

## בחינת השימוש בנורות LED כתוספת תאורה להארכת היום בגיפסנית

מעין פלוס קטרון, אבי אושרוביץ, נאוה פיטשון - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית-תמר  
יאיר נשרי - לה"ד נגב, שה"מ משרד החקלאות ופיתוח הכפר  
מיכל אורן שמיר, עדה ניסים לוי - המחלקה לפרחים מכון וולקני, מינהל המחקר החקלאי  
כתובת המחברת: [maayanak@arava.co.il](mailto:maayanak@arava.co.il)

### תקציר

נורות הלהט נאסרו ליבוא ולשימוש בחקלאות בגלל פגיעתן באיכות הסביבה. שני התחליפים לנורות הלהט הן נורות פלואורסצנט (Compact fluorescent lamp- CFL) ונורות LED (light emitting diodes). היתרונות בנורות ה LED הן חיסכון משמעותי בצריכת החשמל שלהן, מיעוט בזבז אנרגיה על חימום והעובדה שניתן לקבוע אורך גל ספציפי להארה של הנורה. ידוע, שצמחים שונים מגיבים אחרת לאיכות האור הניתן כתוספת לאורך יום. לדוגמא צמחי גיפסנית לא הגיבו בצורה מספקת לתוספת תאורת CFL בגידול מסחרי במרכז הארץ. בסדרת ניסויים שנערכה בתחנת יאיר בערבה בעונות 2013/14-2015/16, במסגרת תכנית מדען, נבחנה השפעת הארה בנורות לד על פריחת הגיפסנית. הסוג גיפסנית (*Gypsophila*) ממשפחת הציפורניים (*Caryophyllaceae*) הוא צמח עשבוני רב שנתי ומוצאו ממזרח אירופה ומרכזה. הצמח נחשב כצמח יום ארוך הכרחי, באופן טבעי יפרח באביב. על מנת להקדים את הפריחה יש צורך בעוצמות אור גבוהות.

במהלך המחקר נבחנו סוגי נורות לד שונים (מאיר להב ופלורה פוטוניקה), נורות פלורסצנט ונורות ליבון. בתום שלוש שנות עבודה ניתן להסיק כי נורות הפלורסצנט ונורות הלהט ללא אדום רחוק השפיעו באופן שולי על הקדמת הפריחה. נורות לד אדום-אדום-רחוק השפיעו משמעותית על הקדמת הפריחה ויבול פרחי הגיפסנית. נורות לד 7 W אדום-אדום-רחוק השפיעו על פריחת הגיפסנית בדומה לנורות להט. לאור התוצאות נראה כי ניתן להשתמש בנורות לד אדום בתוספת אדום רחוק להארת גיפסנית.

### מבוא

הסוג גיפסנית (*Gypsophila*) ממשפחת הציפורניים (*Caryophyllaceae*) הוא צמח עשבוני רב שנתי ומוצאו ממזרח אירופה ומרכזה. הגיפסנית בעלת שושנת עלים ושורש שיפודי מעובה המסוגל להגיע לעומק רב (עד 1 מטר). בארץ החלו בגידול גיפסנית בשנות ה-70 של המאה הקודמת והיא הפכה לאחד מפרחי הקטיף הפופולריים במסחר העולמי. הצמח נחשב כצמח יום ארוך הכרחי, באופן טבעי יפרח באביב. על מנת להקדים את הפריחה יש צורך בעוצמות אור גבוהות. נורות הלהט נאסרו ליבוא ולשימוש בחקלאות בגלל פגיעתן באיכות הסביבה. שני התחליפים לנורות הלהט הן נורות פלואורסצנט (Compact fluorescent lamp CFL) ונורות LED (light emitting diodes). בשנים האחרונות לאחר מחקרים רבים עברו חקלאי הערבה להאיר באמצעות נורות פלואורסצנט גידולים רבים (צוברי וחוב', 2003א, ב) גידול גיפסנית בשימוש בנורות אלה לא נבדק בערבה. בגלל איסור השימוש בנורות להט, ישנה דחיפות וחשיבות עליונה בבחינת החלופות לנורות אלו. היתרון בנורות ה-LED הוא בחיסכון האנרגטי שלהם והעובדה שניתן לקבוע את אורך הגל הספציפי של הנורה. ידוע, שצמחים שונים מגיבים אחרת לאיכות האור הניתנת כתוספת לאורך יום. לדוגמא צמחי גיפסנית לא הגיבו בצורה מספקת לתוספת תאורת CFL בגידול מסחרי במרכז הארץ.

