

دراسة فعالية شرائح البولي إيثيلين 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.*

د. عبد الكريم عياش*
د. دانيال العوض**
رزان كحيلي***

(تاريخ الإبداع 8 / 11 / 2016. قبل للنشر في 14 / 2 / 2017)

□ ملخص □

جرى تعريض نباتات دوار الشمس الفتية للأشعة فوق البنفسجية من النمط UV-B(295nm) لمدة 3 أيام (ساعتين/ يومياً)، مع أو بدون حجب الأشعة بشرائح البولي إيثيلين (أزرق، وشفاف) بسماكة مقدارها (0.5 مم). تم قياس كمية أصبغة التركيب الضوئي، إذ لوحظ تباين في كمية اليخضور (chl.a) فيها بنسب (دون حجب 19.59%، بولي إيثيلين شفاف 3.40%، بولي إيثيلين أزرق 1.66%)، واليخضور (chl.b) (7.81، 25.13، 22.79%)، والمحتوى الكلي لليخضور (2.88، 21.76، 20.53%)، بينما ارتفعت كمية الأصبغة الكاروتينويدية في العينات المدروسة (24.45، 19.23، 17.32%) على التوالي. لوحظ انخفاض في شدة النقل الإلكتروني الضوئي (88.04، 78.71، 58.81%) في العينات النباتية المعرضة للأشعة فوق البنفسجية (في اليوم الثالث) على التوالي، وتمت مقارنة جميع النتائج بالشاهد الذي لم يتعرض للأشعة.

تشير النتائج إلى التأثير السلبي للأشعة فوق البنفسجية في المحتوى اليخضوري، ومعدلات النقل الإلكتروني وبالتالي في التركيب الضوئي وإنتاجية نباتات دوار الشمس. كما تشير من جهة أخرى إلى أهمية الأصبغة الكاروتينويدية في حماية الأصبغة اليخضورية من التأثير السلبي لهذه الأشعة. أظهرت النتائج التأثير الإيجابي الواضح لشرائح البولي إيثيلين وخاصة الزرقاء منها في حماية النباتات تجاه هذه الأشعة.

الكلمات المفتاحية: دوار الشمس، أصبغة التركيب الضوئي، النقل الإلكتروني الضوئي، الأشعة فوق

البنفسجية UV-B، شرائح بولي إيثيلين أزرق وشفاف.

* أستاذ - فيزيولوجيا النبات في قسم علم الحياة النباتية- كلية العلوم- جامعة تشرين - اللاذقية- سورية

** أستاذ - فيزيولوجيا النبات في قسم علم الحياة النباتية - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية- سورية

*** طالبة ماجستير - البيئة والتصنيف النباتي- قسم علم الحياة النباتية- كلية العلوم- جامعة تشرين - اللاذقية- سورية

Studying the Effectiveness of Polyethylene in Limiting the Effect of Ultraviolet Radiation (UV-B) on Photosynthesis Pigments and Photosynthetic Electron Transport in the Leaves of Young Sun Flower Plants (*Helianthus* sp.)

Dr. Abdu Ikarim Ayash *

Dr. Danial Al Awad **

Razan Kahaely ***

(Received 8 / 11 / 2016. Accepted 14 / 2 / 2017)

□ ABSTRACT □

Young sun flower plants were exposed to ultraviolet radiation of the type UV-B (295 nm) for 3 days (2 hours per day) with or without excluding the UV-radiations using polyethylene layers (blue and transparent) (0.5 mm thick). The amount of photosynthesis pigments was measured whereby a variation in the chlorophyll contents. Chlorophyll a (chl.a) was noticed at these rates (without covering 19.59%, transparent polyethylene 3.40%, blue polyethylene 1.66%), chlorophyll b (chl.b) at rates (7.81, 25.13, 22.79%) and the total chlorophyll content (2.88, 21.76, 20.53%), while the amount of carotenoid pigments has increased in the studied samples (24.45, 19.23, 17.32%). A decrease in the rate of photosynthetic electron transport has also been noticed (88.04, 78.71, 58.81%) in the plant samples exposed to ultraviolet radiation (on the third day) without UV excluding and with transparent and blue polyethylene successively. All results were compared to the sample which was not exposed to radiation.

All results indicate the negative effect of ultraviolet radiation on the chlorophyll content and the rate of photosynthetic electron transport, therefore, on photosynthesis and the productivity of sun flower plants. They also point out the importance of carotenoid pigments in protecting chlorophyll pigments from the negative effects of this radiation. Results showed the clear positive effect of polyethylene layers, specifically the blue one, in protecting plants against this radiation.

Keywords: *Helianthus*, photosynthesis pigments, photo-electronic transmission, ultraviolet radiation UV-B, blue and transparent polyethylene.

*Prof. Plant Physiology, Department of Botany, Science Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Prof. Plant Physiology, Department of Botany, Science Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Biology, Science Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

ينتمي نبات دوار الشمس *Helianthus sp.* إلى الفصيلة المركبة *Compositae (Asteraceae)*. وينتشر بأنواعه الحقلية والبرية بشكل كبير في بعض المناطق السورية كسهل الغاب، وإدلب، وحلب،.... (شعار، 2007)، وفي مناطق مختلفة من العالم (تركيا، أميركا الشمالية، روسيا، الأرجنتين، أوروبا، الصين، والهند.....) (Arshad *et al.*, 2010; Lochner, 2011).

