

פלפל שימוש בתאורת לד תוך נופית

I. הגדרת השלב הפיזיולוגי של הצמח להפעלת התאורה להשגת תוצאות מייטביות

II. בחינת תשתית חדשה של מנורות

זיוה גלעד, אחיעם מאיר- מו"פ בקעת הירדן
דנה חרובי, צחי קמארה, מאיה כהן, ויוקאנאנד טיווארי - המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי
איציק אסקירה - מכללת תל חי.
דויד סילברמן - שה"מ, משרד החקלאות

תקציר

רקע - היקף גידול הפלפל בבקעת הירדן וצפון ים המלח הינו כ- 3500 ד'. על אף המקובל לחשוב כי בארצנו שטופת השמש האור איננו גורם מגביל בחקלאות, למעשה בגידולים רבים, כגון הפלפל, ההיפך הוא הנכון. כך, חלק ניכר מנופם של הצמחים נתון במחסור של תאורה – דבר הנובע ממיקומם הגאוגרפי (למשל פחות אור בצד הצפוני-מערבי) ו/או מהצללה עצמית של הנוף על חלקיו הפנימיים, או הצללה של מבנים או צמחים/עצים סמוכים. המחסור באור בחובו של הנוף מגביל את היצרנות ואת היבול. דרך חדשנית לתגבור התאורה מתבססת על "לדים" (LEDs) light-emitting diodes.

מטרת המחקר - בחינת השפעת השימוש בתאורת לדים תוך-נופית על פוטנציאל היבול -איכות כמות והתפלגות בעונה.

מהלך המחקר - בעונה 2020/21 נבדקו ההיבטים הבאים של שימוש בתאורה בגידול פלפל:

1. השפעת הפעלת התאורה בתקופות פיזיולוגיות שונות על היבול בזן קנון.
 2. השפעת תשתית חדשה של מנורות לתאורה תוך-נופית על היבול בזן קנון.
- במהלך העונה נאספו מדדים פיזיולוגיים, קטיף פרי שקילה ומיון לאורך כל העונה.
- תוצאות** - בניסוי 1. נמצא כי רק הפעלה של התאורה (מנורות Bioled) לאורך כל העונה (מנובמבר ועד סוף הניסוי) הובילה לתוספת יבול כפי שהתקבלה בעונות הקודמות (כ- 30% תוספת באביב).
- בניסוי 2. תוספת תאורה באמצעות שני סוגי המנורות (C-LED, Light-Wheel) שנבחנו כאן לראשונה לא תרמו ליבול.

מבוא

היקף גידול הפלפל בבקעת הירדן וצפון ים המלח הינו כ- 3500 ד'. פלפל ליצוא נשתל במהלך חודש אוגוסט ומשווק החל מנובמבר. בחודשים נובמבר עד סוף מרץ עיקר הפרי מופנה ליצוא, כתלות באיכות ובמחיר. השוק המקומי, וכן מספר אפיקי יצוא, משוועים לפרי איכותי מסוף מרץ ועד יולי. בתקופה זו, יצרני הפלפל בערבה נמנעים מגידול חקלאי עקב דרישת סניטציה באזורם ולפיכך, מגדלי הפלפל בבקעת הירדן הינם ספקים כמעט יחידים של פרי זה לשוק וליצוא. על אף המקובל לחשוב כי בארצנו שטופת השמש האור איננו גורם מגביל בחקלאות, למעשה בגידולים רבים, כגון הפלפל, ההיפך הוא הנכון. כך, חלק ניכר מנופם של הצמחים נתון במחסור של תאורה – דבר הנובע ממיקומם הגאוגרפי (למשל פחות אור בצד הצפוני-מערבי) ו/או מהצללה עצמית של הנוף על חלקיו הפנימיים, או הצללה של מבנים או צמחים/עצים סמוכים. המחסור באור בחובו של הנוף מגביל את היצרנות ואת היבול. דרך חדשנית לתגבור התאורה מתבססת על "לדים" (LEDs) light-emitting diodes. בעונות הקודמות בחנו את השימוש בתאורה תוך-נופית עבור

גידול פלפל (גידול חורפני) עם תאורת לדים בהרכבים ספקטראליים שונים (1,2) בשני זנים, ותאורה בזמנים שונים במהלך היממה (3). מצאנו כי תוספת תאורה של אור לבן קר (כתאורה בשעות היום או בשולי היום) מובילה לתוספת של יבול אביבי של כ- 30% במשקל ובמספר פירות.

