

DOI: <https://doi.org/10.65814/ijar.2023.27.1.62>

تأثير الاضاءة الاصطناعية المختلفة الاطراف في نمو اربعة هجن من شتلات الطماطة

معد نصار محمد الركابي¹ فلاديمير إيفانوفيتش لينوف² تاتيانا أركاديفنا تيريشونكوفا³

E-mail: maad_n.m@yahoo.com

© 2023 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an-open access article under the CC by Licenses
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



الملخص

نفذت تجربة بهدف دراسة استجابة نمو شتلات هجن الطماطة ذات فترات نضج مختلفة للإضاءة الاصطناعية بأطراف مختلفة في مختبر المناخ الاصطناعي في الجامعة الزراعية الحكومية الروسية - تمريازيف، تضمنت الدراسة أربعة هجن من الطماطة (Fire F1 ، Coral Reef F1 ، Rafinad F1 ، Captain 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 للأوراق. أعطت المعاملة اللون الأخضر+الأحمر أعلى مؤشراً لارتفاع النبات (19.46 سم)، وأعطت المعاملة اللون الأزرق+الأحمر أعلى وزناً طرياً للأوراق ومتوسط صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (6.57 غم. نبات⁻¹ و 3.82 غم. م⁻². يوم) على التوالي. ساهم اللون الأحمر أحادي اللون بزيادة الوزن الطري للساق (4.61 غم. نبات⁻¹) وأعلى مساحة ورقية كلية (244.00 سم². نبات⁻¹). أعطى الهجن Captain F1 أعلى وزناً طرياً للساق وللأوراق والمساحة الورقية الكلية. أما الهجن Fire F1 فقد أعطى 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 الخايدة للضوء. على الرغم من المتطلبات العالية للإضاءة، فإن معظم الأصناف والهجن للطماطة لها شبه حيادية ضوئية، مما يسمح بزراعتها في أوقات مختلفة [9]. أثناء نمو النبات، قلة الاضاءة هي التي تؤثر في إستطالة الساق، وتوفره يزيد من مساحة

* 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 أبحاث روسيا لإنتاج الخضروات، محافظة موسكو، روسيا.

تاريخ تسلم البحث: 2/آيار/2023

تاريخ قبول البحث: 13/حزيران/2023

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 ضبطاً جيداً لبيئة الإضاءة وفقاً 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 نظراً لانبعائها 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 Hussein و Al-Sahaf [3] عند دراسة تأثير نوع الأشعة النافذة من الاغطية الملونة (الأحمر والأزرق والاصفر والشفاف) في الصفات النوعية لثمار الطماطة، أدى الغطاء الأحمر إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية وأعلى 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 أم 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 الاطيايف 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 ترميازييف الزراعية في عام 2020. تم اختيار أربعة أنواع من هجن الطماطة ذات فترات نضج مختلفة من قبل شركة Poisk الزراعية (روسيا): Captain F₁ (مبكر جدا النضج)، Rafinad F₁ (مبكر النضج)، Coral Reef F₁ (متوسط النضج)، Fire F₁ (متأخر متوسط النضج) (الشكل 1). استخدمت سبع معاملات للإضاءة LED مختلفة الاطيايف الشكل 2. وكل وحدة تجريبية تضمنت ثلاثة نباتات:

- 1- أحمر أحادي اللون (كثافة تدفق الفوتون 80 ميكرومول/م²ث) من الطول الموجي 660 نانومتر.
- 2- أخضر+أزرق (كثافة تدفق الفوتون 160 ميكرومول/م²ث) من الطول الموجي 520 نانومتر و 460 نانومتر في النسبة 1:1.
- 3- أخضر أحادي اللون (كثافة تدفق الفوتون 80 ميكرومول/م²ث) من الطول الموجي 520 نانومتر.
- 4 -أزرق+أحمر (كثافة تدفق الفوتون 160 ميكرومول/م²ث) من الطول الموجي 460 نانومتر و 660 نانومتر في النسبة 1:1.