يتكاثر النبات بشكل رئيس بواسطة البذور، التي تعد مصدراً هاماً للزيوت (كزيت الطعام، ومن أجل تحضير المراهم المستخدمة صيدلانياً لمعالجة الروماتيزم والأمراض الوعائية والالتهابات المزمنة (Ruchika *et al.*, 2014 ; Bashir *et al.*, 2015)، وكمصدر للوقود الحيوي (Naureen *et al.*, 2015). ويشكل النبات بأجزائه المختلفة علفاً للماشية لاحتوائه على كمية عالية من البروتين، وتستخدم أزهار النبات من أجل استخراج بعض الأصبغة، كما تزرع بعض أنواعه لأغراض تزيينية (Ullah & Bano, 2011; Bashir *et al.*, 2015). كما تعتبر نباتات دوار الشمس من النباتات المنتجة للعسل ذو اللون والطعم الجيد والرائحة المميزة (رقية وآخرون، 2005).

تعد الأشعة الشمسية ضرورية لاستمرار الحياة على سطح الأرض؛ إلا أنها تحتوي كميات من الأشعة فوق البنفسجية الضارة للكائنات الحية. لحسن الحظ، فإن معظم هذه الأشعة الضارة يتم التخلص منها وامتصاصها عبر طبقة الأوزون في الستراتوسفير. تشكل الأشعة فوق البنفسجية حوالي 10% من الإشعاع الشمسي الكلي، ويجري تقسيم الأشعة فوق البنفسجية حسب طاقتها أو طول موجتها إلى (Madronich *et al.*, 1998; Sridharan, 2016):

UV-C: (100-280 نانومتر)، ويتم امتصاصها كلية من قبل الأوزون والأوكسجين في طبقات الجو العليا.
UV-B: (280-320 نانومتر)، يجري امتصاص 90% من هذه الأمواج من قبل طبقة الأوزون (O_3) في طبقة الستراتوسفير.

UV-A: (320-400 نانومتر)، وهي تصل إلى الأرض بشكل طبيعي وتنتشر مع الضوء المرئي. تم بفعل مخلفات نشاط المدن الحديثة خلال العقود القليلة الماضية استنفاد طبقة الأوزون في الغلاف الجوي بفعل مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) وبروميد الميثيل (MeBr) و المركبات الصناعية الأخرى التي تحتوي على الهالوجينات، الأمر الذي أدى إلى زيادة كمية الأشعة فوق البنفسجية من النمط UV-B التي تصل سطح الأرض. والتي تعد مسؤولة عن العديد من التأثيرات الضارة بيولوجياً في كل الكائنات الحية. تؤثر الأشعة فوق البنفسجية من نمط UV-B بشكل سلبي في عملية التركيب الضوئي والنمو عند النباتات عامة، وذلك عن طريق تحفيزها على تحرير جذور كيميائية حرة نشطة ذات تأثير سلبي على المركبات العضوية ضمن الخلايا النباتية. كما تقوم بعض المركبات العضوية الحيوية في الخلايا (كالأحماض النووية والبروتينات) بامتصاص هذه الأشعة ذات الطاقة العالية مما يؤدي إلى تقطيع الروابط الكيميائية ضمن جزيئات هذه المركبات وتدميرها (Madronich *et al.*, 1998; Allen *et al.*, 1998; Zlatev *et al.*, 2012; Dwivedi *et al.*, 2015).

أهمية البحث وأهدافه :

تأتي أهمية البحث كون نبات دوار الشمس ذو أهمية غذائية وعلفية وطبية وزيادة إنتاجيته تتعلق بشكل مباشر بآلية ومعدل امتصاص الأشعة الشمسية، وإن معرفة التأثير السلبي للمعدلات المتزايدة من الأشعة فوق البنفسجية UV-B في عملية التركيب الضوئي والنقل الإلكتروني الضوئي عند هذا النبات تقع في أولويات أهداف هذا البحث. ويهدف البحث أيضا إلى دراسة آلية تأثير الأشعة فوق البنفسجية في عملية التركيب الضوئي والنقل الإلكتروني الضوئي عند نباتات دوار الشمس المعرضة للأشعة فوق البنفسجية من النمط UV-B مع استخدام نمطين من التغطية بشرائح بولي إيثيلين أزرق وبولي إيثيلين شفاف، ودون تغطية، ومقارنة النتائج بالشاهد.

طرائق البحث ومواده :

طريقة الزراعة: تم استخدام نبات دوار الشمس *Helianthus sp.* (الصنف البلدي). تمت الزراعة في عام 2016 ضمن غرفة تنمية النباتات: حرارة (25±2) درجة مئوية، رطوبة (70±5%)، إضاءة 3000 لوكس، مع تناوب ضوئي (16 ساعة إضاءة / 8 ظلام)، وأجريت جميع التجارب في مخابر قسم علم الحياة النباتية في كلية العلوم - جامعة تشرين .