מטרת המחקר: בחינת השפעת השימוש בתאורת לדים תוך-נופית על פוטנציאל היבול -איכות כמות והתפלגות בעונה. בעונה 2020/21 נבדקים ההיבטים הבאים של שימוש בתאורה בגידול פלפל:

1. השפעת הפעלת התאורה בתקופות פיזיולוגיות שונות על היבול בזן קנון.
2. השפעת תשתית חדשה של מנורות לתאורה תוך-נופית על היבול בזן קנון.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

בעונה 2020/21 בוצעו במסגרת המחקר שני ניסויים:

ניסוי I: הניסוי מבוצע במנהרה עבירה, רוחב מפתח 11 מ'. שתילה ב- 12/8/20 זן קנון (זרעים גדרה) המבנה מחופה ברשת 50 מ"ש + רשת 40% צל שחורה. הסרת רשת צל 15/9/20, כיסוי בפוליאאתילן 3/11/20 ב-25/2/21 המבנה כוסה ברשת 40% צל מעל הפלסטיק. אביזר התאורה הוא מנורות Crops IP67 (Bioled Ecolight systems Ltd.), בקצרה 'Bioled'. תאורת ה-Bioled מורכבת משתי יחידות המחוברות גב לגב ומאירות כלפי מטה ומעלה (איור 1A). ספקטרום הקרינה הוא אור לבן קר – cool white (איור 1B). גובה התאורה עודכן במהלך העונה בהתאם לצימוח. פרוט הטיפולים (איור 1C):

LED-1 - הפעלת תאורה מ-3/11/20 עד סוף העונה (15/5/21) זמן הארה 06:00-18:00 (4 חזרות, כל אחת 5 מ').

LED-2 - הפעלת תאורה מ-3/11/20 עד 28/2/21. זמן הארה 06:00-18:00 (4 חזרות, כל אחת באורך 5 מ').

LED-3 - הפעלת תאורה מ-5/1/21 עד סוף העונה (15/5/21) זמן הארה 06:00-18:00 (4 חזרות, כל אחת 5 מ').

חלקות ביקורת - חלקות ללא תוספת תאורה.

ניסוי II: הניסוי מבוצע במנהרה עבירה, רוחב מפתח 11 מ'. שתילה ב- 12/8/20 זן קנון (זרעים גדרה) המבנה מחופה ברשת 50 מ"ש + רשת 40% צל שחורה. הסרת רשת צל 15/9/20, כיסוי בפוליאאתילן 3/11/20 ב-25/2/21 המבנה כוסה ברשת 40% צל מעל הפלסטיק. הפעלת תוספת תאורה החל מ-3/11/20 עד סוף העונה פרוט הטיפולים:

1. נורות interlight של חברת C-LED (חברה איטלקית, מיוצגת בארץ ע"י שלחין טכנולוגיות) עם אור אדום וכחול (איור 3A,B). שתי מנורות C-LED, שאורכן 2.5 מ' כל אחת, שורשרו לקבלת מקטע תאורה באורך 5 מ'. הפעלת התאורה מ-5/11/20 עד סוף העונה. זמן הארה 06:00-18:00 (3 חזרות, כל אחת באורך 5 מ').

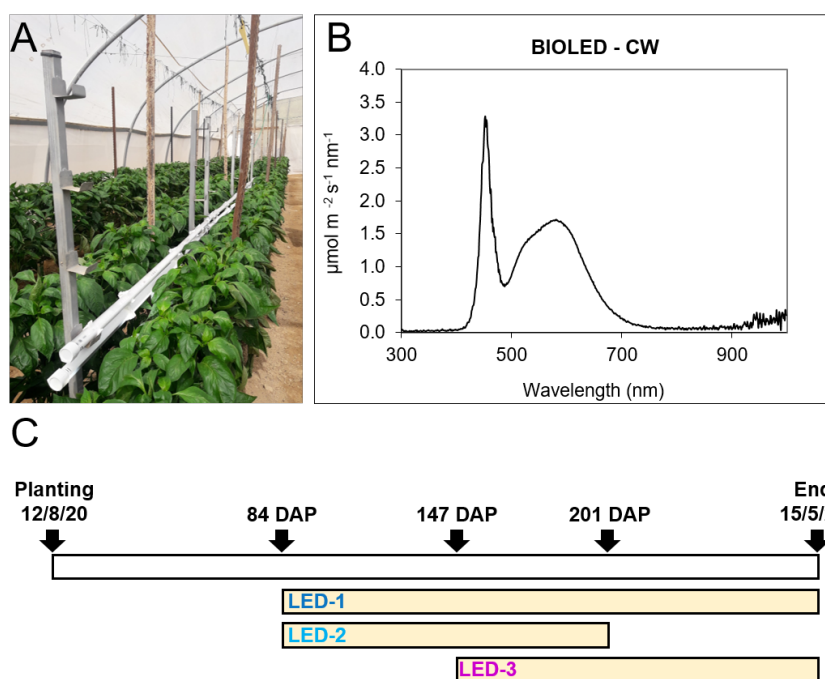
2. מוצר תאורה של חברת Light-Wheel - הנו גליל קומפקטי אשר בתוכו שלוש פאזות של פסי תאורה עם אור לבן קר (איור 3C,D). הפעלת התאורה מ-5/11/20 עד סוף העונה. זמן הארה 06:00-18:00 (4 חזרות, כל אחת באורך 5 מ').