5 - أخضر+أحمر (كثافة تدفق الفوتون 160 ميكرومول/م²ث) من الطول الموجي 520 نانومتر و 660 نانومتر في النسبة 1:1.

6 - أزرق أحادي اللون (كثافة تدفق الفوتون 80 ميكرومول/م²ث) من الطول الموجي 460 نانومتر.
7- أبيض (كثافة تدفق الفوتون 80 ميكرومول/م²ث). 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 ركيه البتموس peat moss وتم سقيها بالماء وتغطيتها بغطاء النايلون حين ظهور الشتلات بعد ثلاثة أيام 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 Captain F₁



ب- هجين Rafinad F₁



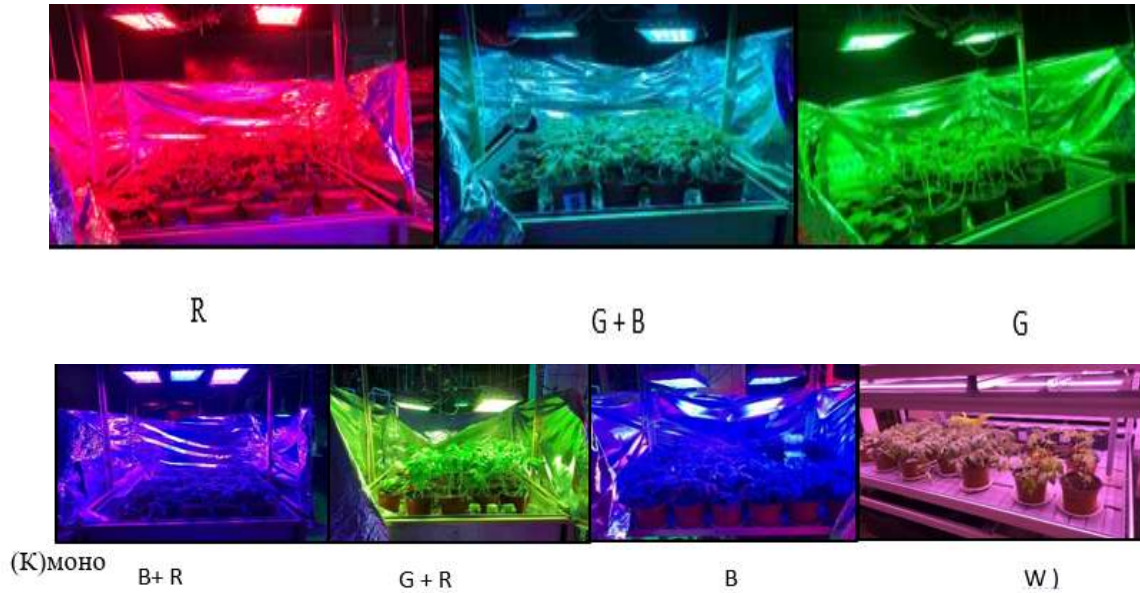
ج - هجين Coral Reef F₁



د- هجين Fire F₁

(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) Captain F₁، (ب) Rafinad F₁، (ج) Coral Reef F₁، (د) Fire F₁.



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 الاطيف 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 اطيف ضوئية مختلفة اللون وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة وبذلك شملت التجربة 28 معاملة بأربع مكررات اي 112 وحدة تجريبية (4*4*7)، 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 (سم².نبات⁻¹) باستخدام جهاز القارئ الضوئي (LI-3100, Li-Cor, Leaf ,USA) (Area Meter).

-صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (غم . م⁻². يوم) بواسطة معادلة

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

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 الاطراف اثرت معنوياً في ارتفاع شتلات الطمطة، اذ اعطت المعاملة بالضوء G+R اعلى ارتفاعاً للشتلات بلغ 19.46 سم التي لم تختلف معنوياً 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 الطمطة 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 F1 الذي سجل 13.77 سم، واثرت التداخل بين عاملي الاضاءة الصناعية وهجن الطمطة مختلفة النضج معنوياً في هذه الصفة، وظهرت معاملة G+R للهجين Fire F1 تفوقاً معنوياً وسجلت 21.27 سم والتي لم تختلف معنوياً 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 للهجين Captain F1 و Fire F1 والمعاملة بالضوء B+R للهجين الاربعة المختلفة النضج والمعاملة بالضوء G+B للهجين Rafinad F1.