לאחר כעשור בו נבחנה יעילות נורות ה LED בפרחי קטיף שונים כמו טרכליום, אסקלפיאס טוברוזה וחרציות (פלוס קטרון וחוב', 2010, 2012, 2014, קדמן וחוב', 2007) ונלמד כי שימוש בנורות אלה אינו נחות מנורות הפלורסצנט בהצבה דומה בשטח הגידול, הוחלט לבדוק את השפעתן על צימוח ופריחה של גיפסנית.

במחקר הנוכחי נבחנה התאמת נורות לד (LED) לגידול גיפסנית. בניגוד לנורות הלהט והפלורסנט הנפוצות ביותר בשימוש חקלאי, בתאורת LED ניתן לקבוע את ספקטרום האור הנפלט ולהתאימו לצרכים של גידול מסוים. בחינת השימוש בנורות ה-LED בעבודה זו היא כהארכת יום המשמש כסיגנל לפריחה. הארה באמצעות נורות LED עשויה להביא לחסכון משמעותי בצריכת החשמל, להקטנת הוצאות הייצור ולהפחתת הזיהום האטמוספרי. בשל צריכת החשמל הנמוכה והעובדה שה-LEDs המקובלים עובדים על מתח ישר ונמוך יתכן שמערכת כזאת תוכל לפעול תוך שימוש באנרגיה סולרית.

### שיטות וחומרים

הניסוי נערך בתחנת יאיר במשך 3 עונות גידול (2013/14-2015/16). גיפסנית מהזן סטלה מאריס (חברת דנציגר) נשתלה בביית צמיחה מחופה פוליאתיילן בעומד של 6 שתילים למטר. בית הצמיחה צויד במסכי הפרדה בין הטיפולים שכללו: ביקורת (ללא תוספת תאורה), נורות ליבון, לד ופלורסנט. נאספו המדדים: מועד פריחה, אורך, משקל ומספר פרחים למטר. בכל טיפול סומנו 4 חלקות של 1 מטר תחת הנורות ועוד 3 חלקות עוקבות במפל אור בקצה קו התאורה. קו תאורה נפרש מעל כל ערוגה בגובה 2 מטר כאשר המרחק בין הנורות הוא 3 מטר (למעט נורות מאיר להב).

#### טיפולי שנה ראשונה (טבלה 1):

1. יום טבעי לא תוספת הארה
2. פלורסנט
3. לד ארט (פס הארה רציף נורות 1 W 630 נ"מ)
4. מאיר להב 660 נ"מ (W 6)
5. מאיר להב 660+680 נ"מ (W 6) בגובה מטר מעל הערוגה
6. ליבון (W100)

#### טבלה 1: הטיפולים השונים במהלך עונת הגידול 2013/14

תאריך	טיפול	הערות
27.11.13	קיטום	
04.12.13	תחילת הארה	משעה 20:00 למשך 8 שעות
31.12.13	קיטום נוסף	הצמחים התמיינו לפריחה ללא השפעת התאורה
23.01.14	תחילת הארה לאחר קיטום חוזר	
05.03.14	טיפול גייברלין	150 ח"מ. בכל אחד מהטיפולים חלק מהחלקות לא טופלו בגייברלין

