ISSN: 2790-5306 (Print), 2790-5314 (Online)
مجلة الزراعة العراقية البحثية - وزارة الزراعة
متاح على الانترنت: www.ijarmoa.gov.iq
مجلد 27 العدد (1) 2023
IJAR
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH

تأثـير الاضـاءة الاصطناعية المختلفة الاطياف في نمــو اربعة هجن مـــن شتلات الطماطة

معد نصار محمد الركابي[1] فلاديمير إيفانوفيتش لينوف[2] تاتيانا أركاديفنا تيريشونكوفا[3]
E-mail: maad_n.m@yahoo.com

الملخص

نفذت تجربة بهدف دراسة استجابة نمو شتلات هجن الطماطة ذات فترات نضج مختلفة للإضاءة الاصطناعية باطياف مختلفة في مختبر المناخ الاصطناعي في الجامعة الزراعية الحكومية الروسية – تمريازيف، تضمنت الدراسة أربعة هجن من الطماطه (**Captain F1** ، **Rafinad F1** ، **Coral Reef F1** ، **Fire F1**)، وسبع معاملات إضاءة (أحمر، أخضر، أزرق، أبيض، أخضر+أزرق، أزرق+أحمر، أخضر+أحمر) في تجربة عاملية العامل (**A**) الهجن والعامل (**B**) الاضاءة وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة بأربعة مكررات. كان تأثير معاملات الإضاءة المزدوجة على النباتات أكثر وضوحاً مقارنة بالضوء أحادي اللون في ارتفاع النبات وصافي إنتاجية التمثيل الضوئي والوزن الطري للاوراق. اعطت المعاملة اللون الأخضر+الأحمر اعلى مؤشراً لارتفاع النبات (**19.46**سم)، واعطت المعاملة اللون الأزرق+الأحمر اعلى وزناً طرياً للاوراق ومتوسط صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (**6.57** غم.نبات$^{-1}$ و **3.82** غم . م$^{-2}$.$^{1-}$ يوم) على التوالي. ساهم اللون الأحمر أحادي اللون بزيادة الوزن الطري للساق (**4.61** غم. نبات$^{-1}$) واعلى مساحة ورقية كلية (**244.00** سم^{2}.نبات$^{-1}$) . اعطى الهجين **Captain F1** اعلى وزناً طرياً للساق وللأوراق والمساحة الورقية الكلية. اما الهجين **Fire F1** فقد اعطى أعلى ارتفاعاً للنبات وصافي إنتاجية التمثيل الضوئي.

الكلمات الدالة: *Solanum lycopersicum* L ، ضوء أحادي اللون، ضوء ثنائي اللون، LEDs، زراعة مكثفة.

المقدمة

تنتمي الطماطة (***Solanum lycopersicum* L**) للعائلة **Solanaceae** إلى مجموعة المحاصيل المحايدة للضوء. على الرغم من المتطلبات العالية للإضاءة، فإن معظم الأصناف والهجن للطماطة لها شبه حيادية ضوئية، مما يسمح

---

* البحث مستل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول.

[1] الشركة العامة للتجهيزات الزراعية، وزارة الزراعة، بغداد، العراق.

[2] الجامعة الزراعية الحكومية الروسية، تمريازيف،موسكو،روسيا.

[3] معهد ابحاث روسيا لانتاج الخضروات، محافظة موسكو، روسيا.

تاريخ تسلم البحث: **2**/آيار/**2023**
تاريخ قبول البحث: **13**/حزيران/**2023**

بزراعتها في أوقات مختلفة [9]. أثناء نمو النبات، قلة الاضاءة هي التي تؤثر في إستطالة الساق، وتوفره يزيد من مساحة الأوراق، وتحديد بنية النبات، ويساهم أخيراً في الانتقال إلى الإزهار، وتكوين الثمار وإنتاج البذور [14]. لزيادة كفاءة النباتات وتسريع عمليات النمو في البيئات المحمية والمكثفة والمناطق التي تعاني من نقص الإضاءة، هناك حاجة إلى إضاءة صناعية إضافية لحل هذه المشاكل [2].

تم تطوير تقانات إضاءة نباتية مبتكرة حالياً تعتمد على الثنائيات الباعثة للضوء **light-emitting diode** (**LED**) لمختلف المحاصيل. يبدو أن القدرة على تكييف طيف الضوء لاستجابات النبات المرغوبة هي إحدى المزايا في مصادر الضوء هذه. من ناحية أخرى، يتطلب تطبيق **LED** ضبطًا جيدًا لبيئة الإضاءة وفقًا لمتطلبات المحاصيل [20]. فقد حظي إدخال أنظمة الإضاءة **LED** باهتمام كبير على مدار العقد الماضي. تعد كفاءتها في استخدام الطاقة أعلى مقارنةً بمصابيح الصوديوم عالية الضغط **(HPS) high pressure sodium**، ويمكن وضعها بالقرب من المجموع الخضري أو داخله نظرًا لانبعاثها الحراري المنخفض، كما أنها تنبعث من ضوء النطاق الترددي الضيق مما يسمح بتصميم وتحسين طيف ضوئي مخصص لنمو النبات وتطوير [13]. من أجل الاستفادة الكاملة من إمكانات تقانات **LED** وزيادة تحفيز تنفيذها في البستنة، هناك حاجة إلى اختبارات البيوت المحمية لتقويم استجابة المحاصيل إلى المصابيح مقارنة مع أنظمة الإضاءة التقليدية [8].

وجد **Al-Sahaf** و**Hussein** [3] عند دراسة تأثير نوع الاشعة النافذة من الاغطية الملونة (الاحمر والازرق والاصفر والشفاف) في الصفات النوعية لثمار الطماطة، ادى الغطاء الاحمر الى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية واعلى معدلاً لفيتامين **C**. لاحظ **Tarakanov** [17] أن أنظمة **LED** المختلفة ذات نطاقات الطول الموجي المميزة التي تصل ذروتها في المناطق الطيفية الزرقاء والحمراء يمكن استخدامها بشكل فعال لكل من أبحاث التشكل الضوئي الأساسي للنبات والضبط الدقيق للعمليات الفسيولوجية للنبات وتحسين أنواع أنظمة الضوء.