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

LED معاملات الاضاءة								
هجن الطمطة	R	G+B	G	B+R	G+R	B	W	(A) متوسط العامل
Captain F ₁	19.30 $\pm$ 0.31	12.50 $\pm$ 0.54	19.67 $\pm$ 0.98	10.25 $\pm$ 0.25	19.25 $\pm$ 0.62	9.83 $\pm$ 0.31	15.50 $\pm$ 0.81	15.18 $\pm$ 1.64
Rafinad F ₁	17.92 $\pm$ 0.84	10.42 $\pm$ 1.23	16.87 $\pm$ 0.55	10.31 $\pm$ 0.25	20.45 $\pm$ 1.24	8.50 $\pm$ 0.70	15.00 $\pm$ 0.40	14.21 $\pm$ 1.70
Coral reef F ₁	16.12 $\pm$ 0.50	11.80 $\pm$ 0.75	16.42 $\pm$ 0.14	9.87 $\pm$ 0.31	16.85 $\pm$ 1.15	10.86 $\pm$ 0.40	14.50 $\pm$ 0.20	13.77 $\pm$ 1.09
Fire F ₁	21.25 $\pm$ 1.66	13.10 $\pm$ 0.05	17.37 $\pm$ 0.74	9.90 $\pm$ 0.91	21.27 $\pm$ 1.51	10.10 $\pm$ 0.31	16.50 $\pm$ 1.22	15.64 $\pm$ 1.80
(B) متوسط العامل	18.65 $\pm$ 1.08	11.96 $\pm$ 0.57	17.59 $\pm$ 0.72	10.08 $\pm$ 0.11	19.46 $\pm$ 0.96	9.83 $\pm$ 0.49	15.38 $\pm$ 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 أحادي 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 بعد 24 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 أحادي اللون (G). أظهرت المعاملة الأزرق+الأحمر (B+R) تأثيراً أقل من معاملة اللون الأحمر أحادي اللون (R) وأعلى 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 وفقاً لذلك. إذ إن 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. نبات¹)

تشير نتائج جدول 2 أن المعاملة بالإضاءة الصناعية مختلفة الاطراف أثرت معنوياً في الوزن الطري للساق لشتلات الطماطة، إذ أعطت معاملة بالضوء R أعلى وزناً طرياً للساق بلغ 4.61 غم. نبات¹ والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة G+R والتي سجلت 4.00 غم. نبات¹، في حين كان أقل وزناً طرياً للساق عند معاملة B التي سجلت 1.72 غم. نبات¹، كما أثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في الوزن الطري للساق وتفاوت الهجين Captain F₁ بأعلى وزن بلغ 3.48 غم. نبات¹ ولم يختلف معنوياً عن الهجين Fire F₁، في حين كانت أقل الشتلات وزناً طرياً للساق عند الهجين Coral reef F₁ الذي سجل 2.71 غم. نبات¹، وأثر التداخل بين عاملي الإضاءة الصناعية وهجن الطماطة مختلفة النضج معنوياً في هذه الصفة وظهرت معاملة R للهجين Captain F₁ تفوقاً معنوياً وسجلت 5.95 غم. نبات¹ مقارنة بأقل وزناً طرياً للساق لمعاملة B للهجين Rafinad F₁ التي سجلت 1.46 غم. نبات¹ التي لم تختلف معنوياً عن الهجين الثالثة الأخرى للمعاملة ذاتها ومعاملة W للهجين Coral reef F₁ ومعاملة B+R للهجين Captain F₁ و Coral reef F₁ للمعاملة ذاتها ومعاملة الضوء G+B للهجين Rafinad F₁.

