2.

12. FU, W.; GUÐMUNDSSON, Q & PAGLIA, G.; HERJÓLFSSON, G.; ANDRÉSSON, Q. S.; Pálsson, B. & Brynjólfsson, S. *Enhancement of carotenoid biosynthesis in the green microalga Dunaliella salina with light-emitting diodes and adaptive laboratory evolution*. Appl Microbiol Biotechnol, 97, 2013, 2395–2403.

13. GANAPATHY, K.; CHIDAMBARAM, K.; JANARTHANAN, R. & RAMASAMY, R. *Effect of UV-B radiation on growth, photosynthetic activity and metabolic activities of Chlorella vulgaris*. Research & Reviews: Journal of Microbiology and Biotechnology, Vol. 6, No. 2, 2017, 53 – 60.

14. GAO, Y.; CUI, Y.; XIONG, W.; LI, X. & WU, Q. *Effect of UV-C on Algal Evolution and Differences in Growth Rate, Pigmentation and Photosynthesis Between Prokaryotic and Eukaryotic Algae*. Photochemistry and Photobiology, Vol. 85, 2009, 774–782.

15. GRIMM, B.; PORRA, R.J.; RUDIGER, W. & SCHEER, H. *Chlorophylls and Bacteriochlorophylls- Biochemistry, Biophysics, Functions and Applications*. Springer, Dordrecht, Netherlands, 2006, 619.

16. HOLLOSY F. *Effects of ultraviolet radiation on plant cell*, Micron, Vol. 33, 2002, 179- 197.

17. HOLZINGER, A. & LÜTZ C. *Algae and UV irradiation: Effects on ultrastructure and related metabolic functions*. Micron, Vol. 37, 2006, 190- 207.

18. JUAN, Y.; XUOXI, T.; PEIYU, Z.; JIYUAN, T. & SHUAGLIN, D. *Physiological and ultrastructural changes of Chlorella sp. induced by UV-B radiation*. Progress in natural science, Vol. 15, No. 8, 2005, 678 – 683.

19. JUNEJA, A.; CEBALLOS, R. M. & MURTHY, G. S. *Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production: a review*. Energies, Vol. 6, 2013, 4607 - 4638.

20. KATARIA, S.; JAJOO, A. & GURUPRASD, K. N. *Impact of increasing ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic processes*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, Vol. 137, 2014, 55 – 66.

21. LEE, R. E. *Phycology*, Cambridge University Press, 4th edition, UK, 2008, 561 pages.

22. LICHTENTHALER, H. K. & WELLBURN, A. R. *Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents*. Biochemical Society Transactions, Vol. 11, 1983, 591 – 592.

23. MALPARTIDA, I.; JEREZ, C. G.; MORALES, M. M.; NASCIMENTO, P.; FREIRE, I.; EZEQUIEL, J.; RICO, R. M.; PERALTA, E.; MALAPASCUA, J. R; FLOREZ, Y.; MASOJIDEK, J.; ABDALA, R.; FIGUEROA, F. L. & NAVARRO, E.

Synergistic effect of UV radiation and nutrient limitation on Chlorella fusca (Chlorophyta) cultures grown in outdoor cylindrical photobioreactors. Aquatic Biology, Vol. 22, 2014, 141–158.

24. MARWOOD, C. A. and GREENBERG, B. M. *Effect of supplementary UVB radiation on chlorophyll synthesis and accumulation of photosystems during Chloroplast Development in Spirodela oligorrhiza.* Photochemistry and Photobiology, Vol. 64, No. 4, 1996, 664 – 670.

25. NOYMA, N. P.; SILVA, T. P.; CHIARINI-GARCIA, H.; AMADO, A. M.; ROLAND, F.; MELO, R. C. K. *Potential effects of UV radiation on photosynthetic structures of the bloom-forming cyanobacterium Cyndrospermopsis raciborskii CYRF-01.* Frontiers in Microbiology, Vol. 6, 2015, 1-13.

