



משרד החקלאות ופיתוח הכפר

שירות ההדרכה והמקצוע  
אגף ענפי הצומח, תחום פרחים



ספטמבר 2021  
אלול תשפ"א

## השפעת תוספת תאורת לד פוטוסינתטית על היבול ועל האיכות של ורדים מזן Lovely Red תוצאות מחקר שנערך בשנים 2019-2021

שוש ויצמן, פרופ' מיכל אורן-שמיר, אורי פוקס

### רקע

תהליך היצירה וההתפתחות של הפרח דורש אנרגיה רבה, שמתקבלת בצמחים על ידי קיבוע פחמן דו-חמצני בתהליך הפוטוסינתזה. בארצות צפוניות נעזרים באמצעי חימום ובהארה בנורות בעלות עוצמה רבה, ההארה מהווה תחליף לקרינה פוטוסינתטית, במטרה להתגבר על היעדר קרינה מספקת. למרות היתרון היחסי של ישראל בגידול פרחים בחורף, עדיין ישנה ירידה ניכרת במשך ובעוצמה של האור, הדרוש לתהליך הפוטוסינתזה, בחודשי החורף ביחס לקיץ, מה שגורם לירידה באיכות וביבול הפרחים ולעלייה במשך הזמן עד לפריחה.

מאז פיתוח נורות הLED והפיכתן למוצר נגיש, אפשרות תוספת הארה פוטוסינתטית לגידולי הפרחים בארץ נראית בת השגה בעלות אנרגטית נמוכה יחסית. נורות הLED מאפשרות הארה באורכי גל רצויים בעוצמה גבוהה ובצריכת חשמל נמוכה. עלות גופי התאורה בעוצמה מספקת לפוטוסינתזה (לפחות 200 מיקרו-מול במרחק של 20-50 ס"מ מהצמח) עדיין גבוהה, אולם מחירי נורות הLED יורדים בשנים האחרונות, ולכן חשוב לחקור את הנושא כבר עתה.

הוורדים ידועים כדורשי עוצמות אור גבוהות יחסית למניעת צימוח של ענפים עיוורים וקבלת פריחה איכותית. יבול פרחי הוורד בחורף פוחת בכ-30%. הנחת העבודה שלנו היא כי קיימת אפשרות לשיפור משמעותי באיכות, ובעיקר ביבול, של ורדים באמצעות תוספת תאורה פוטוסינתטית בעונת החורף.

תוספת שעות תאורה בעוצמות משמעותיות לפוטוסינתזה (לפחות 200 מיקרו-מול) תוביל ליצירה מוגברת של סוכרים בצמח ותאפשר התפתחות איכותית של פרחים בקצות ענפי הוורד.

לאחרונה פותחו גופי תאורה - מנורות לד - בעוצמות גבוהות יחסית, החשובות לתהליך הפוטוסינתזה.

במאמר זה אנו מדווחים על תוצאות של יבול ואיכות ורדים שהוארו בנורות לד למשך שתי עונות חורף. עבודה זו תהווה בסיס לשימוש בתאורה פוטוסינתטית לגידולים נוספים, כמו הליזיאנטוס, הפלוקס, הגיפסנית ועוד גידולים רבים.