مع الزراعة الكثيفة سواء أكانت في البيئات المحمية ام في غرف النمو، هناك مشكلة في الإضاءة المثلى وعدم وجود ضوء الشمس الكافي أو لتحسين العمليات الفسيولوجية للنباتات ، فمن الضروري ضبط مستوى الإضاءة بمساعدة الإضاءة الاصطناعية الإضافية. الهدف من هذه الدراسة هو تقويم تأثير مصادر الإشعاع **LED** مختلفة الاطياف في نمو وتطور شتلات هجن الطماطة ذات فترات النضج المختلفة.

المواد وطرائق البحث

أجريت التجربة في مختبر المناخ الاصطناعي للجامعة الزراعية الحكومية الروسية–أكاديمية موسكو تمريازيف الزراعية في عام **2020**. تم اختيار أربعة أنواع من هجن الطماطة ذات فترات نضج مختلفة من قبل شركة **Poisk** الزراعية (روسيا): **Captain F_1** (مبكر جدا النضج)، **Rafinad F_1** (مبكر النضج)، **Coral Reef F_1** (متوسط النضج)، **Fire F_1** (متأخر متوسط النضج) (الشكل.**1**). استخدمت سبع معاملات للاضاءة **LED** مختلفة الاطياف الشكل.**2** وكل وحدة تجربية تضمنت ثلاثة نباتات:

1- أحمر أحادي اللون (كثافة تدفق الفوتون **80** ميكرومول/ م^{2}*ث) من الطول الموجي **660** نانومتر.

2- أخضر+أزرق (كثافة تدفق الفوتون **160** ميكرومول/ م^{2}*ث) من الطول الموجي **520** نانومتر و **460** نانومتر في النسبة **1**:**1**.

3–أخضر أحادي اللون (كثافة تدفق الفوتون **80** ميكرومول/ م^{2}*ث) من الطول الموجي **520** نانومتر.

4 –أزرق+أحمر (كثافة تدفق الفوتون **160** ميكرومول/ م^{2}*ث) من الطول الموجي **460** نانومتر و **660** نانومتر في النسبة **1**:**1**.

5 - أخضر+أحمر (كثافة تدفق الفوتون 160 ميكرومول/ م^{2}*ث) من الطول الموجي 520 نانومتر و 660 نانومتر في النسبة 1:1.

6 - أزرق أحادي اللون (كثافة تدفق الفوتون 80 ميكرومول/ م^{2}*ث) من الطول الموجي 460 نانومتر.

7- أبيض (كثافة تدفق الفوتون 80 ميكرومول/ م^{2}*ث). درجة حرارة اللون (Tcolor) = 5000K. المدة الضوئية 18 ساعة في اليوم. زرعت البذور بتاريخ 8/9/2020 ونمت بذور هجن الطماطة في أصص نباتية بحجم 2 لتر باستخدام ركيزه البتموس peat moss وتم سقيها بالماء وتغطيتها بغطاء النايلون لحين ظهور الشتلات بعد ثلاثة ايام تحت الاضاءة الاصطناعية بمصابيح الصوديوم وبعد ذلك تم نقلها تحت اضاءة LED المخصصة. تم الحفاظ على رطوبة الركيزة عند 70% من سعة المياه الكلية.

أ– هجين F_1 Captain

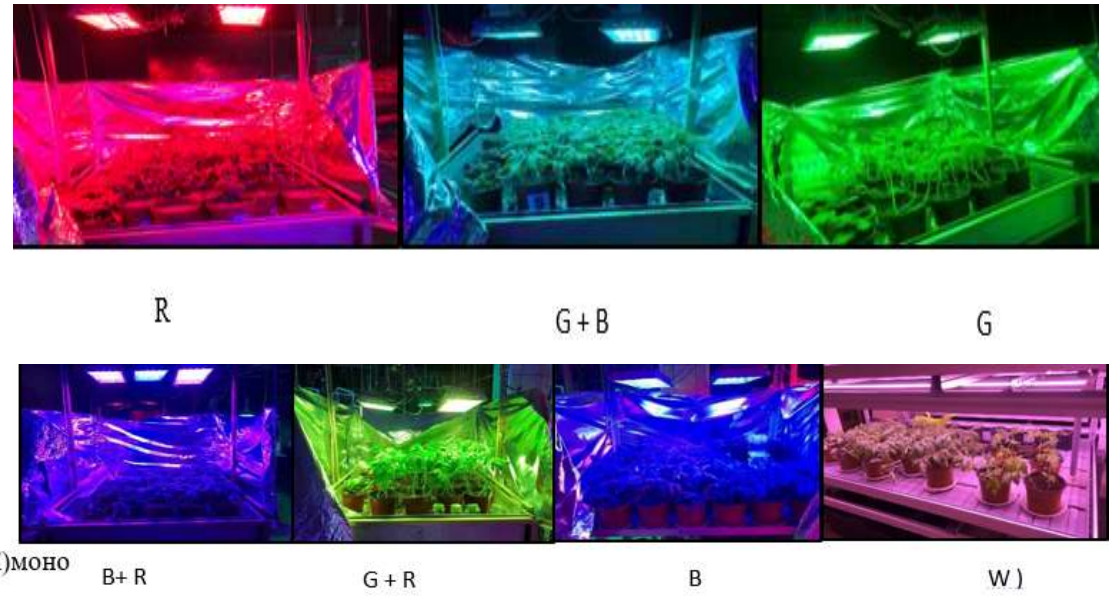
ب– هجين F_1 Rafinad

جـ – هجين F_1 Coral Reef

د– هجين F_1 Fire

(1)أحمر أحادي اللون، (2) أخضر+أزرق، (3) أخضر أحادي اللون، (4) أزرق+أحمر، (5) أخضر+أحمر، (6) أزرق أحادي اللون، (7) أبيض

شكل 1: تأثير اضاءة LED في الهجن الطماطة أ) F_1 Captain، ب) F_1 Rafinad ، ج) F_1 Coral Reef، د) F_1 Fire.