3. חלקות ביקורת ללא תוספת תאורה.

במהלך הניסוי נאספו מדדים שונים: תכולת כלורופיל, טמפי' עלווה, שחלוף גזים, ביומסה של הצמחים (בתום הניסוי). קטיף החלקות החל מ-23/11/20, עבור כל טיפול בנפרד בשני הניסויים. בוצעה ספירת פירות, שקילה ומיון לפי מרכיבי האיכות המקובלים.

ניסוי I.

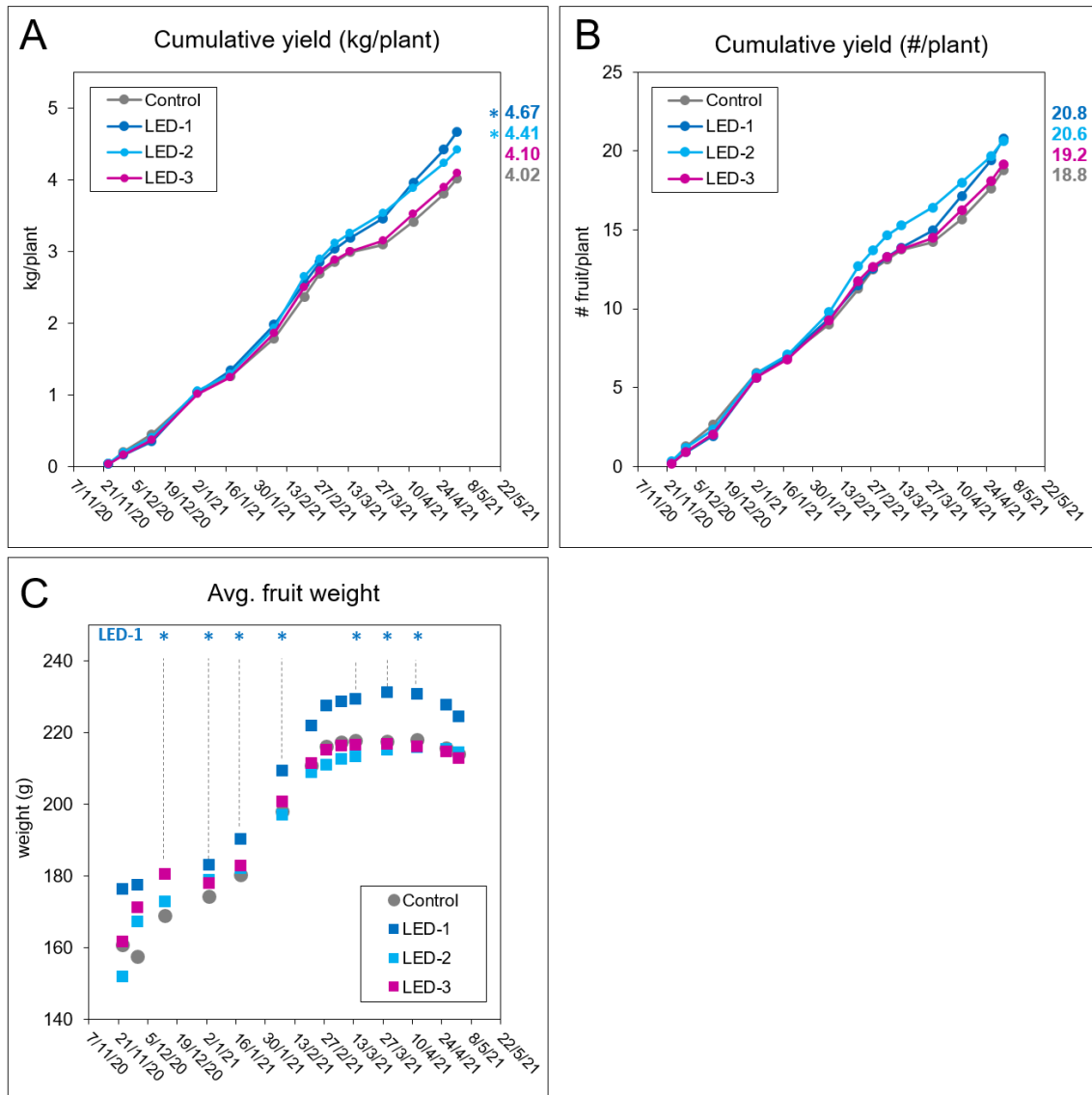
בניסוי זה הופעלו שלושה משטרי תאורה שונים על מנת לבחון האם ניתן להגדיל את היבול באמצעות הארה מקוצרת בשלבים שונים במהלך העונה. בכל הטיפולים הותקנו מנורות Bioled (איור 1A,B) עם אור לבן קר (cool-white), מנורות שתרמו לקבלת תוצאות חיוביות בהקשר לתוספת יבול בזן קטן וכן בזן גלעד בעונה 2019-2020. עוצמות האור במרחק 10 ס"מ מגופי התאורה הייתה $223 \pm 83 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. תאורת 'LED-1' יושמה באופן דומה לעונות הקודמות מתחילת נובמבר ועד סוף הניסוי. במקביל, יושמו שני טיפולי תאורה מקוצרים: 'LED-2' – מתחילת נובמבר ועד פברואר, ו-'LED-3' – מתחילת ינואר ועד סוף הניסוי (איור 1C).