جدول 2: تأثير إضاءة LED مختلفة الألوان (المتوسط $\pm$ الخطأ القياسي) في الوزن الطري للساق (غم. نبات¹) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد 31 يوماً من ظهورها

LED معاملات الإضاءة								
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
(B) متوسط العامل	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 (A) للهجن العامل	0.34							
LSD 0.05 (B) للإضاءة العامل	0.45							
LSD 0.05 (AB) للتداخل	0.89							

معاملات الإضاءة (R): أحمر أحادي 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) تأثير 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). أما 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) 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). أما تأثير معاملة الضوء الثنائي الأخضر+الأزرق (G+B) فقد كان أقل من معاملة الضوء أخضر أحادي اللون (G) وأعلى من معاملة الضوء الأزرق أحادي اللون (B).

الوزن الطري للاوراق (غم. نبات⁻¹)

تشير نتائج جدول 3 ان المعاملة بالاضاءة الصناعية مختلفة الاطراف اثرت معنوياً في الوزن الطري للاوراق في شتلات الطماطة، إذ اعطت المعاملة بالضوء R+B أعلى وزن الطري للاوراق بلغ 6.57 غم. نبات⁻¹، في حين كان اقل وزناً طرياً للاوراق عند معاملة G التي سجلت 2.61 غم. نبات⁻¹ والتي لم تختلف معنوياً عن معاملة B التي سجلت 3.11 غم. نبات⁻¹، كما اثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في الوزن الطري للاوراق وتنفوق الهجين Captain F₁ بأعلى وزناً بلغ 5.42 غم. نبات⁻¹ ولم يختلف معنوياً عن الهجين Rafinad F₁، 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 $\pm$ الخطأ القياسي) في وزن الطري للاوراق (غم. نبات⁻¹) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد 31 يوماً من ظهورها

LED معاملات الاضاءة								
متوسط العامل (A)	W	B	G+R	B+R	G	G+B	R	هجن الطماطة
5.42±0.59	6.70±0.44	4.41±0.87	5.40±0.13	6.38±0.71	2.39±0.12	6.70±1.45	5.94±0.19	Captain F ₁
4.89±0.76	6.04±0.41	2.43±0.10	6.23±0.77	7.99±0.86	2.66±0.13	4.75±1.20	4.14±0.36	Rafinad F ₁
4.21±0.42	4.00±0.20	2.81±0.78	4.21±0.74	5.14±0.34	2.82±0.52	5.72±0.43	4.81±1.02	Coral reef F ₁
4.27±0.55	4.05±0.42	2.80±0.74	4.09±0.49	6.77±0.44	2.56±0.21	5.49±0.57	4.14±0.55	Fire F ₁
	5.20±0.69	3.11±0.44	4.98±0.51	6.57±0.58	2.61±0.08	5.66±0.40	4.75±0.42	متوسط العامل (B)
							0.69	LSD 0.05 الهجن (A) العامل
							0.91	LSD 0.05 الاضاءة العامل (B) العامل
							N.S	LSD 0.05 التداخل (A B)

معاملات الاضاءة (R: أحمر أحادي 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 أزرق+أحمر (B+R) إلى زيادة كثافة التمثيل الضوئي، مما أدى إلى زيادة المحتوى الغذائي في النبات، وكذلك زيادة سمك الورقة وتحسين عملية النتج وفتح الثغور. كل ذلك أثر معاً في الزيادة الوزن الطري للاوراق. بينما كانت معاملة الإضاءة الخضراء أحادية اللون (G) أقل تأثيراً 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). أما تأثير معاملة الضوء الثنائي الأخضر+الأزرق (G+B)، فقد كان أعلى من معاملة الضوء الأخضر 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 CO₂ 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 (سم². نبات⁻¹)