#### טיפולי שנה שנייה (טבלה 2):

1. יום טבעי ללא תוספת הארה.
2. פלורסנט במרחק של מטר בין הנורות
3. מאיר להב 660+680 נ"מ (W 6) בגובה מטר מעל הערוגה
4. נורות לד פלורה פוטוניקה הארה רציפה (W 7), אבטיפוס, נורה לא בשימוש מסחרי
5. נורות לד פלורה פוטוניקה הארה מחזורית (W 7), אבטיפוס, נורה לא בשימוש מסחרי
6. נורות ליבון (W 100) בהארה מחזורית

טבלה 2 : הטיפולים השונים במהלך עונת הגידול 2014/15

תאריך	טיפול	הערות
24.09.14	גיזום	לגובה פני הקרקע
10.10.14	תחילת הארה	משעה 20:00 למשך 8 שעות רציף ומחזורי
14.11.14	גיזום נוסף	הצמחים התמיינו לפריחה ללא השפעת התאורה
20.11.14	תחילת הארה לאחר קיטום חוזר	
17.12.14	טיפול גיברלין 160 ח"מ	ערוגה מזרחית בכל טיפול טופלה בגיברלין

**טיפולי שנה שלישית (טבלה 3):**

1. יום טבעי ללא תוספת הארה
2. מאיר להב 660+680 נ"מ (W6) בגובה מטר מעל הערוגה
3. נורות לד של פלורה פוטוניקה (W7) שנה שניה, אבטיפוס, נורה לא בשימוש מסחרי
4. נורות לד של פלורה פוטוניקה (W7) דגם משופר – אבטיפוס, הנורה לא בשימוש מסחרי
5. נורות לד של פלורה פוטוניקה (W14) נורה כפולה - אבטיפוס, נורה לא בשימוש מסחרי
6. נורות ליבון (W100)

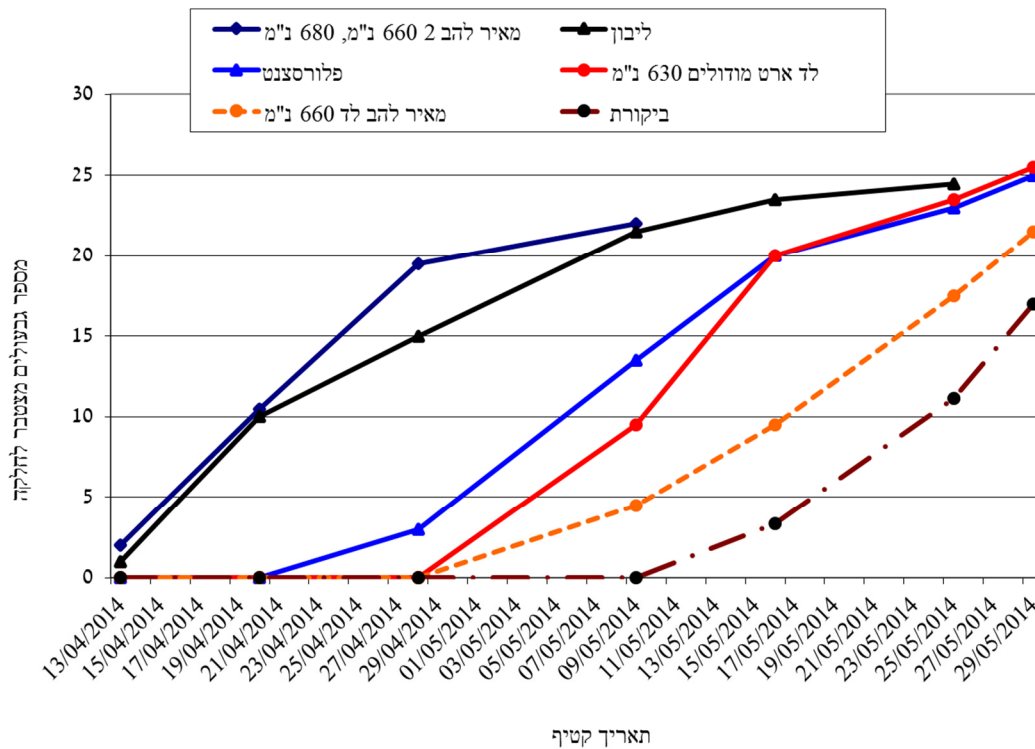
טבלה 3 : הטיפולים השונים במהלך עונת הגידול 2015/16