איור 1. משטרי התאורה שנבחנו עם תאורת Bioled. (A) גופי תאורה Bioled (צובה ויזין) המותקנים גב לגב (הארה כלפי מטה ומעלה) במרכזי הערוגות. (B) ספקטרום הקרינה של Bioled – אור לבן קר. (C) מועדי ההארה בטיפולים השונים, (DAP – מספר ימים לאחר השתילה).

נתוני היבול המצטבר לאורך העונה בכל טיפולי הניסוי מוצגים באיור 2. סך היבול העונתי (ק"ג לצמח) בטיפולי LED-1, LED-2 היו גבוהים מהביקורת ב- 16% ו- 10% בהתאמה (איור 2A). היבול בטיפולי LED-3 היה כמעט זהה לביקורת. סך היבול לפי מספר פירות לצמח לא נבדל באופן מובהק בין הטיפולים (איור 2B), אך המגמה הייתה דומה ליבול בק"ג לצמח: יותר פירות לצמח בטיפולים LED-1, LED-2 בהשוואה לביקורת ו- LED-3. בתאורת LED-2 נפתח פער במס' הפירות לצמח בחודש פברואר אך בסך מס' פירות הכולל לעונה הנתון היה זהה לזה של LED-1. בתאורה שהופעלה לאורך כל העונה (LED-1) היו גם הבדלים מובהקים במשקל הפרי הממוצע בחלק מהקטיפים (איור 2C). היבול האביבי שנקטף בין מרץ למאי (סך של 6 קטיפים) מוצג בטבלה 1. כפי שנמצא בעונות קודמות בחלקות שהופעלה תאורה מנובמבר

עד סוף העונה (LED-1), היבול שנקטף באביב היה גבוה יותר, ב- 30% במספר הפירות וב- 37% במשקל לצמח. לעומת זאת, בשני משטרי התאורה האחרים, LED-2, LED-3, לא התקבלה תוספת יבול מובהקת. בתום הניסוי, נאספו מדדי הצימוח מ- 40 צמחים בכל קבוצה, כולל גובה, משקל ופירות שנותרו על הצמחים (טבלה 2). לא נמצאו הבדלים מובהקים במדדים אלו בין צמחים מהקבוצות השונות של הניסוי.



איור 2. יבול מצטבר תחת משטרי תאורה שונים של Bioled. היבול מוצג כק"ג לצמח (A), ומספר פירות לצמח (B). משקל הפרי הממוצע בכל מועד קטיף מוצג ב- (C). הגרפים מייצגים ממוצעי יבול ב- 4 חלקות מכל טיפול (ב- LED-2 3 חלקות); כוכביות מסמנות הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) בין טיפולי התאורה לביקורת עבור סך היבול ב- (A) ובמועדים שונים (C).

טבלה 1. יבול אביבי (קטיפי מרץ – מאי) בטיפולים השונים.