توضح نتائج جدول 4 ان المعاملة بالاضاءة الصناعية مختلفة الاطراف اثرت معنوياً في المساحة الورقية الكلية لشتلات الطماطة، إذ اعطت معاملة بالضوء R اعلى المساحة الورقية الكلية بلغت 244.00 سم². نبات⁻¹ التي لم تختلف معنوياً عن معاملة G+B التي سجلت 211.43 سم². نبات⁻¹ ومعاملة B+R التي سجلت 210.75 سم². نبات⁻¹، في حين كانت اقل الشتلات للمساحة الورقية الكلية عند معاملة G التي سجلت 133.62 سم². نبات⁻¹ التي لم تختلف معنوياً عن معاملة B التي سجلت 141.1، كما اثرت هجن الطماطة مختلفة النضج في المساحة الورقية الكلية وتنفوق الهجين Captain F₁ باعلى المساحة الورقية الكلية بلغ 211.39 سم². نبات⁻¹ ولم يختلف معنوياً عن الهجين Rafinad F₁، واثرت التداخل بين عاملي الاضاءة الصناعية وهجن الطماطة مختلفة النضج معنوياً في هذه الصفة وظهرت معاملة W للهجين Captain F₁ تفوقاً معنوياً وسجلت 290.00 سم². نبات⁻¹ التي لم تختلف معنوياً مع الهجين Rafinad F₁ لنفس المعاملة ومعاملة B+R للهجين Rafinad F₁ ومعاملة G+B للهجين Captain F₁ ومعاملة R للهجين الاربعة المختلفة النضج للمعاملة ذاتها، في حين كانت اقل الشتلات معاملة W للهجين Coral reef F₁ ولم تختلف معنوياً عن الهجين Fire F₁ للمعاملة ذاتها ومعاملة B للهجين Rafinad F₁ و Coral reef F₁ و Fire F₁ لمعاملة ذاتها ومعاملة G للهجين Captain F₁ و Rafinad F₁ و Fire F₁ لمعاملة ذاتها.

جدول 4: تأثير اضاءة LED مختلفة الالوان (المتوسط $\pm$ الخطأ القياسي) في المساحة الورقية الكلية (سم². نبات⁻¹) لشتلات هجن الطماطة مختلفة النضج بعد 31 يوماً من ظهورها

LED معاملات الاضاءة								
متوسط العامل (A)	W	B	G+R	B+R	G	G+B	R	هجن الطماطة
211.39 ±22.65	290.00 ±12.24	183.00 ±30.13	179.25 ±26.21	211.50 ±16.62	110.75 ±8.76	255.00 ±36.57	250.25 ±19.40	Captain F ₁
199.82 ±20.13	267.00 ±11.43	113.00 ±13.58	219.00 ±38.56	236.25 ±18.86	155.25 ±8.38	179.00 ±46.50	229.25 ±18.91	Rafinad F ₁
183.15 ±21.75	99.00 ±8.16	132.33 ±29.58	211.25 ±25.66	182.00 ±16.21	168.50 ±26.92	215.50 ±13.04	273.50 ±44.92	Coral reef F ₁
164.40 ±19.55	101.00 ±8.16	136.33 ±19.02	181.00 ±18.00	213.25 ±17.49	100.00 ±22.60	196.25 ±24.75	223.00 ±20.44	Fire F ₁
	189.25 ±51.74	141.16 ±14.84	197.62 ±10.23	210.75 ±11.11	133.62 ±16.67	211.43 ±16.32	244.00 ±11.43	متوسط العامل (B)
25.39								LSD 0.05 الهجن (A)
33.58								LSD 0.05 الاضاءة (B)
67.17								LSD 0.05 التداخل (AB)