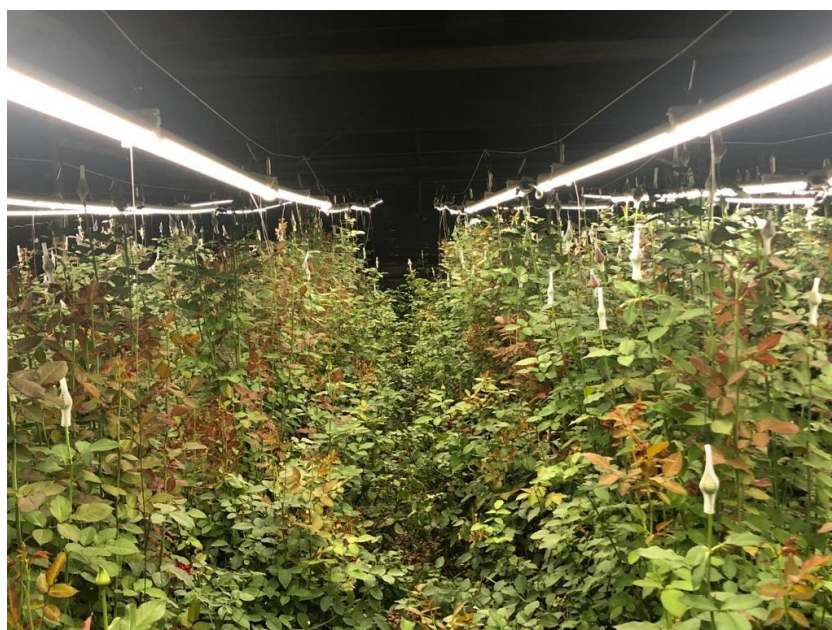
## מטרת המחקר

בחינת השפעת תוספת תאורה פוטוסינתטית על יבול פרחי ורד מהזן 'Lovely Red' ועל איכותם בחודשי החורף.

## מהלך הניסוי

העמדת הניסויים

הניסויים לבחינת השפעת תוספת תאורה פוטוסינתטית על פרחי 'Lovely Red' הוקמו בחממת ורדים, המאובזרת במערכת חימום אוויר, בבקרת דישון והשקיה ובמד-קרינה, במשק אורי פוקס שבמושב עין הבשור. הצמחים גודלו במצע טוף מנותק וגילם בתחילת הניסוי היה שנתיים. כל חלקת ניסוי הייתה בגודל 100 מ"ר ובה 6 שורות. גופי תאורת הלד (כל גוף באורך 2.20 מטר) נתלו לאורך החלקות. במקרה של שורת תאורה אחת, הנורות נתלו במרכז השורה, סמוך לקצה הצמח (תמונה 1). במקרה של שתי שורות, גופי התאורה נתלו נמוך יותר, כדי שהעלווה הבוגרת תקבל כמה שיותר אור, משני צדי כל שורה (תמונה 2).



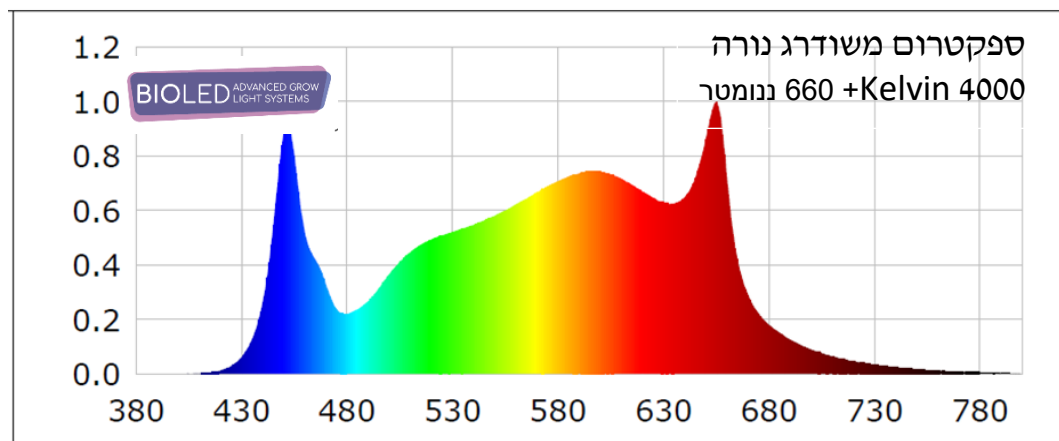
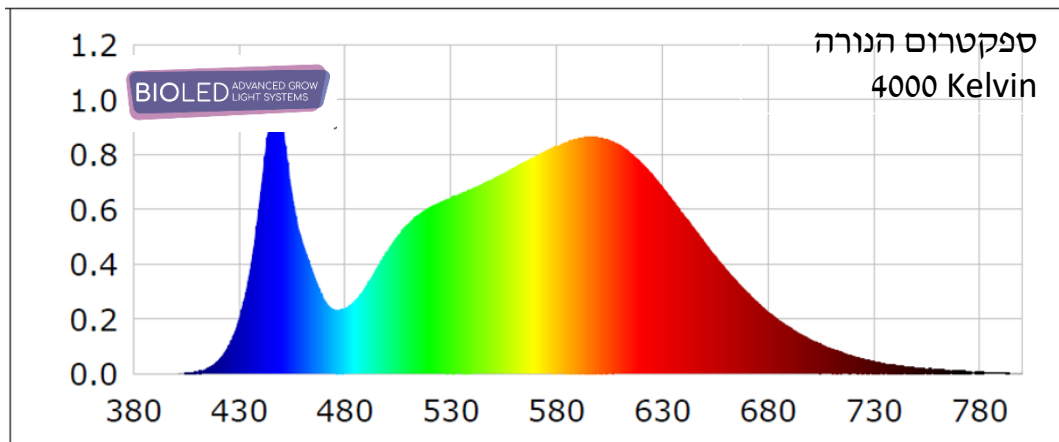
תמונה 1 – שורת תאורה אחת מעל הערוגה