טיפול	משקל (ק"ג) לצמח	מספר פירות לצמח
ביקורת	1.32 ± 0.10 b	6.32 ± 0.32 b
LED-1	1.82 ± 0.23 a	8.27 ± 1.22 a
LED-2	1.52 ± 0.05 ab	6.93 ± 0.91 ab
LED-3	1.37 ± 0.25 b	6.52 ± 0.94 ab

הערכים מייצגים ממוצעים ± סטיית תקן ב- 4 חלקות מכל טיפול (ב- LED-2 3 חלקות); אותיות נבדלות זו מזו מסמנות הבדלים מובהקים בין הקבוצות ($p < 0.05$).

טבלה 2. מדדי צימוח בסוף העונה. גובה, משקל הצמחים, וספירת פרי שנותר על הצמחים ב- 15.5.21.

טיפול	גובה צמח (מ')	משקל צמח (ק"ג)	מס' פירות	משקל פירות (סך, ק"ג)
ביקורת	2.96 ± 0.22 a	2.27 ± 0.54 a	2.25 ± 2.65 a	0.21 ± 0.23 a
LED-1	2.99 ± 0.31 a	2.55 ± 0.62 a	2.93 ± 3.74 a	0.32 ± 0.39 a
LED-2	3.01 ± 0.24 a	2.41 ± 0.60 a	2.63 ± 2.45 a	0.28 ± 0.26 a
LED-3	2.92 ± 0.36 a	2.31 ± 0.57 a	3.79 ± 3.55 a	0.37 ± 0.37 a

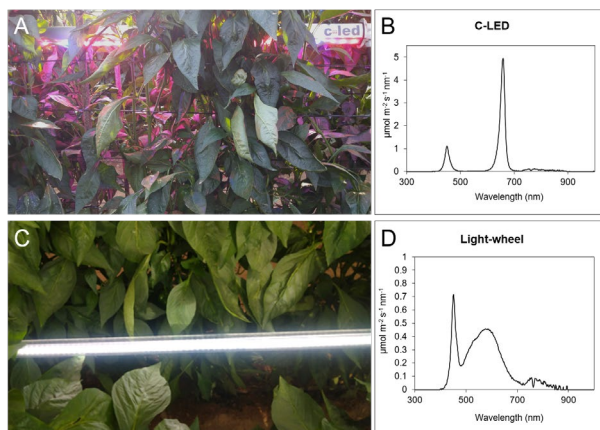
הנתונים המוצגים הנם ממוצעים ± SD עבור 40 צמחים בכל קבוצה, אשר נדגמו מארבעת החלקות של כל טיפול (10 צמחים לחלקה). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין המדדים השונים.

ניסוי II

בניסוי זה נבחנו שני מוצרי תאורה חדשים (איור 3). הראשון, מנורות 'interlight' C-LED, עם שילוב לדים בתחום האדום וכחול (איור 3A,B), פותחו באיטליה ונבחנו במשך מספר שנים כתאורה תוך-נופית לעגבנייה עם תוצאות חיוביות. השני, מוצר מחברת Light-wheel (נציגה רשמית של Osram בישראל) - גליל קומפקטי אשר בתוכו שלוש פאות של פסי תאורה עם אור לבן קר (איור 3C,D).
 בכל הטיפולים הפעלת התאורה מ-5/11/20 עד סוף העונה. זמן הארה 06:00-18:00.
 מדידות של עוצמות האור בתוך הנוף, הראו כי בסמוך למנורות (ובמרחק של כ-15 ס"מ) הנוף הפנימי המואר ע"י מנורות C-LED נחשף לעוצמה של $227 \pm 104 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ועם מנורות Light-wheel, לעוצמה של $74 \pm 27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, בעוד עוצמת האור בביקורת באותו גובה הייתה פחות מ- $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

במהלך הניסוי, נאספו נתונים שונים של עלוות הנוף הפנימי בחלקות עם שני סוגי התאורה בהשוואה לביקורת ללא תאורה. סקירה של טמפי עלים בנוף הפנימי (טבלה 3) הראתה כי באחד מהמועדים בעלים מטיפול C-LED הטמפי הייתה גבוהה בכ- 1.5°C , מהביקורת, וב- 1°C מעלים עם תאורת Light-wheel. על אף שההבדל אינו גדול, ייתכן והייתה לו השפעה פיזיולוגית על העלים. טבלה 4 מציגה נתונים פוטוסינתטיים של עלוות הנוף הפנימי. לא נמצאו הבדלים בתכולת הכלורופיל של עלי הנוף הפנימי עם או בלי תאורה. מדד פלואורסנציית הכלורופיל Fv/Fm הנו מדד לתקינות המערכת הפוטוסינתטית, וירידה בערכו מצביע על צבירה של נזקי קרינה במרכזי הריאקציה של photosystem II. בעלי הנוף הפנימי של הביקורת ותאורת Light-wheel ערכי Fv/Fm היו כ-0.75. לעומת זאת, בעלים עם תאורת C-LED הצטברו יותר נזקי קרינה, $Fv/Fm \sim 0.7$. דבר זה מתאים לכך שעוצמת האור ב- C-LED הייתה גבוהה