תאריך	טיפול	הערות
21.09.15	גיזום	לגובה פני הקרקע
18.11.15	גיזום נוסף	בכל הטיפולים נראתה אינדוקציה לפריחה. הוחלט לקטום חלקית כל ערוגה.
18.11.15	תחילת הארה	משעה 20:00 למשך 8 שעות

**תוצאות**

**שנה ראשונה**

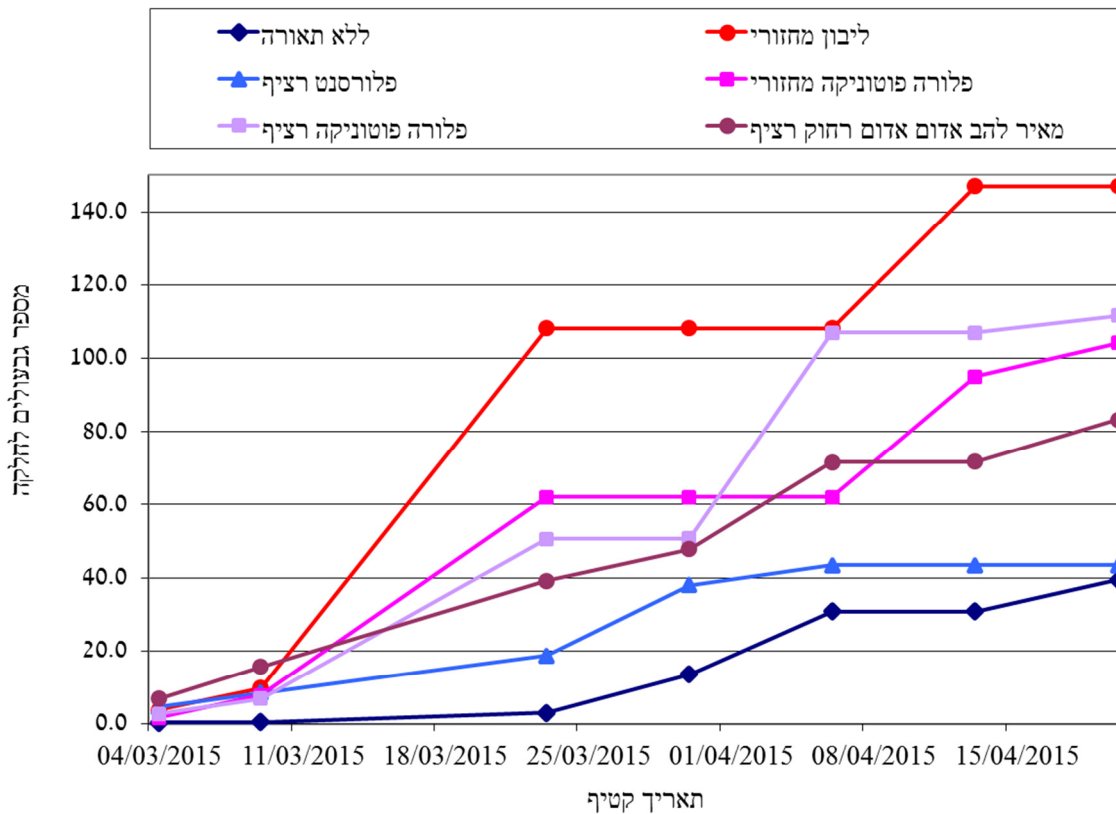
הארה בנורות מאיר להב אדום-אדום רחוק הקדימו פריחה בדומה לנורות הלהט אך מספר גבעולי הפריחה מנורות אלו היה מעט נמוך יותר מנורות הלהט (איור 1). תוצאות ההארה בנורות הפלורסצנט היו דומות להארה בנורות לד אדומות חסרות אורכי הגל באדום רחוק, והקדימו חלקית את הפריחה ביחס לביקורת ללא תוספת תאורה. יש להדגיש כי ההבדלים במועדי הפריחה היו קטנים בעונה זאת בגלל הקטיף המאוחר יחסית (בחודש מאי). הקטיף התאחר בגלל הצורך בגיזום החלקה האינדוקטיבית (טבלה 3).