تحضير وزراعة المادة النباتية: تم نقع البذور في ماء عادي لمدة ساعتين ومن ثم عَقمت بغمرها بالكحول الإيثيلي (70%) وغمرت برشاحة هيبوكلوريت الكالسيوم بتركيز 10%. غُسلت البذور، بعد ذلك، ثلاث مرات بالماء المقطر للتخلص من آثار المادة المعقمة، ثم زرعت في أطباق بتري بمعدل 10 بذور في كل طبق وثلاث مكررات لكل معاملة، ووضعت في حاضنة النمو بدرجة حرارة (25 درجة مئوية) وفي الظلام. تم نقل البادرات المتساوية في الحجم بعمر (10 أيام) وزراعتها في أحواض بلاستيكية (قطر: 10سم×ارتفاع: 5 سم) تحوي التورب. جرى تعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية الصناعية عند ظهور الزوج الخامس من الأوراق، وترك قسم آخر منها بدون تعريض للأشعة (الشاهد).

للتعرض للأشعة فوق البنفسجية: تم التعريض للأشعة فوق البنفسجية باستخدام لمبة أشعة فوق بنفسجية (Mineralight Lamp, USA, Model: UVGL-58)، وحُجبت الأمواج الأقصر من 280 نانومتر عن طريق استخدام الشرائح المشبعة بخلات السيليلوز، وجرى استبدال هذه الشرائح كل أربعة أيام (Cechin et al., 2007). تم حجب الأشعة فوق البنفسجية عن بعض العينات النباتية باستخدام نمطين من شرائح البولي إيثيلين Polyethylene (أزرق، شفاف) بسماكة (0.5 مم)، إذ وضعت على ارتفاع 50 سم من قمة النبات، (Suárez, 2014). تحديد تراكيز أصبغة التركيب الضوئي (Chl.a, Chl.b, Carotenoids): أُخذت أوزان متقاربة من المجموع الخضري للنباتات الشاهد وللعينات المدروسة (26 يوم من عمر النبات)، و قُطعت صغيراً، وسُحقت في هاون زجاجي مع 10مل إيتانول (80%). تم ترشيح المزيج عبر أربع طبقات من الموسلين، وتنقيتها باستخدام المثقلة المبردة (Centrifuge (Heraeus Christ GMBH) بسرعة 6000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق. جرى فصل المحلول الطافي وقياس الامتصاصية باستخدام مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometer UV/VIS (Model: SECOMAM) عند الأطوال الموجية (647, 663, 664, 470 نانومتر) ضمن المجال المرئي، وجرى حساب كمية أصبغة التركيب الضوئي عن طريق المعادلات المناسبة حسب (عياش والسعد، 2006).

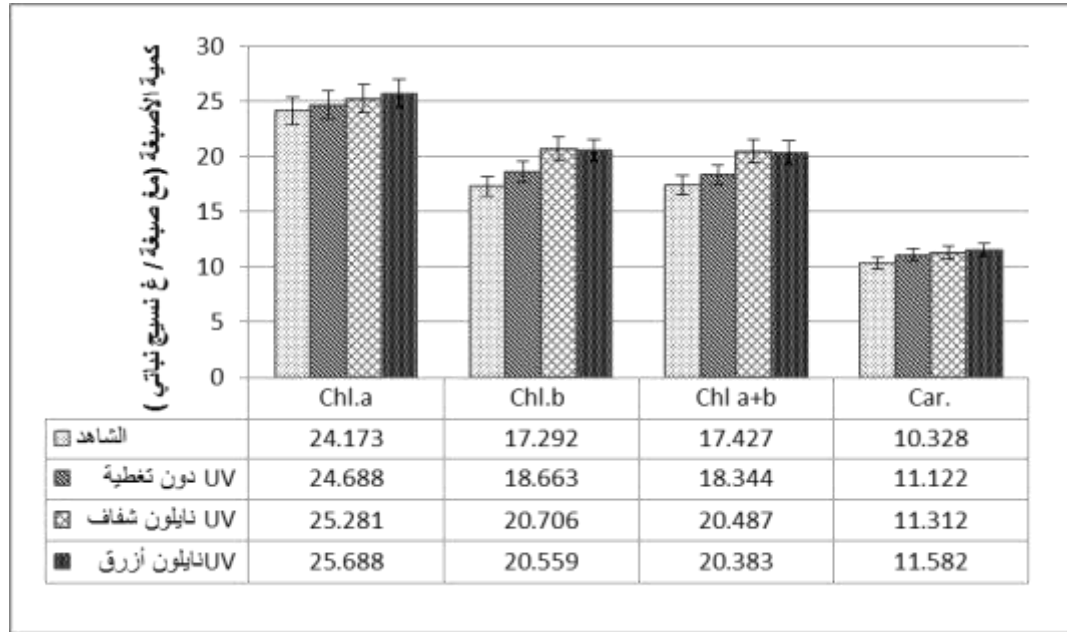
تحديد شدة النقل الالكتروني الضوئي: تم قياس معدل النقل الالكتروني Electron transport rate (ETR) في معلق الثايلاكويدات المعزولة المضاف له محلول دي كلورو فينول اندوفينول (DCPIP) Dichlorophenolindophenols (1.5ميلي مول). إذ تم أخذ أوزان متقاربة من الأوراق النباتية لعينات الشاهد وللعينات المدروسة (26 يوم من عمر النبات) ، قُطعت إلى قطع صغيرة ثم طُحنت في هاون زجاجي مع 10مل) من محلول الطحن المبرد المؤلف من: محلول موقفي فوسفاتي ($\text{KH}_2\text{PO}_4 / \text{Na}_2\text{HPO}_4$) + 0.4 مول سكروز + 0.1 ميلي مول كلور الصوديوم. أُضيف 0.2 مل من محلول DCPIP ، ثم قُسمت العينة إلى قسمين: عُرض أحدهما للضوء بشدة 6000 لوكس لمدة 30 دقيقة بينما وُضِع الآخر في الظلام ، بعد ذلك تُفُلت العينات بمثقلة مبردة بسرعة 6000 دورة / دقيقة لمدة 15 دقيقة، وجرى تحديد الامتصاصية لكل منها باستخدام مقياس الطيف الضوئي عند طول موجة (600 نانومتر)، حسب (Schopfer 1989).