יחסית. קצב קיבוע CO₂ בעלי הנוף הפנימי עם תאורת Light-wheel ו-C-LED, היה פי 2 ופי 3 מהביקורת, בהתאמה. גם מוליכות הפיוניות וקצב הטרנספירציה היו גבוהים יותר בטיפול התאורה, אולם רק ב-C-LED באופן מובהק. עוצמת האור כפי שנמדדה במהלך איסוף נתוני שחלוף הגזים הייתה גבוהה מהביקורת פי 4 ופי 5 ב-Light-wheel ו-C-LED, בהתאמה.



איור 3. מוצרי תאורה חדשים שנבחנו כתאורה תוך-נופית. (A) נורת C-LED עם שילוב של אור אדום וכחול (ספקטרום האור, B). (C) נורת 360° tube תוצרת Light-wheel עם אור לבן קר (ספקטרום האור – D).

טבלה 3. טמפרטורת עלים של הנוף הפנימי עם או בלי תאורה תוך-נופית.

טיפול	טמפ' עלים (11.1.21)	טמפ' עלים (15.2.21)
נוף פנימי - ביקורת	22.29 ± 0.63 a	22.24 ± 1.04 b
נוף פנימי - C-LED	22.61 ± 0.94 a	23.87 ± 1.08 a
נוף פנימי - Light-wheel	22.58 ± 0.94 a	22.88 ± 1.53 b
נוף חיצוני (שמש)	26.36 ± 1.46	29.52 ± 2.63

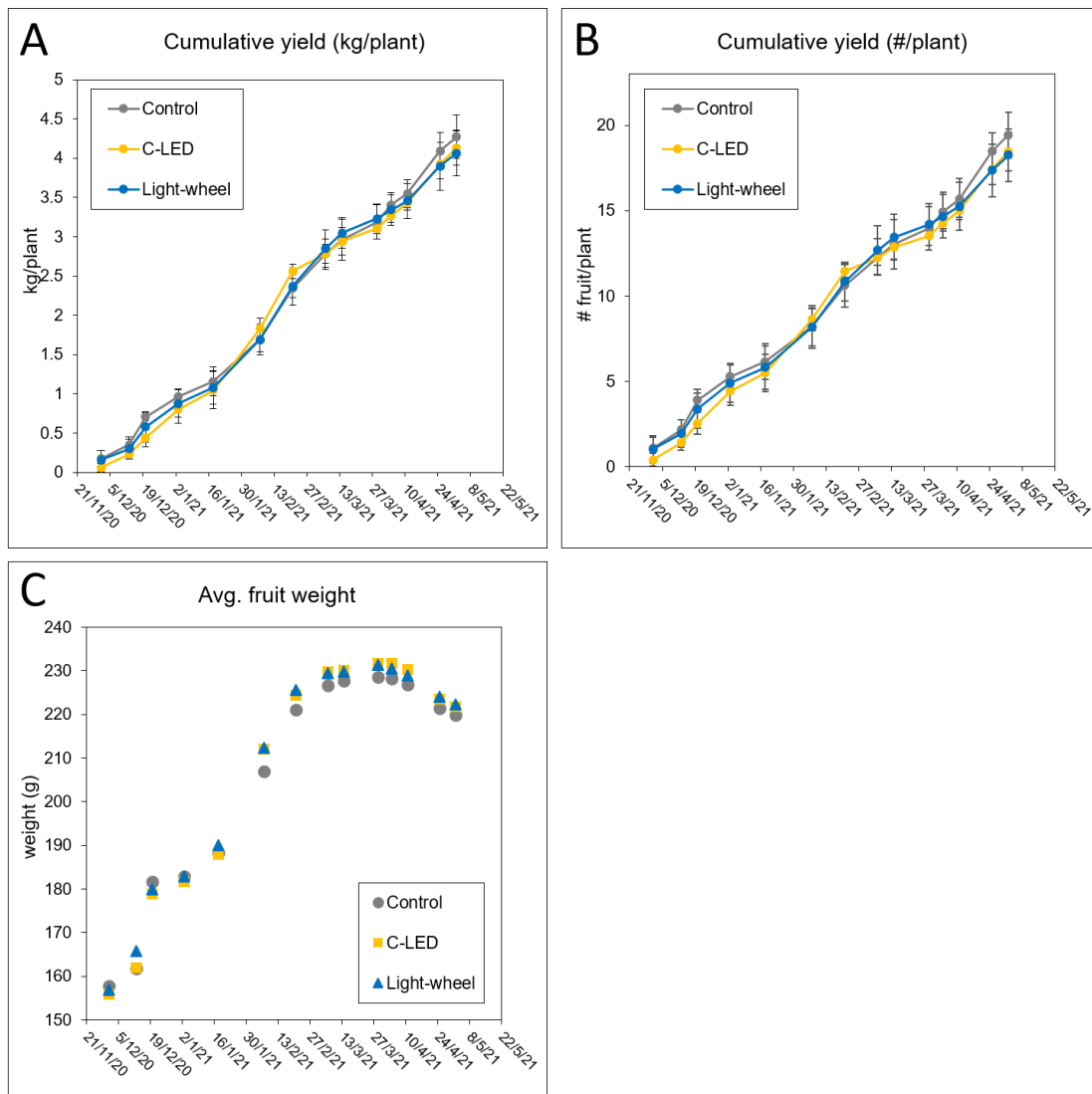
מדידות בוצעו בעלים שנמצאו במרחק של כ-20 ס"מ מגופי התאורה ובאותו הגובה בחלקות ביקורת. ערכים הנם ממוצעים ± סטיית תקן: בביקורת ו-light-wheel נמדדו 40 עלים (10 עלים מ-4 חלקות), ב-C-LED נמדדו 30 עלים (10 עלים מ-3 חלקות); עבור עלי הנוף החיצוני, נמדדו עלים חשופים לשמש בצד המערבי (n=10). המדידות בוצעו בין 12:30-13:30. הבדל מובהק ($p < 0.01$) בין קבוצות עלים של הנוף הפנימי מצוין ע"י אותיות שונות.