معاملات الاضاءة :**R**) أحمر احادي اللون، (**G+B**) أخضر+أزرق، (**G**) أخضر أحادي اللون، (**B+R**) أزرق+أحمر، (**G+R**) أزرق+ أحمر، (**B**) أزرق أحادي اللون، (**W**) أبيض

شكل2: تأثير اضاءةLED مختلفة الاطياف في هجن الطماطة في غرفة النمو (فيتوترون Phytotron).

التحليل الاحصائي

نفذت تجربة عاملية، العامل الاول (A) الهجن شمل اربعة هجن طماطة مختلفة النضج والعامل الثاني (B) الاضاءة شمل سبعة اطياف ضوئية مختلفة اللوان وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة وبذلك شملت التجربة 28 معاملة بأربع مكررات اي 112 وحدة تجريبية (7*4*4)، وحُللت النتائج وفق البرنامج الإحصائي SPSS وقورنت المتوسطات باختبار اقل فرق معنوي L.S.D وبمستوى احتمال 0.05 [1].

تم أخذ المؤشرات التالية:

–ارتفاع النبات (سم)

–الوزن الطري للساق (غم.نبات$^{-1}$) تم تحديد الوزن على مقياس إلكتروني للعلامة التجارية HL-100 بدقة 0.01 غم.

–الوزن الطري للاوراق (غم.نبات$^{-1}$) تم تحديد الوزن على مقياس إلكتروني للعلامة التجارية HL-100 بدقة 0.01 غم.

–المساحة الورقية الكلية (سم^{2}.نبات$^{-1}$) باستخدام جهاز القارىء الضوئي (LI-3100, Li-Cor, Leaf ,USA Area Meter).

–صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (غم . م$^{-2}$. يوم) بواسطة معادلة

$$\frac{(M_2-M_1)}{(S_1+S_2)/2 * n} = (\text{Briggs وVest وKidd})$$

M– الوزن الجاف للمجموع الخضري (في بداية ونهاية المدة المحسوبة), S – المساحة الورقية الكلية (في بداية ونهاية المدة المحسوبة), n – عدد الأيام بين الفترة المحسوبة (0–31) يوماً.

تم أخذ عينات النبات بعد 24، 31 يوماً من ظهور الشتلات.

النتائج والمناقشة

ارتفاع النبات (سم)

توضح نتائج جدول 1 ان المعاملة بالاضاءة الصناعية مختلفة الاطياف اثرت معنوياً في ارتفاع شتلات الطماطة، اذ اعطت المعاملة بالضوء G+R اعلى ارتفاعاً للشتلات بلغ 19.46 سم التي لم تختلف معنويا عن المعاملة بالضوء R والتي سجلت 18.65 سم في حين كانت اقصر الشتلات عند المعاملة B التي سجلت 9.83 سم التي لم تختلف معنوياً عن معاملة الضوء B+R التي سجلت 10.08 سم، كما اثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في ارتفاع الشتلات وتفوق الهجين Fire F1 باعلى ارتفاع بلغ 15.64 سم والذي لم يختلف معنوياً عن الهجين Captain F1 في حين كانت اقصر الشتلات عند الهجين Coral reef F_1 الذي سجل 13.77 سم، واثر التداخل بين عاملي الاضاءة الصناعية وهجن الطماطة مختلفة النضج معنويا في هذه االصفة، واظهرت معاملة G+R للهجين Fire F1 تفوقا معنويا وسجلت 21.27 سم والتي لم تختلف معنويا عن المعاملة بالضوء R للهجين ذاته ومعاملة G+R للهجين Rafinad F1 والمعاملة بالضوء G والضوء R للهجين Captain F1 مقارنة باقصر الشتلات عند المعاملة بالضوء B للهجين Rafinad F1 التي سجلت 8.50 سم التي لم تختلف معنوياً عن المعاملة بالضوء B للهجينين Captain F_1 و Fire F_1 والمعاملة بالضوء B+R للهجن الاربعة المختلفة النضج والمعاملة بالضوءG+B للهجين Rafinad F_1.

جدول 1: تأثير اضاءة LED مختلفة الالوان (المتوسط ±الخطأ القياسي) في ارتفاع النبات (سم) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد 24 يوماً من ظهورها.

معاملات الاضاءة LED								
هجن الطماطة	R	G+B	G	B+R	G+R	B	W	(A)متوسط العامل
Captain F_1	19.30 ±0.31	12.50 ±0.54	19.67 ±0.98	10.25 ±0.25	19.25 ±0.62	9.83 ±0.31	15.50 ±0.81	15.18 ±1.64
Rafinad F_1	17.92 ±0.84	10.42 ±1.23	16.87 ±0.55	10.31 ±0.25	20.45 ±1.24	8.50 ±0.70	15.00 ±0.40	14.21 ±1.70
Coral reef F_1	16.12 ±0.50	11.80 ±0.75	16.42 ±0.14	9.87 ±0.31	16.85 ±1.15	10.86 ±0.40	14.50 ±0.20	13.77 ±1.09
Fire F_1	21.25 ±1.66	13.10 ±0.05	17.37 ±0.74	9.90 ±0.91	21.27 ±1.51	10.10 ±0.31	16.50 ±1.22	15.64 ±1.80
(B) متوسط العامل	18.65 ±1.08	11.96 ±0.57	17.59 ±0.72	10.08 ±0.11	19.46 ±0.96	9.83 ±0.49	15.38 ±0.42	
LSD 0.05 (A)الهجن العامل	0.75							
LSD 0.05 الاضاءة (B)العامل	0.99							
LSD 0.05 (AB)التداخل	1.97							

معاملات الاضاءة :R) أحمر احادي اللون، (G+B) أخضر+أزرق، (G) أخضر أحادي اللون، (B+R) أزرق+أحمر، (G+R) أزرق+ أحمر، (B) أزرق أحادي اللون، (W) أبيض.