النتائج والمناقشة :

تأثير الأشعة فوق البنفسجية في أصبغة التركيب الضوئي:

تم تعريض النباتات لأمواف محددة من الأشعة فوق البنفسجية الصناعية من نمط UV-B(295nm) ضمن الحاضنة، وترك قسم آخر منها دون تعريض (الشاهد). وذلك عند ظهور الزوج الخامس من الأوراق (عمر النبات 26 يوم). تم حجب الأشعة فوق البنفسجية عن بعض العينات النباتية باستخدام نمطين من شرائح البولي إيثيلين (أزرق، شفاف) في حين ترك البعض الآخر معرضاً للأشعة بشكل مباشر. التعريض للأشعة في اليوم الأول : لوحظ عند التعريض للأشعة في اليوم الأول (لمدة ساعتين) ازدياد كمية الأصبغة اليخضورية، إذ ازدادت كمية اليخضور chl.b بنسب (دون حجب 7.93%، بولي إيثيلين شفاف 19.74%، بولي إيثيلين أزرق 19.13%) ، والمحتوى الكلي لليخضور بنسب (5.26 ، 17.56 ، 16.96%)، وكذلك ارتفعت كمية الأصبغة الكاروتينويدية في العينات المدروسة بنسب (7.69 ، 9.53 ، 12.14%)، مما أُنم حماية جيدة لليخضور chl.a الذي ازدادت كميته أيضاً بنسب (2.13 ، 4.58 ، 6.27%) على التوالي، وتمت مقارنة جميع النتائج بالشاهد، الشكل (1-1).

لوحظ في دراسة أخرى عند نبات فول الصويا Soybean زيادة كمية اليخضور الكلي مع زيادة معدلات التعريض للأشعة فوق البنفسجية، في حين تناقصت النسبة chl.a/chl.b مما يشير إلى زيادة كمية اليخضور chl.b الذي يعد من الأصبغة المساعدة لليخضور chl.a في اقتناص الضوء، والتي تعمل أيضاً على حمايته (Gitzlil et al., 2004)، وكذلك الأمر عند نبات الريحان Sweet Basil (Sakalauskait et al., 2013). ومن أهم أسباب الارتفاع بنسبة جميع أصبغة التركيب الضوئي في العينات المعرضة للأشعة هو ازدياد معدلات الشدة الضوئية الناجمة عن لمبة UV ذات اللون الأزرق من جهة، وإلى ارتفاع الحرارة قليلاً في محيط النباتات المغطاة من جهة أخرى، مما يساهم في ازدياد نشاط أنزيمات التركيب الضوئي ومنها الروبيسكو Ribulosebiphosphate Carboxylase Oxygenase (RubisCO)، وبالتالي زيادة شدة التركيب الضوئي (Cen et al., 2005). وهذه الزيادة لا علاقة لها بتأثير الأشعة فوق البنفسجية التي يبدو أنها عديمة التأثير خلال الساعتين الأوليتين للتعريض.