איור 1: השפעת הארה בנורות לד על הקדמת פריחה של גיפסנית, בהשוואה לנורות ליבון, פלורסצנט ולביקורת. השפעת ההארה על הפריחה נקבעה על פי מספר הגבעולים המוכנים לקטיף לאורך העונה, בחלקות מסומנות בכול טיפול.

## שנה שנייה

בהעמדת הניסוי בשנת המחקר השנייה נשאלה השאלה האם התאורה בנורות לד בעלות אורכי גל באדום-אדום-רחוק יעילה כמו תאורה עם נורות להט, ויכולה להחליף את נורות הלהט בצמחי גיפסנית. בנוסף, נבחנו גם נורות לד אדום-אדום-רחוק בעלות עוצמה חזקה יותר אשר הוצבו בגובה שווה לנורות הלהט. לאור העובדה כי מגדלי גיפסנית מאירים בנורות להט בתאורה מחזורית, נבחנה הארה רציפה ומחזורית גם בנורות הלהט האדום-אדום-רחוק החזקות (פלורה פוטוניקה). גם בעונה זו החלה פריחה לפני החלת טיפולי התאורה ונאלצנו לגזום את הצמחים, גיזום זה גרם לתחילת קטיף מאוחר מהרצוי (איור 2). בדומה לניסוי הראשון (איור 1) נמצא הבדל מובהק בין יבול הפרחים תחת נורות הלהט, נורות הלהט האדום-אדום-רחוק ונורות הפלורסצנט. שלושת הטיפולים עם הלהט האדומים (הארה רציפה ומחזורית של נורות פלורה פוטוניקה החזקות יותר, והארה רציפה של נורות מאיר להב) תרמו להקדמת הפריחה יחסית יותר מאשר נורות הפלורסצנט. בניגוד לניסוי הראשון, בניסוי זה היה לנורות הלהט יתרון ברור על פני הטיפולים בנורות לד גם בהקדמת הפריחה וגם ביבול הפרחים.



איור 2: השפעת תאורה ממקורות אור שונים על הקדמת הפריחה והיבול של צמחי גיפסנית מהזן סטלה מאריס.

### שנה שלישית

לאחר גיזום וצימוח זוהתה התמיינות לפריחה עוד לפני תחילת ההארה. לאור זאת הוחלט על השארת הגידול בחצי החלקה ללא גיזום וחצי שני לגזום כעבור כחודש על מנת לבחון את משמעות האינדוקציה המוקדמת לפריחה על תוצאות הניסוי ואת משמעות הגיזום המאוחר לצמחים שלא עברו אינדוקציה. הארה של הגיזום המוקדם הביאה להקדמה של שבוע בכל טיפולי ההארה, למעט נורות הליבון, בהשוואה לחלקת הביקורת (טבלה 4). מספר הפרחים שנקטף בגיזום מוקדם היה גבוה יחסית לחלקות שבהן בוצע גם גיזום מאוחר. בגיזום מוקדם בנורות ה-14 W (פלורה פוטוניקה) נקטף מספר הפרחים הגבוה ביותר ובנורות ה-7 W שנה שנייה (פלורה פוטוניקה) נקטף המספר הנמוך ביותר של פרחים. לא נמצאה השפעה של טיפולי הארה על אורך הפרחים ועל משקלי ענפי הפריחה. בחישוב היבול כללי לדונם נקטפו בחלקת הביקורת פרחים במשקל כולל הגבוה מטיפולי התאורה. בחלקות שהוארו ע"י נורות פלורה פוטוניקה (שנה שנייה) נקטף משקל כולל נמוך משאר הטיפולים.