لوحظ أن معاملات الإضاءة أخضر+أحمر (G+R)، و أحمر أحادي اللون (R) أثرت على ارتفاع الهجن بعد24 يوماً من ظهور الشتلات، إذ ساهمت في زيادة انقسام الخلايا وإطالة الساق وزيادة مساحة الأوراق، مما أثر على نمو المجموع الجذري، وزيادة التمثيل الضوئي، وبالتالي زيادة ارتفاع النباتات. بينما كانت المعاملات الأقل ارتفاعاً للنبات هي الأزرق أحادي اللون (B) والأزرق+الأحمر (B+R). في المعاملة بالاضاءة الثنائية الأخضر+الأحمر (G+R) لوحظت كفاءة أعلى مما كانت عليه في المعاملتين ذات اللون الأحمر أحادي اللون (R) والأخضر احادي اللون (G). أظهرت المعاملة الأزرق +الأحمر (B+R) تأثيراً أقل من معاملة اللون الأحمر أحادي اللون (R) واعلى من المعاملة اللون الأزرق أحادي اللون (B). كان التأثير في المعاملة الأخضر+الأزرق (G+B) أقل مما كان عليه في معاملة اللون الأخضر أحادي اللون (G)، ولكنه أعلى من معاملة اللون الأزرق أحادي اللون (B).

من المعروف أن اللون الأحمر يؤثر في إطالة الساق، والمجموع الجذري، ومحتوى الكلوروفيل، والتمثيل الضوئي [15]. يتم إدراك الضوء الأخضر جزئياً على الأقل من خلال فوتوتروبين **Phototropins** والكريبتوكرومات **Cryptochromes** (مستقبلات الضوء الأزرق). ينعكس معظم الضوء الأخضر أو يخترق المجموع الخضري. ومع ذلك، يحتوي الضوء الأخضر على معلومات قيمة بصدد بيئة النبات، ويوجه النمو وفقا لذلك. إذ ان النباتات المزروعة تحت الإضاءة الخضراء لها أعناق طويلة ودرجة حرارة عالية للأوراق [5]. التأثير المعروف للضوء الأزرق في مورفولوجيا النبات هو تثبيط مساحة الورقة والطول الداخلي، مما ينتج عنه نباتاً مضغوطاً [10].

الوزن الطري للساق (غم. نبات$^{-1}$)

تشير نتائج جدول 2 ان المعاملة بالاضاءة الصناعية مختلفة الاطياف اثرت معنوياً في الوزن الطري للساق لشتلات الطماطة، إذ اعطت معاملة بالضوء **R** اعلى وزناً طرياً للساق بلغ **4.61** غم . نبات$^{-1}$ والتي لم تختلف معنويا عن معاملة **G+R** والتي سجلت **4.00** غم . نبات$^{-1}$، في حين كان اقل وزناً طرياً للساق عند معاملة **B** التي سجلت **1.72**غم.نبات$^{-1}$، كما اثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في الوزن الطري للساق وتفوق الهجين **Captain F$_1$** باعلى وزن بلغ **3.48** غم. نبات$^{-1}$ ولم يختلف معنويا عن الهجين **Fire F$_1$**، في حين كانت اقل الشتلات وزناً طرياً للساق عند الهجين **Coral reef F1** الذي سجل **2.71** غم. نبات$^{-1}$ ، واثر التداخل بين عاملي الاضاءة الصناعية وهجن الطماطة مختلفة النضج معنويا في هذه الصفة واظهرت معاملة **R** للهجين **Captain F$_1$** تفوقاً معنوياً وسجلت **5.95** غم. نبات$^{-1}$ مقارنة باقل وزناً طرياً للساق لمعاملة **B** للهجين **Rafinad F$_1$** التي سجلت **1.46** غم. نبات$^{-1}$ التي لم تختلف معنوياً عن الهجن الثلاثة الاخرى للمعاملة ذاتها ومعاملة **W** للهجين **Coral reef F$_1$** ومعاملة **B+R** للهجينين**Captain F$_1$** و **Coral reef F$_1$** للمعاملة ذاتها ومعاملة الضوء **G+B** للهجين **Rafinad F$_1$**.

جدول 2: تأثير اضاءة **LED** مختلفة الالوان (المتوسط ±الخطأ القياسي) في الوزن الطري للساق (غم. نبات$^{-1}$) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد **31** يوماً من ظهورها

معاملات الاضاءة LED								
هجن الطماطة	**R**	**G+B**	**G**	**B+R**	**G+R**	**B**	**W**	متوسط العامل **(A)**
Captain F$_1$	5.95±0.19	2.63±0.67	3.09±0.28	2.28±0.17	4.34±0.15	1.95±0.27	4.13±0.42	3.48±0.53
Rafinad F$_1$	3.84±0.20	2.31±0.56	3.14±0.11	2.69±0.22	4.72±0.24	1.46±0.14	3.10±0.24	3.04±0.39
Coral reef F$_1$	4.27±0.58	2.77±0.15	3.17±0.45	2.01±0.16	3.09±0.34	1.69±0.40	2.00±0.12	2.71±0.33
Fire F$_1$	4.38±0.55	3.15±0.59	2.13±0.38	3.00±0.13	3.85±0.28	1.79±0.52	2.58±0.28	2.98±0.34
متوسط العامل **(B)**	4.61±0.46	2.71±0.17	2.88±0.25	2.49±0.21	4.00±0.35	1.72±0.10	2.95±0.45	
LSD 0.05 للهجن العامل**(A)**	0.34							
LSD 0.05 للاضاءة العامل**(B)**	0.45							
LSD 0.05 للتداخل**(AB)**	0.89							

معاملات الاضاءة :**R**) أحمر احادي اللون، (**G+B**) أخضر+أزرق، (**G**) أخضر أحادي اللون، (**B+R**) أزرق+أحمر، (**G+R**) أزرق+ أحمر، (**B**) أزرق أحادي اللون، (**W**) أبيض.