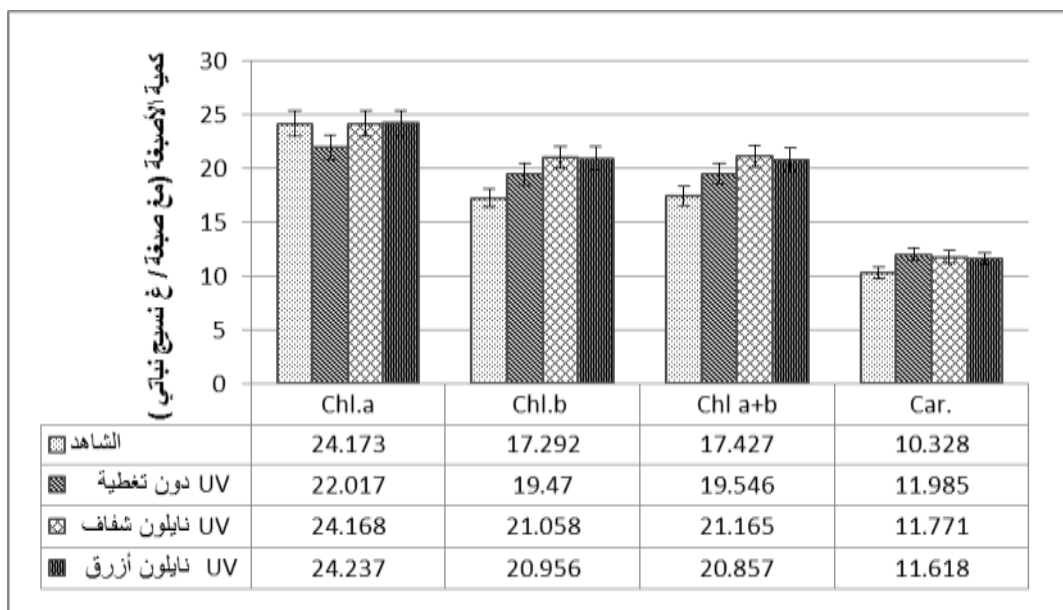
الشكل (1-1) : تأثير الأشعة فوق البنفسجية في صبغات التركيب الضوئي في اليوم الأول من التعرض لأشعة UV-B (تمثل الأرقام متوسط ثلاث مكررات).

التعرض للأشعة في اليوم الثاني : لوحظ عند التعرض للأشعة في اليوم الثاني (ساعتين في اليوم الأول وساعتين في اليوم الثاني) أن كمية اليخضور Chl.a (الصبغة الأهم في عملية التركيب الضوئي) قد بدأت بالانخفاض بنسبة (دون حجب 8.92 %، بولي إيثيلين شفاف 0.02 %، بولي إيثيلين أزرق 0.27 %)، في حين ازدادت كمية اليخضور chl.b بنسب (12.6 ، 21.78 ، 21.19 %) والمحتوى الكلي لليخضور بنسب (12.16 ، 21.5 ، 19.68 %) وكذلك ارتفعت كمية الأصبغة الكاروتينويدية في العينات المدروسة بنسب (16.05 ، 13.97 ، 12.49 %) على التوالي، وتمت مقارنة جميع النتائج بالشاهد، الشكل (1-2).

تأثرت كمية الأصبغة اليخضورية سلباً بفعل التعرض الطويل للأشعة فوق البنفسجية لدى بعض النباتات الصحراوية الحولية، إذ انخفضت كمية اليخضور chl.a و chl.b ، والمحتوى الكلي لليخضور مقارنة مع قيم الشاهد، وازدادت كمية الكاروتينويدات في بداية التعرض ثم أخذت بالتناقص مع زيادة فترة التعرض. تعد الأصبغة الكاروتينويدية أقل تأثراً من اليخضور بالأشعة فوق البنفسجية، حيث تقوم هذه الأصبغة بحماية جهاز التركيب الضوئي تجاه أشعة UV-B (Salama et al., 2011).

تشارك الكاروتينويدات في اقتناص الضوء، كما أنها تعمل على حماية اليخضور من التخراب الناجم عن تشكل جزيئات الأوكسجين الحرة النشطة نتيجة فعل الضوء الشديد والنقل الإلكتروني الممرض، كما لوحظ انخفاض كبير في محتوى الأصبغة اليخضورية و الكاروتينويدية عند معاملة نباتات الفول العادي بأشعة UV-B لأكثر من يوم، حيث أدت هذه الأشعة إلى تشكل الجذور الأوكسجينية الحرة النشطة (Singh et al., 2011).

لاحظ (Cechin et al., 2007) انخفاض كبير في كمية chl.a عند تعريض نباتات دوار الشمس لأشعة UV-B في حين لم تؤثر هذه الأشعة على chl.b بشكل كبير، ويشير ذلك إلى عدم تأثر معقدات اقتناص الضوء بهذه الأشعة، في حين يعد chl.a أكثر حساسية تجاه أشعة UV-B وهذا ما أكده أيضاً (Piri et al., 2011).