טבלה 4. פרמטרים פוטוסינתטיים של הנוף הפנימי עם מוצרי התאורה C-LED ו- Light-wheel בהשוואה לביקורת.

	Control	Light-wheel	C-LED
Chl ($\mu\text{mol m}^{-2}$)	594 \pm 103 a	598 \pm 88 a	553 \pm 100 a
Fv/Fm	0.77 \pm 0.02 a	0.75 \pm 0.03 a	0.71 \pm 0.05 b
A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	2.21 \pm 0.83 c	4.89 \pm 1.71 b	6.81 \pm 2.22 a
Gs ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	0.074 \pm 0.056 b	0.095 \pm 0.043 b	0.143 \pm 0.051 a
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	1.169 \pm 0.601 b	1.495 \pm 0.477 b	2.198 \pm 0.555 a
Ci ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$)	316 \pm 41 a	290 \pm 31 a	295 \pm 34 a
Leaf T*	29.3 \pm 1.2 ab	29.1 \pm 1.8 b	30.2 \pm 0.27 a
Light* ($\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	40 \pm 13 c	156 \pm 47 b	198 \pm 60 a

פירוט הפרמטרים הפוטוסינתטיים: תכולת כלורופיל - Chl, מדד פלואורסנציית כלורופיל - Fv/Fm, מדדי שחלוף גזים: A – קצב קיבוע CO₂; Gs – מוליכות הפיוניות; E – קצב הטרנספירציה; Ci – ריכוז CO₂ בין תאי. *נתוני טמפי' עלה ועוצמות האור נאספו במהלך מדידת שחלוף הגזים. הערכים מייצגים ממוצעים \pm סטיית תקן אשר נמדדו על עלים של הנוף הפנימי בחלקות ביקורת או חלקות התאורה באופן בלתי הרסני (Chl – 30-40 עלים בכל קבוצה; Fv/Fm – 18-24 עלים בכל קבוצה; שאר הפרמטרים – 18 עלים בכל קבוצה). הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) בין הקבוצות מצוינים ע"י אותיות הנבדלות זו מזו על פי מבחן T

נתוני היבול המצטבר לאורך העונה מוצגים באיור 4. בניגוד ל-Bioled, שני סוגי התאורה שנבחנו כאן לראשונה לא הובילו לתוספת יבול, לא במשקל ולא במספר הפירות (איור 4A,B). גם גודל הפרי היה זהה בין הטיפולים לביקורת (איור 4C). במדדי הצימוח (גובה ומשקל צמח) של סוף הניסוי לא היו הבדלים בין טיפולי התאורה לביקורת (טבלה 5).