يحفز الضوء الأحمر نمو ارتفاع النبات، ويحدد إجهاد وحيوية الساق [7]. كانت معاملة اللون الأحمر أحادي اللون (**R**) تاثير في زيادة التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى زيادة المحتوى الغذائي للنبات مما ينعكس في زيادة الوزن الطري للساق، ثم يليها معاملة اللون الأزرق+الأحمر(**B+R**). اما معاملة الإضاءة الزرقاء أحادية اللون (**B**) فقد كانت أقل تأثيراً في مؤشر

الوزن الطري للساق. كان تأثير معاملة الضوء الثنائي أخضر+أحمر (G+R) أقل من معاملة الضوء الأحمر أحادي اللون (R) واعلى من معاملة الضوء الأخضر أحادي اللون (G). بخصوص معاملة الضوء الثنائي أزرق+أحمر (B+R) فقد كان تأثيرها أقل من معاملة الضوء الأحمر أحادي اللون (R) واعلى من معاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B). اما تأثير معاملة الضوء الثنائي الأخضر+الأزرق (G+B) فقد كان أقل من معاملة الضوء اخضر أحادي اللون (G) واعلى من معاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B).

الوزن الطري للاوراق (غم.نبات$^{-1}$)

تشير نتائج جدول 3 ان المعاملة بالاضاءة الصناعية مختلفة الاطياف اثرت معنوياً في الوزن الطري للاوراق في شتلات الطماطة، إذ اعطت المعاملة بالضوء R+B اعلى وزن الطري للاوراق بلغ 6.57 غم.نبات$^{-1}$، في حين كان اقل وزناً طرياً للاوراق عند معاملة G التي سجلت 2.61غم.نبات$^{-1}$ والتي لم تختلف معنويا عن معاملة B التي سجلت 3.11 غم.نبات$^{-1}$، كما اثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في الوزن الطري للاوراق وتفوق الهجين Captain F_1 باعلى وزناً بلغ 5.42 غم.نبات$^{-1}$ ولم يختلف معنوياً عن الهجين Rafinad F_1، في حين كانت اقل الشتلات وزناً طرياً للاوراق عند الهجين Coral reef F1 الذي سجل 4.21 غم.نبات$^{-1}$، كان التداخل غير معنوي بين عاملي الاضاءة الصناعية وهجن الطماطة مختلفة النضج.

جدول 3: تأثير اضاءة LED مختلفة الالوان (المتوسط ±الخطأ القياسي) في وزن الطري للاوراق (غم.نبات$^{-1}$) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد 31 يوماً من ظهورها

معاملات الاضاءة LED								
هجن الطماطة	R	G+B	G	B+R	G+R	B	W	متوسط العامل (A)
Captain F_1	5.94±0.19	6.70±1.45	2.39±0.12	6.38±0.71	5.40±0.13	4.41±0.87	6.70±0.44	5.42±0.59
Rafinad F_1	4.14±0.36	4.75±1.20	2.66±0.13	7.99±0.86	6.23±0.77	2.43±0.10	6.04±0.41	4.89±0.76
Coral reef F_1	4.81±1.02	5.72±0.43	2.82±0.52	5.14±0.34	4.21±0.74	2.81±0.78	4.00±0.20	4.21±0.42
Fire F_1	4.14±0.55	5.49±0.57	2.56±0.21	6.77±0.44	4.09±0.49	2.80±0.74	4.05±0.42	4.27±0.55
متوسط العامل (B)	4.75±0.42	5.66±0.40	2.61±0.08	6.57±0.58	4.98±0.51	3.11±0.44	5.20±0.69	
LSD 0.05 الهجن (A)العامل	0.69							
LSD 0.05 الاضاءة (B)العامل	0.91							
LSD 0.05 (A B)التداخل	N.S							

معاملات الاضاءة :R) أحمر احادي اللون، (G+B) أخضر+أزرق، (G) أخضر أحادي اللون، (B+R) أزرق+أحمر، (G+R) أزرق+ أحمر، (B) أزرق أحادي اللون، (W) أبيض. N.S تعني عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات.

ساهمت الإضاءة الثنائية في زيادة الوزن الطري للاوراق. أدى خيار الإضاءة ازرق+احمر (B+R) إلى زيادة كثافة التمثيل الضوئي، مما أدى إلى زيادة المحتوى الغذائي في النبات، وكذلك زيادة سمك الورقة وتحسين عملية النتح وفتح الثغور. كل ذلك أثر معاً في الزيادة الوزن الطري للاوراق. بينما كانت معاملة الإضاءة الخضراء أحادية اللون (G) أقل تأثير على مؤشر الوزن الطري للاوراق. كان تأثير معاملة الضوء الثنائي أخضر+أحمر (G+R) أعلى من معاملة الضوء الأحمر أحادي

اللون (R) ومعاملة الضوء الأخضر أحادي اللون (G). بخصوص معاملة الضوء الثنائي أزرق+أحمر (B+R) كان تأثيرها أعلى من معاملة الضوء الأحمر أحادي اللون (R) ومعاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B). اما تأثير معاملة الضوء الثنائي الأخضر+الأزرق (G+B)، فقد كان أعلى من معاملة الضوء اخضر أحادي اللون (G) ومعاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B). ينتج من فتح الثغور الناجم عن الضوء الأحمر الى استجابة الخلايا الحارسة لمزيج من التقليل بين الخلايا لتركيز CO_2 والاستجابة المباشرة للبلاستيدات الخضراء للخلايا الحارسة للضوء الأحمر [16]. حفز زراعة الشتلات تحت تأثير الضوء الأزرق نمو النبات ربما يرجع ذلك إلى زيادة وزن المجموع الخضري والجذور والمحتوى العالي من صبغة التمثيل الضوئي [11].