טבלה 4: מדדי איכות בטיפול הארה שונים בפרחי גיפסנית מהזן סטלה מאריס בגיזום אחד

טיפול	מספר גיזומים	תאריך תחילת קטיף	מספר פרחים למטר	אורך פרח (מטר)	משקל פרח (גרם)	משקל חומר נקטף בדונם מחושב (ק"ג)
ביקורת מאיר להב	1	15.02.16	102	0.63 ± 0.03	21.94 ± 3.33	1398.44
פלורה פוטוניקה W 14	1	08.02.16	87.4	0.63 ± 0.03	17.36 ± 3.02	948.55
פלורה פוטוניקה W 7	1	08.02.16	108.4	0.63 ± 0.02	16.76 ± 1.64	1135.53
פלורה פוטוניקה W 7 שנה שנייה	1	08.02.16	85.1	0.66 ± 0.03	19.81 ± 3.01	1053.44
ליבון	1	07.03.16	62.2	0.64 ± 0.03	20.58 ± 5.42	800.42
	1	15.02.16	73.8	0.68 ± 0.05	19.78 ± 2.12	912.56

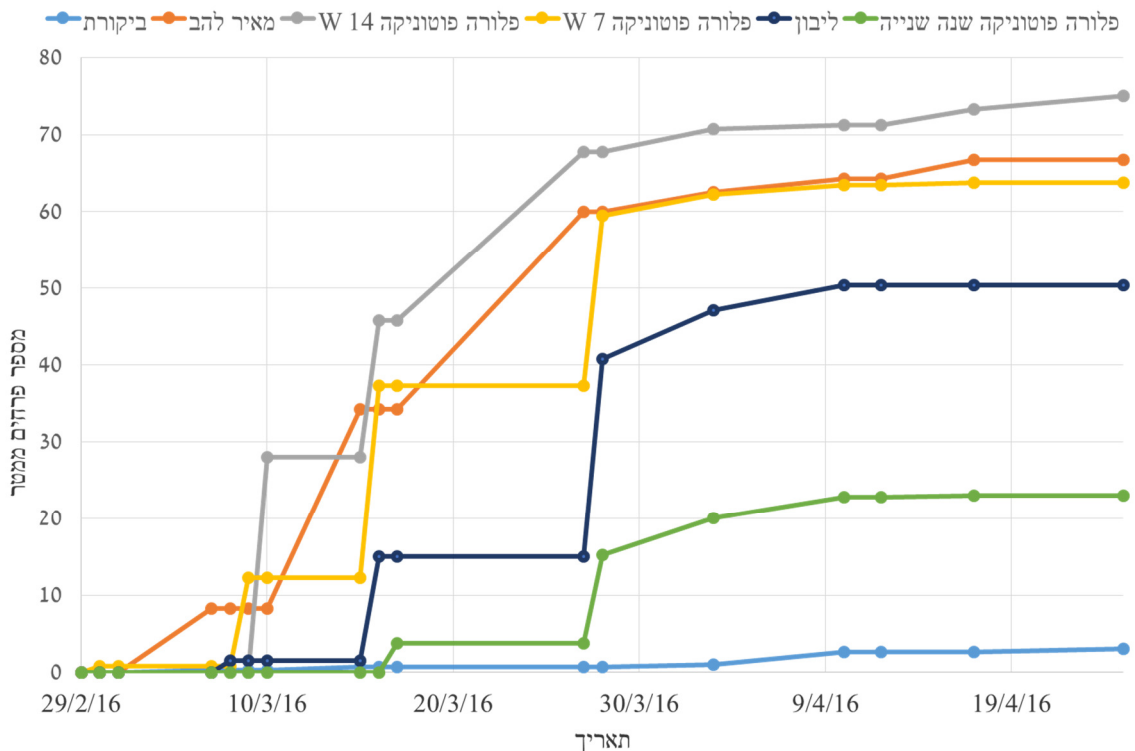
בגיזום המאוחר: הארה בנורות לד פלורה פוטוניקה W7 תרמה להקדמה של כשבוע בקטיף יחסית לשאר טיפולי ההארה (טבלה 5). נורות פלורה פוטוניקה W14 תרמו ליבול הגבוה ביותר בעוד שבחלקת הביקורת נקטף מספר הפרחים הנמוך ביותר. למעט חלקת הביקורת, נורות הלד שנה שנייה של פלורה פוטוניקה W7 היו בעלות היבול הנמוך ביותר. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים במדדי האיכות. היבול הכללי (משקלי) הגבוה ביותר נקטף תחת הארה בנורת הלד של מאיר להב.