26. PESSARAKLI, M. *Handbook of photosynthesis*, CRC Press- Taylor & Francis Group, 2nd edition, USA, 2005, 883.

27. Pessoa M. F. *Harmful effects of UV radiation in Algae and aquatic macrophytes- A review.* Emir. J. Food Agric., Vol. 24, No. 6, 2012, 510 - 526.

28. RAI, L. C. & MALLICK, N. *Algal responses to enhanced ultraviolet-B radiation.* PINSA, Vol. 64, No. 2, 1998, 125 – 146.

29. REBOREDO, F. & LIDON, F. J. C. *UV-B radiation effects on terrestrial plants – a perspective.* Emir. J. Food Agric., Vol. 24, No. 6, 2012, 502 – 509.

30. ROGERS, K. *Fungi, Algae, and Protists (Biochemistry, Cells, and Life).* Britannica Educational Publishing in association with Rosen Educational Services, LLC. New York, USA, 2011, 230.

31. SAHU, J. K. & SIMEK, M. *Effect of UV-C on thylakoid arrangement, pigment content and nitrogenase activity in the cyanobacterium Microchaete sp.* Indian J Exp Biol., Vol. 51, No. 5, 2013, 388 - 392.

32. SALAMA, H. M. H., AL WATBAN, A. A., AL-FUGHOM, A. T. *Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants.* Saudi Journal of Biological Sciences, Vol. 18, 2011, 79 – 86.

33. SARGHEIN, S.H. CARAPETIAN, J. and KHARA, J. *Effects of UV radiation on photosynthetic pigments and UV absorbing compounds in Capsicum longum L.* International journal of Botany, Vol. 4, No. 4, 2008, 486 – 490.

34. SARGHEIN, S.H. CARAPETIAN, J. and KHARA, J. *The effects of UV radiation on some structural and ultrastructural parameters in pepper.* Turkish journal of biology, Vol. 35, 2011, 69 – 77.

35. SCHMIDT, E. C.; NUNES, B. G.; MARASCHIN, M. & BOUZON, Z. L. *Effect of ultraviolet-B radiation on growth, photosynthetic pigments, and cell biology of Kappaphycus alvarezii (Rhodophyta, Gigartinales) macroalgae brown strain.* Photosynthetica, Vol. 48, No. 2, 2010, 161 – 172.

36. SHABALA, S. *Plant stress physiology*, CAB international, 2nd edition, London, UK, 2017, 378.

37. SHARMA, R. & SHARMA, V. K. *Effect of ultraviolet-B radiation on growth and pigments of Chlorella vulgaris.* Journal of Indian botanical Society, Vol. 94, No. 1 & 2, 2015, 81 – 88.

38. SOLOVCHENKO, A. & CHEKANOV, K. “*Production of carotenoids using microalgae cultivated in photobioreactors*” in “*Production of biomass and bioactive compounds using bioreactor technology*”. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2014, 63- 91.

39. SREELAKSHMI, T.; RAZA, S. H. *Effect of UV-A radiation on photosynthetic pigments of selected crop plants*. Biolife, Vol. 2, No. 1, 2014, 381 – 386.
40. TILBROOK, K.; DUBOIS, M.; CROCCO, C. D.; YIN, R.; CHAPPUIS, R.; ALLORENT, G.; SCHMID-SIEGERT, E.; GOLDSCHMIDT-CLERMONT, M. & ULM, R. *UV-B perception and acclimation in Chlamydomonas reinhardtii*. Plant cell, Vol. 28, No. 4, 2016, 966 – 983.
41. XIN-SHU, L.; ZI-HUI, F.; PEI-MIN, H. *Effects of solar radiation on photosynthesis and pigmentation in the red algae Pyropia yezoensis Ueda (Bangiales, Rhodophyta)*. Indian Journal of Geo- Marine Sciences, Vol. 43, No. 4, 2014, 473 – 480.