المساحة الورقية الكلية (سم^2.نبات$^{-1}$)

توضح نتائج جدول 4 ان المعاملة بالاضاءة الصناعية مختلفة الاطياف اثرت معنوياً في المساحة الورقية الكلية لشتلات الطماطة، إذ اعطت معاملة بالضوء R اعلى المساحة الورقية الكلية بلغت 244.00 سم^2.نبات$^{-1}$ التي لم تختلف معنويا عن معاملة G+B التي سجلت 211.43 سم^2.نبات$^{-1}$ ومعاملة B+R التي سجلت 210.75 سم^2.نبات$^{-1}$ ، في حين كانت اقل الشتلات للمساحة الورقية الكلية عند معاملة G التي سجلت 133.62 سم^2.نبات$^{-1}$ التي لم تختلف معنويا عن معاملة B التي سجلت 141.1، كما اثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في المساحة الورقية الكلية وتفوق الهجين Captain F_1 باعلى المساحة الورقية الكلية بلغ 211.39 سم^2.نبات$^{-1}$ ولم يختلف معنوياً عن الهجين Rafinad F_1، واثر التداخل بين عاملي الاضاءة الصناعية وهجن الطماطة مختلفة النضج معنوياً في هذه الصفة واظهرت معاملة W للهجين Captain F_1 تفوقاً معنوياً وسجلت 290.00 سم^2.نبات$^{-1}$ التي لم تختلف معنوياً مع الهجين Rafinad F_1 لنفس المعاملة ومعاملة B+R للهجين Rafinad F_1 ومعاملة G+B للهجين Captain F_1 ومعاملة R للهجن الاربعة المختلفة النضج للمعاملة ذاتها، في حين كانت اقل الشتلات معاملة W للهجين Coral reef F_1 ولم تختلف معنويا عن الهجين Fire F_1 للمعاملة ذاتها ومعاملة B للهجن Rafinad F_1 و Coral reef F_1 و Fire F_1 لمعاملة ذاتها ومعاملة G للهجن Captain F_1 و Rafinad F_1 و Fire F_1 لمعاملة ذاتها.

جدول 4: تأثير اضاءة LED مختلفة الالوان (المتوسط ±الخطأ القياسي) في المساحة الورقية الكلية (سم^2.نبات$^{-1}$) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد 31 يوماً من ظهورها

معاملات الاضاءة LED								
هجن الطماطة	R	G+B	G	B+R	G+R	B	W	متوسط العامل (A)
Captain F_1	250.25 ±19.40	255.00 ±36.57	110.75 ±8.76	211.50 ±16.62	179.25 ±26.21	183.00 ±30.13	290.00 ±12.24	211.39 ±22.65
Rafinad F_1	229.25 ±18.91	179.00 ±46.50	155.25 ±8.38	236.25 ±18.86	219.00 ±38.56	113.00 ±13.58	267.00 ±11.43	199.82 ±20.13
Coral reef F_1	273.50 ±44.92	215.50 ±13.04	168.50 ±26.92	182.00 ±16.21	211.25 ±25.66	132.33 ±29.58	99.00 ±8.16	183.15 ±21.75
Fire F_1	223.00 ±20.44	196.25 ±24.75	100.00 ±22.60	213.25 ±17.49	181.00 ±18.00	136.33 ±19.02	101.00 ±8.16	164.40 ±19.55
متوسط العامل (B)	244.00 ±11.43	211.43 ±16.32	133.62 ±16.67	210.75 ±11.11	197.62 ±10.23	141.16 ±14.84	189.25 ±51.74	
LSD 0.05 الهجن (A)العامل	25.39							
LSD 0.05 الاضاءة (B)العامل	33.58							
LSD 0.05 (AB)التداخل	67.17							

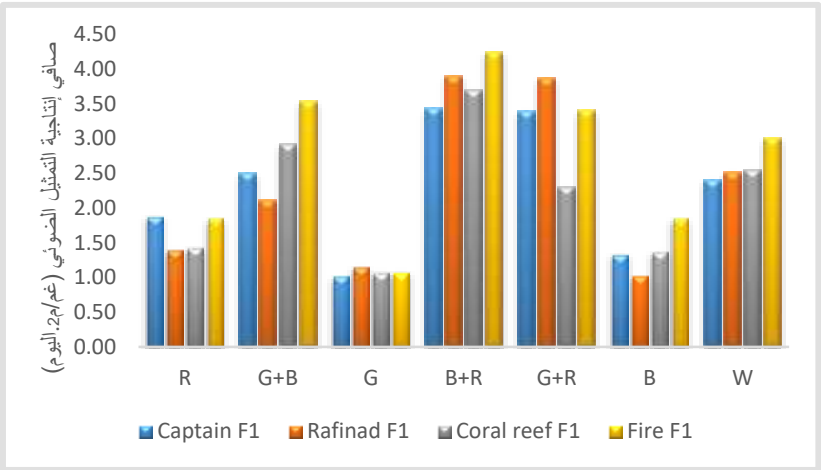
معاملات الاضاءة :R) أحمر احادي اللون ,G+B) أخضر+أزرق ,G) أخضر أحادي اللون, B+R) أزرق+أحمر ,G+R) أزرق+ أحمر ,B) أزرق أحادي اللون ,W) أبيض.

تؤدي الإضاءة الحمراء أحادية اللون (R) عملاً مهماً في زيادة انقسام الخلايا، مما يؤدي إلى زيادة مساحة الورقة وتعزيز التمثيل الضوئي، وتحسين النتح، وبالتالي زيادة المجموع الخضري والجذري. كان تأثير معاملة الضوء الثنائي أخضر+أحمر (G+R) أقل من معاملة الضوء الأحمر أحادي اللون (R) وأعلى من معاملة الضوء الأخضر أحادي اللون (G). بخصوص معاملة الضوء الثنائي أزرق+أحمر (B+R) فقد كان تأثيرها أقل من معاملة الضوء الأحمر أحادي اللون (R) وأعلى من معاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B). اما تأثير معاملة الضوء الثنائي الأخضر+الأزرق (G+B) فقد كان أعلى من معاملة الضوء اخضر أحادي اللون (G) ومعاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B).