השפעה ברורה על מדדי האיכות של אורך ומשקל נמצאה כאשר ביצענו שני גיזומים לעומת גיזום אחד: ענפי הפריחה שהתקבלו היו ארוכים יותר וכבדים יותר באופן מובהק בגיזום החוזר. לעומת זאת, יבול הפרחים בגיזום המוקדם היה גבוה יותר מהגיזום המאוחר בכל הטיפולים.

טבלה 5 : מדדי איכות בטיפולי הארה שונים בפרחי גיפסנית מהזן סטלה מאריס בשני גיזומים

טיפול	מספר גיזומים	תאריך תחילת קטיף	מספר פרחים למטר	אורך פרח (מטר)	משקל פרח (גרם)	משקל חומר נקטף בדונם (מחושב ק"ג)
ביקורת	2	07.03.16	3	0.77 ± 0.11	94 ± 33	176.25
מאיר להב	2	07.03.16	47.8	0.85 ± 0.18	64.84 ± 23	1934.93
פלורה פוטוניקה W 14	2	07.03.16	53.3	0.88 ± 0.14	58.96 ± 13.7	1962.29
פלורה פוטוניקה W 7	2	02.03.16	46.3	0.94 ± 0.11	70.78 ± 19.5	2049.69
פלורה פוטוניקה שנה שנייה W7	2	15.03.16	28.4	0.88 ± 0.05	73.56 ± 10.5	1305.75
ליבון	2	07.03.16	34.9	0.87 ± 0.09	74.05 ± 11.6	1614.00

בגיזום חוזר (איור 3) ניכר כי הארה בנורות לד של פלורה פוטוניקה W14 גרמה להקדמה הגדולה ביותר ונמצאו יעילות יותר מהארה באמצעות נורות ליבון. יבול הפרחים תחת נורות הליבון של פלורה פוטוניקה שנה שנייה היה פחות משאר הנורות גם כאשר בוצעו שני גיזומים.



איור 3 : השפעת הארה בנורות לד על הקדמת פריחה של גיפסנית, בהשוואה לנורות ליבון ולביקורת. בשני מועדי גיזום.

## דיון וסיכום

לבחינת ההארה בנורות לד והשוואת יעילותן לנורות אחרות יש משמעות רבה מבחינת החיסכון האנרגטי והכלכלי. בניסוי זה נבחר זן גיפסנית אפיל בעל דרישה להארת לילה רבה מיתר הזנים. עם זאת, הוכח כבר בשנת המחקר הראשונה שזן זה מגיב לנורות לד ולפיכך היה צורך בהמשך הניסוי לביסוס התוצאות ולדיוק בבחירת הנורות. אחד הקשיים שהתגלו בבחירת זן זה נבע מכך שבגזומים מוקדמים חלק מהצמחים החלו להתמיין לפריחה עוד לפני תחילת ההארה. מאידך, גיזום מאוחר גרם לפריחה מאוחרת ולהשפעה ניכרת של התארכות הטבעית של היום על הפריחה. ניתן להסיק מספר מסקנות מהניסוי:

1. נורות הפלורסנט ונורות בעלות לד אדום ללא אדום רחוק משפיעות באופן שולי מאוד על הפריחה.
  2. לנורות לד אדום-אדום-רחוק השפעה משמעותית על הקדמת הפריחה ועל היבול של פרחי גיפסנית בדומה לנורות הלהט.
  3. בתנאי ניסוי זה גם נורות לד בעוצמה של W 7 גרמו לפריחה של גיפסנית באופן הדומה לנורות להט.
- יש להמשיך ולבחון את נורות הLED בהצבה זהה לנורות הליבון בשטחים מסחריים. למרות שנראה כי הנן בעלות יעילות יש לזכור כי הנורות של מאיר להב הוצבו בגובה של 1 מטר מעל הערוגה, יישום הארה בצורה זו לא נראה אפקטיבי.

## הבעת תודה

תודתנו נתונה לקרן המדען הראשי על מימון תוכנית מספר 256091913 בחינת השימוש בנורות LED כתוספת תאורה להארכת היום וכסינגל לתהליכים פוטו-מורפו גנטיים בצמחי נוי. תודה לחברת פלורה פוטוניקה על תרומת נורות הLED לשימוש בניסוי ולק"ל על תמיכתה במערך ניסויי מו"פ ערבה.

## ספרות מצוטטת

- פלוס קטרון מ', אושרוביץ א', קריזובה ק', שלמה א', נשרי י', קדמן זהבי א', 2014. נורות לד כתוספת הארה בטרכליום. סיכום עונת מחקרים 2012/13, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר.
- פלוס קטרון מ', שלמה א', קדמן זהבי א', קריזובה ק', אושרוביץ א', ברזילי י', נשרי י', זליגמן ר', שדה י', 2012. בחינת שימוש בנורות פלואורסצנטיות שונות ונורת לד (LED), להארה פוטופריודית של הזן טרכליום לבן בערבה. סיכום עונת מחקרים 2010/11, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר.
- פלוס קטרון מ', אושרוביץ א', קריזובה ק', שלמה א', נשרי י', קדמן זהבי א', 2010. השפעת סוגי תאורה שונים על הכוונת פריחה באסקלפיאס טוברוזה. סיכום עונת מחקרים 2009/10, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר.
- צוברי ג', כרמי ש', שלמה א', נבון א', קדמן זהבי א', 2003. השפעת כמות תאורה הניתנת להארכת היום על ענפי פריחה של טרכליום קורין פרפל. סיכום עונת מחקרים 2002/3, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר.
- צוברי ג', כרמי ש', שלמה א', נבון א', קדמן זהבי א', 2003. השפעת כמות תאורה פלואורסצנטית על יבול ואיכות ענפי פריחה של טרכליום לייק סופרירור. סיכום עונת מחקרים 2002/3, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר.
- קדמן זהבי א', פלוס קטרון מ', אלבו ק', אושרוביץ א', שלמה א', נבון א', לוסיטיג ק', גולן ח', 2007. השפעת תאורה בסוגי נורות שונות (פלואורסצנטיות ו-LED) על הצמיחה והפריחה של טרכליום בערבה. סיכום עונת מחקרים 2006/7, מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר.

### Examination of LED light for photoperiod illumination of *Gypsophila* "Stella Maris".

Maayan Plaves Kitron, Avi Usherovitz, Nava Pitshon - Central and Northern Arava Tamar Research and Development

Yair Nishri - Extension Service (Shaham), Ministry of Agriculture and Rural Development

Michal Shamir Oren, Ada Nisim Levi - Dep' of Flowers, Volcani Center, ARO.

Writer address: [maayank@arava.co.il](mailto:maayank@arava.co.il)