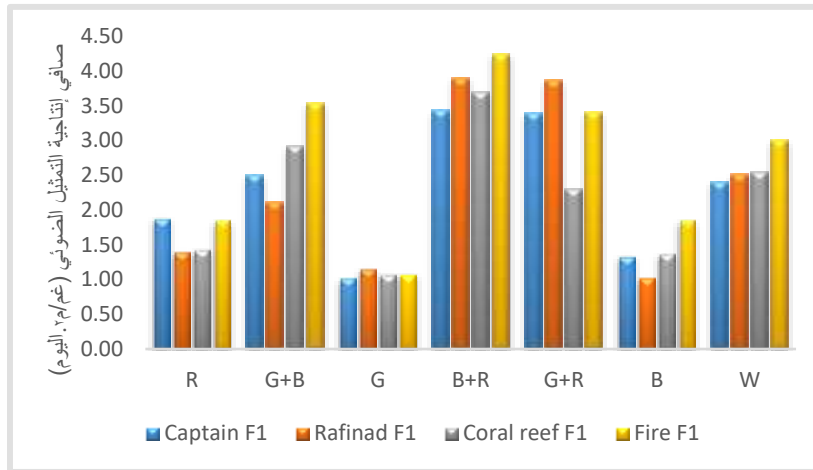
معاملات الاضاءة: (R: أحمر أحادي اللون، G+B: أخضر+أزرق، G: أخضر أحادي اللون، B+R: أزرق+أحمر، G+R: أزرق+أحمر، B: أزرق أحادي اللون، W: أبيض).

تؤدي الإضاءة الحمراء أحادية اللون (R) عملاً مهماً في زيادة انقسام الخلايا، مما يؤدي إلى زيادة مساحة الورقة وتعزيز التمثيل الضوئي، وتحسين النتج، 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). أما تأثير معاملة الضوء الثنائي الأخضر + الأزرق (G+B) فقد كان أعلى من معاملة الضوء أخضر 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 وجدته Yakovtseva [19] بأن غلبة الضوء الأحمر في الطيف الضوئي يزيد من شدة النمو الخضري.

صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (غم . م⁻² . يوم)

تشير نتائج شكل 3 إلى أن معاملة بالضوء R+B أعطت أعلى 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. أعطى الهجين Fire F1 أعلى مؤشراً متوسطاً صافياً لإنتاجية التمثيل الضوئي وبلغ 2.71 غم . م⁻² . يوم أعلى متوسطاً صافياً لإنتاجية التمثيل الضوئي مقارنة بالهجين Coral reef F1 الذي بلغ 2.19 غم . م⁻² . يوم، إذ كان الأقل متوسط صافي لإنتاجية التمثيل الضوئي.



معاملات الاضاءة: (R) أحمر أحادي 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 الطماطة مختلفة النضج للمدة (31-0) يوماً.

ساهمت معاملات الاضاءة الثنائية، اللون الأزرق + الأحمر (K+B) والأخضر + الأزرق (G+B) والأخضر + الأحمر (G+K) بالإضافة الى معاملة اللون الأبيض (W) بشكل كبير في زيادة NAR. أعطت معاملة اللون الأخضر + الأحمر (G+R) تأثيراً أعلى من معاملة اللون الأحمر أحادي اللون (R) ومعاملة اللون الأخضر أحادي 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 تأثيراً 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 والزرقة هي المصدر الرئيسي للطاقة لاستيعاب CO₂ في النباتات. حيث يعد الضوء الأحمر مصدراً مهماً لزيادة عدد ومساحة الأوراق وارتفاع النبات والمادة الجافة، حيث زاد الضوء الأزرق 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 النغري، 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 الإضاءة الثنائية الأخضر+الأحمر (K+G) اعلى زيادة لارتفاع النبات مقارنة باللون الأزرق أحادي اللون (B)، أعطت الإضاءة الثنائية الأحمر+الأزرق (R+B) أكثر فاعلية في زيادة الوزن الطري للأوراق وصافي إنتاجية التمثيل الضوئي مقارنة باللون الأخضر أحادي اللون (G). اعطى الهجين Captain F₁ أعلى وزناً طرياً للساق وللأوراق والمساحة الورقية الكلية، اما الهجين Fire F₁ 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.



DOI: <https://doi.org/10.65814/ijar.2023.27.1.62>

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

M. N. M. Al-Rukabi¹ V. I. Leunov² T. A. Tereshonkova³

E-mail: maad_n.m@yahoo.com

© 2023 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open access article under the CC by Licenses <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



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 .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 cm².plant⁻¹). Hybrid Captain F1 had 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