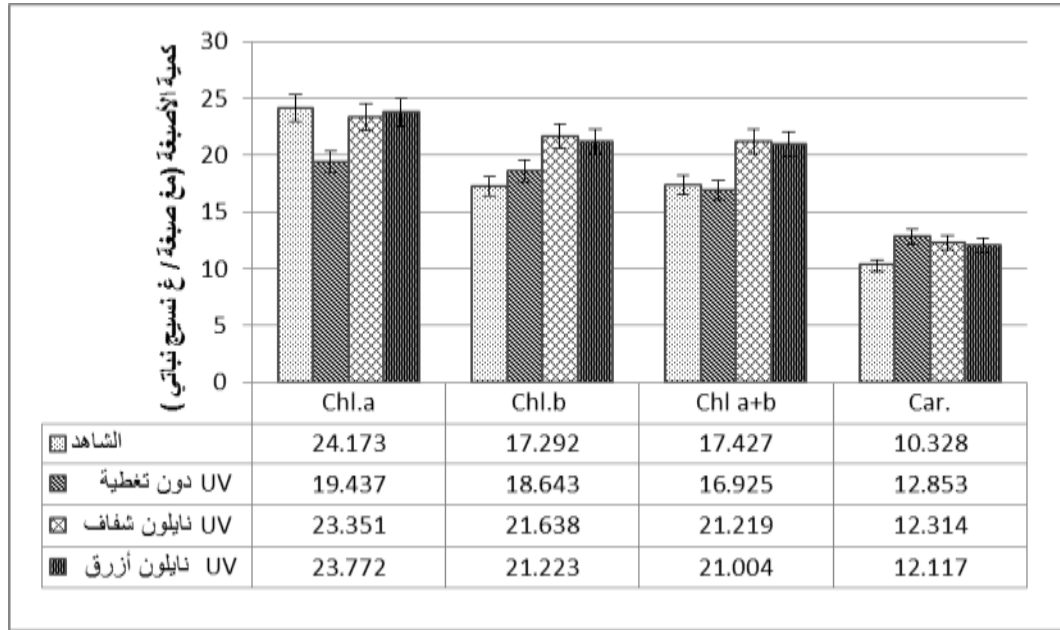


الشكل (1-2) : تأثير الأشعة فوق البنفسجية في صبغات التركيب الضوئي في اليوم الثاني من التعرض لأشعة UV-B (تمثل الأرقام متوسط لثلاث مكررات).

التعرض للأشعة في اليوم الثالث : لوحظ عند التعرض للأشعة في اليوم الثالث (ساعتين في اليوم الأول وساعتين في الثاني وساعتين في الثالث) انخفاضاً ملحوظاً في كمية اليخضور chl.a بنسب (دون حجب 19.59%، بولي إيثيلين شفاف 3.40%، بولي إيثيلين أزرق 1.66%) ، وتغير في كمية اليخضور chl.b بنسب (7.81 ، 25.13 ، 22.79%) والمحتوى الكلي لليخضور بنسب (2.88 ، 21.76 ، 20.53%)، في حين ارتفعت كمية الأصبغة الكاروتينويدية في العينات المدروسة بنسب كبيرة (24.45 ، 19.23 ، 17.32%) على التوالي، وتمت مقارنة جميع النتائج بالشاهد، الشكل(1-3).

يؤدي التعرض الطويل للأشعة فوق البنفسجية UV-B إلى تخريب صبغات التركيب الضوئي ، وهذا الأمر تم تأكيده في العديد من الدراسات ومنها (Hollósy, 2002; Mpoloka, 2008; Kumari *et al.*, 2009; Tsormpatsidis *et al.*,2010; Hassan *et al.*,2012).

لاحظ (Piri *et al.*, 2011) انخفاض كمية أصبغة التركيب الضوئي في معظم المحاصيل عند التعرض لأشعة UV-B، وكذلك انخفض محتوى اليخضور الكلي ، كما لوحظ أيضاً انخفاض المحتوى الكلي لليخضور عند نبات الفول العادي عند التعرض لأشعة UV-B (Hassan *et al.*, 2012).



الشكل (1-3): تأثير الأشعة فوق البنفسجية في صبغات التركيب الضوئي في اليوم الثالث من التعرض لأشعة UV-B (تمثل الأرقام متوسط لثلاث مكررات).

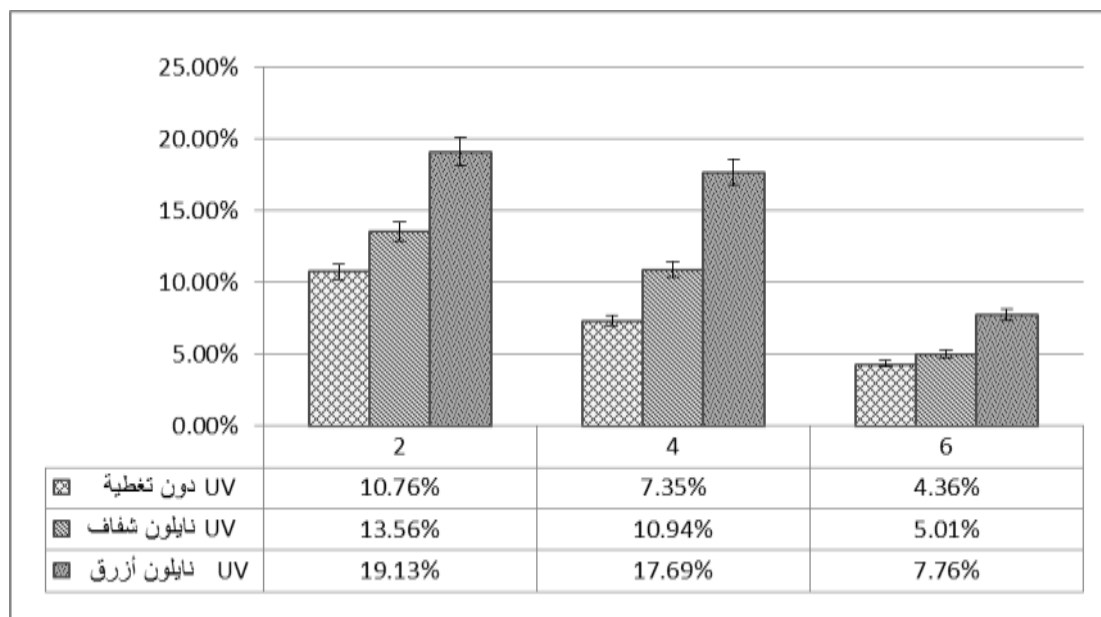
تأثير أشعة UV-B في النقل الإلكتروني الضوئي:

تؤثر الأشعة فوق البنفسجية بعملية النقل الإلكتروني الذي يشير إلى فعالية التركيب الضوئي وقت القياس. لوحظ في اليوم الأول انخفاض معدلات النقل الإلكتروني الضوئي في كل العينات المعرضة للأشعة فوق البنفسجية مقارنة بالشاهد بنسب (دون حجب 70.46 %، بولي إيثيلين شفاف 62.77 %، بولي إيثيلين أزرق 47.49 %)، وانخفضت في اليوم الثاني بنسب (79.83 ، 69.97 ، 51.45 %)، و كانت نسب الانخفاض في اليوم الثالث (88.04 ، 78.71 ، 58.81 %) على التوالي، الشكل (1-4).

يؤدي التعرض لأشعة UV-B إلى تخرّب بنية البروتين D1 والبروتين D2 الذي يشكل قلب مركز التفاعل للنظام الضوئي الثاني (PSII) الأمر الذي ينجّم عنه تناقص في تحرير الأوكسجين والنقل الإلكتروني الضوئي.

(Tsormpatsidis *et al.*, 2010; Piri *et al.*, 2011; Hassan *et al.*, 2012)

إن تعريض النبات للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يؤثر سلباً في صبغات التركيب الضوئي واقتناص الطاقة الضوئية وشطر جزيئات الماء الأمر الذي يؤثر لاحقاً في عملية النقل الإلكتروني الضوئي (Allen *et al.*, 1998).



الشكل (1-4) : تأثير الأشعة فوق البنفسجية في معدلات النقل الإلكتروني الضوئي مقارنة بالشاهد (100%) (تمثل الأرقام متوسط ثلاث مكررات).

بالنتيجة النهائية نلاحظ تناقص فعالية التركيب الضوئي لدى النباتات بشكل ملحوظ بعد ثلاثة أيام من التعرض للأشعة فوق البنفسجية من النمط UV-B (295nm) وانعكس ذلك بوضوح من خلال الانخفاض الشديد بمعدلات النقل الإلكتروني مقارنة بالشاهد، بينما لم يكن ذلك ملحوظاً بوضوح في صبغات التركيب الضوئي لأن الأصبغة لم تتخرب بشكل كبير خلال فترة التعرض.

الاستنتاجات والتوصيات:

- استخدام شرائح البولي إيثيلين (وخاصة ذات اللون الأزرق) لحماية النباتات من تأثير الأشعة فوق البنفسجية من النمط UV-B حيث تعمل هذه الشرائح على تخفيض تأثير هذه الأشعة في أصبغة التركيب الضوئي والنقل الإلكتروني الضوئي وبالتالي حماية أكثر لعملية التركيب الضوئي مقارنة بعينات الشاهد.
- إجراء دراسة معمقة حول فعالية شرائح البولي إيثيلين بالتخفيف من الآثار السلبية لأشعة UV-B في المراحل المتقدمة من نمو النبات (الإزهار والإثمار).

المراجع:

1. عياش، عبد الكريم؛ السعد، عبد الله. *تجارب في فسيولوجيا النبات* ، منشورات دار الرشد للنشر والتوزيع، الرياض، السعودية، 2006، 211 ص .
2. شعار، محمد . *واقع إنتاج الزيوت النباتية في سوريا* ، المؤتمر العربي الدولي السادس للزيوت والدهون الغذائية، دمشق، سوريا، 2007، 11ص.
3. رقية، نزيه ؛ عبد الحميد، عمار؛ عبد العزيز، محمد ؛ سلامة، سليمان ؛ محمد، يوسف . *إنتاج المحاصيل الحقلية*، منشورات كلية الزراعة، جامعة تشرين، سوريا، 2005، 353 ص .
4. ALLEN, D. ; NOGUÉS, S. ; BAKER, N. .*Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis?*. Journal of Experimental Botany, 49 (328) , 1998, 1775–1788.
5. ARSHAD, M. ; AYUB KHAN, M. ; JADOON, S. ; MOHMAND, A. .*Factor Analysis in Sunflower (Helianthus annuus L.) to investigate desirable hybrids*. Pak. J. Bot., 42(6), 2010, 4393-4402.
6. BASHIR, T.; MASHWANI, Z. ; ZAHARA, K. ; HAIDER, S. ; TABASSUM, S. AND MUDRIKAH, A. .*Chemistry, Pharmacology and Ethnomedicinal Uses of Helianthus annuus (Sunflower): A Review*. Pure and Applied Biology. 4(2), 2015, 226-235.
7. CECHIN, I. ; FUMIS, T. ; DOKKEDAL, A. .*Growth and physiological responses of sunflower plants exposed to ultraviolet-B radiation*. Ciência Rural, Santa Maria., 37(1), 2007, 85-90.
8. CEN, Y. ; SAGE, R. . *The Regulation of Rubisco Activity in Response to Variation in Temperature and Atmospheric CO2 Partial Pressure in Sweet Potato*. American Society of Plant Biologists Canada. 139, 2005 , 979–990.
9. DWIVEDI, R. ; SINGH, V. ; KUMAR, J. ; PRASAD, S. .*Differential physiological and biochemical responses of two Vigna species under enhanced UV-B radiation*. Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 8 , 2015, 173-181.
10. GITZ III, D. ; LIU-GITZ, L. ; BRITZ, S. ; SULLIVAN, J. .*Ultraviolet-B effects on stomatal density, water-use efficiency, and stable carbon isotope discrimination in four glasshouse-grown soybean (Glycine max) cultivars* .Environmental and Experimental Botany USA ,53 , 2005, 343–355.
11. HASSAN, I. ; BASAHI, J. ; KADI, M. ; ABOUZEID, H. .*Physiological and Biochemical Impairment in Bean Plants Due to Supplementary Ultraviolet Radiation and Water Stress: Possible Protective Roles of Secondary Metabolite*. Aust. J. Basic & Applied Sciences, 6(9), 2012, 552-561.
12. HOLLÓSY, F. .*Effects of ultraviolet radiation on plant cells*. Micorn 33, 2002,179- 197.
13. LOCHNER, T. . *Prediction of Heterotic groups and Hybrid Performance in South African Sunflower (Helianthus annuus L.) Germplasm using SSR analysis*. Submitted in fulfillment of the requirements for the degree Magister Scientiae Agriculturae, University of the Free State , Bloemfontein, South Africa , 2011.
14. MADRONICH, S. ; MCKENZIE, R. ; BJORN, L. ; CALDWELL, M. .*Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology ,46 ,1998, 5–19.
15. MPOLOKA, S. .*Effects of prolonged UV-B exposure in plants*. African Journal of Biotechnology, 7 (25), 2008, 4874-4883.

16. NAUREEN, R. ; TARIQ, M. ; YUSOFF, I. ; CHOWDHURY, A. ; ASHRAF, M. . *Synthesis, spectroscopic and chromatographic studies of sunflower oil biodiesel using optimized base catalyzed methanolysis*. Saudi Journal of Biological Sciences, 22, 2015, 332–339.
17. PIRI, E. ; BABAEIAN, M. ;TAVASSOLI, A. ; ESMAEILIA, Y. .*Effects of UV irradiation on plants*. African Journal of Microbiology Research, 5(14), 2011, 1710-1716.
18. RUCHIKA, N. ; HARPAL, S. ; KAMLESH, G. ; SEEMA, R. .*Therapeutic potential of sunflower seeds: An Overview*. International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences. 3(3), 2014, 967-972.
19. SAKALAUŠKAITĖ, J. ; VISKELIS, P. ; DAMBRAUSKIENĖ, E. ; SAKALAUŠKIENĖ, S. ; SAMUOLIENĖ, G. ; BRAZAITYTĖ, A. ; DUCHOVSKIS, P. ; URBONAVIČIENĖ, D. .*The effects of different UV-B radiation intensities on morphological and biochemical characteristics in Ocimum basilicum L*. J Sci Food Agric, 93(6), 2013 ,1266-1271.
20. SALAMA, H. ; AL WATBAN, A. ; AL-FUGHOM, A. .Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants. Saudi Journal of Biological Sciences, 18, 2011, 79–86.
21. SCHOPFER, P. . *Experimental plant physiology*. Springer-Verlag (in German), 1989, 460pp.
22. SINGH, R. ; SINGH, S. ; TRIPATHI, R. AND AGRAWAL, S. .*Supplemental UV-B radiation induced changes in growth, pigments and antioxidant pool of bean (Dolichos lablab) under field conditions*. J. Environ. Biol. 32, 2011, 139-145.
23. SRIDHARAN, K.. *Spectral Methods in Transition Metal Complexes*. Elsevier, Netherlands, 2016 ,202 pp.
24. SUÁREZ, L.. *Molecular responses of plants to solar UV-B and UV-A radiation*. Academic dissertation , University of Helsinki, Helsinki, Finland , 2014.
25. TSORMPATSIDIS, E. ; HENBEST, R. ; BATTEY, N. ; HADELY, P.. *The influence of ultraviolet radiation on growth, photosynthesis and phenolic levels of green and red lettuce: potential for exploiting effects of ultraviolet radiation in a production system*. Annals of Applied Biol., 156, 2010, 357-366.
26. ULLAH, F. ; BANO, A.. *Effect of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of safflower(Carthamus tinctorius L.)*.Brazilian society of plant physiology, 23(1) , 2011, 27-31.
27. ZLATEV, Z. ; LIDON, F. ; KAIMAKANOVA, M.. *Plant physiological responses to UV-B radiation*. Emir. J. Food Agric, 24(6), 2012, 481-501.