איור 4. יבול מצטבר עם תאורה תוך נופית מסוג C-LED ו-Light-wheel. היבול מוצג כק"ג לצמח (A), ומספר פירות לצמח (B). משקל הפרי הממוצע בכל מועד קטיף מוצג ב-(C). הגרפים מייצגים ממוצעים \pm סטיית תקן ב-3 חלקות תאורה מכל סוג וב-4 חלקות ביקורת ללא תאורה. לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים לביקורת.

טבלה 5. מדדי צימוח בסוף העונה.

טיפול	גובה צמח (מ')	משקל צמח (ק"ג)	מס' פירות	משקל פירות (סך, ק"ג)
ביקורת	3.05 ± 0.31 a	2.09 ± 0.72 a	18.7 ± 11.8 a	1.18 ± 0.70 a
C-LED	3.11 ± 0.32 a	2.23 ± 0.79 a	23.7 ± 11.3 a	1.76 ± 0.97 b
Light-wheel	3.20 ± 0.23 a	2.03 ± 0.65 a	20.1 ± 9.48 a	1.14 ± 0.50 a

גובה, משקל הצמחים, וספירת פרי שנוטר על הצמחים ב-26.5.21. הנתונים המוצגים הנם ממוצעים \pm SD עבור 20 צמחים בכל קבוצה אשר נדגמו משתי חלקות שונות של כל טיפול. הצמחים נדגמו משתי חלקות שונות של כל טיפול. הבדל מובהק ($p < 0.05$) המצוין ע"י אותיות שונות נמצא רק בסך משקל הפירות.

בניסוי I שבו נבחנו זמני הארה שונים בעונה עם תאורת Bioled, נמצא כי התאורה LED-1 שהופעלה לאורך כל הניסוי (נובמבר ועד סוף הניסוי) הובילה לתוספת משמעותית של יבול באביב. גם לתאורה LED-2 שהופעלה מנובמבר והופסקה בפברואר הייתה תרומה ליבול, אולם פחותה מזו של LED-1. להארה החל מחודש ינואר, LED-3, לא הייתה כלל השפעה על היבול בהשוואה לביקורת. מתוצאות אלו ניתן להסיק כי לתוספת הקרינה בתוך הנוף בחודשים נובמבר-דצמבר ישנה השפעה פיזיולוגית אשר מאפשרת לצמחים לתמוך ביבול לאורך החורף. ייתכן וישנה השפעה עקיפה על התפתחות מערכת השורשים, נושא אשר לא עסקנו בו בעבודה זו ויתכן שייצטרך להיבדק בהמשך. ביבול המצטבר של כל העונה התקבל מס' פירות לצמח זהה בטיפולים LED-1, LED-2, אולם הפרי ב- LED-1 היה גדול יותר. ב- LED-2 הפער בצבירה של מס' פירות התחיל מוקדם יותר מזה של LED-1. ייתכן וסיום הפעלת התאורה בחודש פברואר ב- LED-2. תרם לעקה שזירזה הופעת פרחים וחנטה

בניסוי II נבחנו מוצרי תאורה חדשים, של C-LED וחברת Light-wheel, כתאורה תוך-נופית. בשניהם לא התקבלה תוספת יבול. נציין כי בחינה של מנורות אלו הייתה במנהרה נפרדת מניסוי התאורה עם Bioled, אך סך היבול בביקורות בשתי המנהרות היה דומה: בניסוי 1- 4.02 ± 0.19 ובניסוי 2- 4.27 ± 0.28 (ק"ג לצמח). עם מנורות C-LED הוספה קרינה בתחום האדום וכחול, אשר בצמחי עגבנייה הוביל לתוספת יבול. עם מנורות אלו אנו משערים כי עוצמת האור, אשר גרמה ל- photoinhibition בעלי הנוף הפנימי, הייתה גבוהה מדי. למרות שקצבי קיבוע CO₂ בעלווה של הנוף הפנימי היו גבוהים (פי 3 מהביקורת) עם C-LED, ייתכן והעלות האנרגטית של התמודדות הצמח עם עודפי קרינה, הדורשים תיקון והחלפה של מרכיבים פוטוסינתטיים, לא אפשרה בסופו של דבר לצבור אנרגיה שתועלה לתוספת של חנטים ופרי. ספקטרום האור של מנורות Light-wheel היה דומה מאד לזה של Bioled, אולם תוספת הקרינה של מנורות Light-wheel הייתה נמוכה מהצפוי. בנוסף, ככל הנראה שפיזור האור באמצעות מנורות אלו היה לא אופטימלי. לסיכום, את המשך העבודה עם תאורה תוך-נופית בפלפל נבצע עם מנורות Bioled, איתן קיבלנו תוצאות מיטביות, ומשך ההארה בעונה מנובמבר ועד סוף הגידול.