تمتص أصباغ فيتوكروم (Phytochrome) الإشعاعات الحمراء والأجزاء المحيطية من طيف الضوء الأحمر [6]. تتفق نتائج هذه الدراسة مع ما وجده Yakovtseva [19] بان غلبة الضوء الأحمر في الطيف الضوئي يزيد من شدة النمو الخضري.

صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (غم . م $^{-2}$. يوم)

تشير نتائج شكل 3 الى أن معاملة بالضوء R+B اعطت اعلى متوسطاً صافياً لإنتاجية التمثيل الضوئي NAR (Net Assimilation Rate) الذي بلغ 3.82 غم . م $^{-2}$. يوم مقارنة بمعاملة الضوء G، إذ كان مؤشر متوسط صافي إنتاجية التمثيل الضوئي هو الأدنى الذي بلغ 1.09 غم . م $^{-2}$. يوم. اعطى الهجين Fire F_1 اعلى مؤشراً متوسطاً صافياً لإنتاجية التمثيل الضوئي وبلغ 2.71 غم . م $^{-2}$. يوم اعلى متوسطاً صافياً لإنتاجية التمثيل الضوئي مقارنة بالهجين Coral reef F_1 الذي بلغ 2.19 غم . م $^{-2}$. يوم، إذ كان الاقل متوسط صافي لإنتاجية التمثيل الضوئي.



معاملات الاضاءة :R) أحمر احادي اللون، (G+B) أخضر+أزرق، (G) أخضر أحادي اللون، (B+R) أزرق+أحمر، (G+R) أزرق+ أحمر، (B) أزرق أحادي اللون، (W) أبيض.

شكل 3: تأثير اضاءة LED مختلفة الالوان في صافي إنتاجية التمثيل الضوئي NAR (غم . م $^{-2}$. يوم) لشتلات هجن الطماطه مختلفة النضج للمدة (0-31) يوماً.

ساهمت معاملات الاضاءة الثنائية، اللون الأزرق+الأحمر (K+B) والأخضر+الأزرق (G+B) والأخضر+الأحمر (G+K) بالاضافة الى معاملة اللون الأبيض (W) بشكل كبير في زيادة NAR. أعطت معاملة اللون الأخضر+الأحمر (G+R) تأثيرا أعلى من معاملة اللون الأحمر أحادي اللون (R) ومعاملة اللون الأخضر احادي اللون (G). كانت معاملة الإضاءة الثنائية أزرق+أحمر (B+R) كانت أكثر فعالية من معاملة اللون الأحمر أحادي اللون (R) ومعاملة اللون الأزرق

احادي اللون (**B**). وكانت المعاملة اللون الأخضر+الأزرق (**G+B**) أعلى مما كانت عليه معاملة اللون الأخضر أحادي اللون (**G**) ومعاملة الأزرق احادي اللون (**B**).

أعطت معاملات الإضاءة البيضاء والثنائية اللون تأثيرا أكبر من الإضاءة أحادية اللون. المعاملة باللون الأحمر+الأزرق كان لها التأثير الأكبر على نمو النبات وزيادة صافي إنتاجية التمثيل الضوئي، ان اطوال الموجية الحمراء والزرقاء هي المصدر الرئيسي للطاقة لاستيعاب CO_2 في النباتات. حيث يعد الضوء الأحمر مصدرا مهما لزيادة عدد ومساحة الأوراق وارتفاع النبات والمادة الجافة، حيث زاد الضوء الازرق من كفاءة اللون الأحمر وبالتالي زاد من **NAR**.

يستخدم الضوء الأحمر بشكل أكثر فاعلية في عملية التمثيل الضوئي، لكن الضوء الأحمر وحده لا يكفي لزيادة التمثيل الضوئي. إذ ان الضوء الأزرق ضروري لمنع "متلازمة الضوء الأحمر **[18]**. وجد أن المزيد من الضوء الأزرق في مجموعات مختلفة من الضوء الأحمر والأزرق أدى إلى زيادة كتلة الأوراق لكل وحدة مساحة، ومحتوى الكلوروفيل في الورقة، ومعدل التمثيل الضوئي للأوراق والتوصيل الثغري، ولكن انخفاض ارتفاع النبات، طول هيبوكوتيل، مساحة الورقة، الوزن الطري والجاف **[4]**. يمكن أن يتسبب في استخدام الضوء أحادي اللون في حدوث تغييرات شديدة في التكوين الضوئي بسبب التنشيط غير المتوازن للمستقبلات الضوئية التي تتوسط التطور المعتمد على الضوء للنباتات **[12]**.

الاستنتاجات

ادى الضوء الأحمر أحادي اللون (**R**) الى زيادة الوزن الطري للساق والمساحة الورقية الكلية مقارنة باللون الأزرق أحادي اللون والأخضر أحادي اللون. كانت الإضاءة الثنائية أفضل في تلبية متطلبات النباتات مقارنة مع الضوء أحادي اللون في الحالات التالية: أعطت الاضاءة الثنائية الأخضر+الأحمر (**K+G**) اعلى زيادة لارتفاع النبات مقارنة باللون الأزرق أحادي اللون (**B**)، أعطت الاضاءة الثنائية الأحمر+الأزرق (**R+B**) أكثر فعالية في زيادة الوزن الطري للاوراق وصافي إنتاجية التمثيل الضوئي مقارنة باللون الاخضر أحادي اللون (**G**). اعطى الهجين **Captain F_1** أعلى وزناً طرياً للساق وللاوراق والمساحة الورقية الكلية، اما الهجين **Fire F_1** فقد كان الاعلى في ارتفاع النبات وصافي إنتاجية التمثيل الضوئي.

المصادر

1- **Al-Mohammadi S. M and F. M. Al-Mohammadi (2012). Statistics and Experimental Design. Amman. Jordan: Dar Osama for Publishing and Distribution. pp.376.**

2- **Al-Rukabi, M. N. M.; V. I. Leunov ; I. G. Tarakanov and T. A. Tereshonkova (2021). The Effect of LED Lighting on the Growth of Seedlings of Hybrid Tomato. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 910(1), 12127.**

3- **Al-Sahaf, F. H. and W. A. Hussein (2017). Effect of wavelength on quality of tomato fruit. Iraq Journal of Agricultural Research, 22(9), 96–110.**

4- **Bantis, F.; S. Smirnakou; T. Ouzounis; A. Koukounaras; N. Ntagkas and K. Radoglou (2018). Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). Scientia Horticulturae, 235, 437–451.**

5- **Bures, S.; M. Urrestarazu Gavilán and S. Kotiranta (2018). Artificial lighting in Agriculture. 1–47.**

6- **Cope, K. R. and B. Bugbee, (2013). Spectral effects of three types of white light-emitting diodes on plant growth and development: absolute versus relative amounts of blue light. HortScience, 48(4), 504–509.**

7- **Dănilă, E. and D.D. Lucache (2016). Efficient lighting system for greenhouses. 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), 439–444.**

8- **Fanwoua, J.; G. Vercambre; G. Buck-Sorlin; J. A. Dieleman; P. de Visser and M. Génard (2019). Supplemental LED lighting affects the dynamics of tomato fruit growth and composition. Scientia Horticulturae, 256, 108571**.

9- **Goto, E. (2003). Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. Environment Control in Biology, 41(2), 121–132**.

10- **Hogewoning S. W.; G. Trouwborst; H. Maljaars; H. Poorter; W. van Ieperen and J. Harbinson (2010). Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light. Journal of Experimental Botany, 61(11), 3107–3117**.

11- **Johkan, M.; K. Shoji; F. Goto; S. Hashida and T. Yoshihara (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. HortScience, 45(12), 1809–1814**.

12- **Landi, M.; M. Zivcak; O. Sytar; M. Brestic and S. I. Allakhverdiev (2020). Plasticity of photosynthetic processes and the accumulation of secondary metabolites in plants in response to monochromatic light environments: A review. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics, 1861(2), 148131**.

13- **Morrow, R. C. (2008). LED lighting in horticulture. HortScience, 43(7), 1947–1950**.

14- **Paik, I. and E. Huq (2019). Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks. Seminars in Cell and Developmental Biology, 92, 114–121**.

15- **Sæbø, A.; T. Krekling and M. Appelgren (1995). Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 41(2), 177–185**.

16- **Shimazaki, K.; M. Doi; S. M. Assmann and T. Kinoshita (2007). Light regulation of stomatal movement. Annu. Rev. Plant Biol., 58: 219–247**.

17- **Tarakanov, I.; O. Yakovleva; I. Konovalova; G. Paliutina and Anisimov, A. (2012). Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production. VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956: 171–178**.

18- **Trouwborst, G.; S. W. Hogewoning; O. van Kooten; J. Harbinson and van W. Ieperen (2016). Plasticity of photosynthesis after the 'red light syndrome'in cucumber. Environmental and Experimental Botany, 121, 75–82**.

19- **Yakovtseva, M. (2015). Photomorphogenetic regulation of growth. Development and production process of plants of garden strawberry (Fragaria x ananassa L.) in conditions of photoculture. (Известия) of the Timiryazev Agricultural Academy, 3, 25–35**.

20- **Yakovtseva, M.; G. Govorova and I. Tarakanov (2015). Supplemental lighting for greenhouse-grown strawberries: effects of different ratios of red to blue radiation. International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses-GreenSys 2015 1170: 1011–1018**.

ISSN: 2790-5306 (Print), 2790-5314 (Online)
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH - Ministry of Agriculture
Available online at: www.ijarmoa.gov.iq
VOL. 27 NO. (1) 2023
IJAR
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH

THE EFFECT OF DIFFERENT SPECTRUM ARTIFICIAL LIGHTING ON FOUR TOMATO SEEDLINGS HYBRIDS*

M. N. M. Al-Rukabi[1] V. I. Leunov[2] T. A. Tereshonkova[3]

E-mail: maad_n.m@yahoo.com

ABSTRACT

We evaluated the reaction of seedlings of tomato hybrids of different maturation to artificial lighting of different spectral compositions in the laboratory of artificial climate in Russian State Agrarian University- Timiryazev, four tomato hybrids (Captain F1, Rafinad F1, Coral Reef F1, and Fire F1), seven lighting treatments (red, green, blue, white, green + blue, blue + red and green + red) with a two-factor design of the factorial experiment (hybrids – factor A and radiation – factor B) according to the randomized complete block design in four repetitions were used. The effect of dual lighting treatments on plants was more pronounced compared to monochromatic light in plant height, the net assimilation rate (NAR) and fresh weight of leaves. The green + red (G+R) treatment provided the higher indicator of plant height (19.46 cm). The blue + red (B+R) treatment, the higher indicators were fresh weight of leaves and NAR

(6.57 g.plant^{-1}, and 3.82 g.m^{2} $^{-1}$.d) respectively. Monochromatic red (R) contributed most to the increase in fresh weight of stem (4.61g.plant^{-1}) and total leaf area (244.00 cm^{2}.plant^{-1}). Hybrid Captain F1had the highest fresh weight of stem and leaves, and total leaf area. The Fire F1 hybrid gave the highest plant height and net assimilation rate.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., monochromatic light, binary light, LEDs, intensive cultivation.

* **Part of Ph. D. thesis of the first author.**

[1] **Ministry of dissertation-State Company for Agricultural Supplies, Baghdad, Iraq.**
[2] **Russian State Agrarian University-Timiryazev. Moscow, Russia.**
[3] **Al-Russian Research Institute of Vegetable Production, Moscow region. Russia.**

Received: May 2, 2023
Accepted: June 13, 2023