תמונה 2 - שתי שלוחות תאורה מעל הערוגה

### הנורות

בשנת המחקר הראשונה נעשה שימוש בנורות 4000K בעוצמה של 36 וואט/מטר ובעוצמת קרינה של כ-300 לומן/מטר. כל נורה הייתה באורך של 2.20 מטר. זווית האלומה: 120 מעלות. הנורות נרכשו מחברת ביולד והורכבו כשלוחות לאורך הערוגות. בשנת המחקר השנייה נעשה שימוש בנורות 4000K וכן בנורות COMBI.



## איור 1 - ספקטרום ההארה של שני סוגי הנורות

טבלה 1. ספקטרום הנורות השונות בתחום PAR

טבלת ריכוז נתונים כפי שנמדדו בספקטרום PPF		
COMBI 36W with hypered	4000K with Tube 100% clear	
21.044 W	16.111 W	PAR
100.045 $\mu\text{mol/s}$	75.337 $\mu\text{mol/s}$	PPF
36.41 W	35.0 W	Power

### מהלך הניסויים ותוצאותיהם

בשנת המחקר הראשונה בחנו שתי העמדות שונות של נורות ה-4000K, בשורה אחת או בשתי שורות לאורך הערוגות (תמונות 1 ו-2). טיפול הביקורת היה ללא תאורה. בכל טיפול נבחרו 6 שורות למעקב ולדגימה.

מועד תחילת ההארה: 1.11.19; סיום ההארה: 30.3.2020.

משך שעות ההארה: 17:00-07:00; התאורה הופעלה כאשר סף הקרינה ירד מ-500  $\mu\text{E}$  במד-הקרינה; 24:00-17:00 ללא הארה; 07:00-24:00 תאורה רציפה.

בוצע מעקב חודשי אחר מספר הפרחים שנקטפו מכל טיפול (טבלה 2) ומשקלם (טבלה 3). בסוף הניסוי נקבע סך כל הפרחים ומשקלם בכל טיפול (טבלה 4).

### טבלה 2 – מס' הפרחים שנקטפו בחודשים דצמבר 2019 עד מרס 2020

סה"כ	מרס	פברואר	ינואר	דצמבר	
3762	730	986	982	1064	ביקורת
4623	1212	1164	1012	1235	שלוחה אחת
5143	1281	1281	1179	1402	שתי שלוחות

### טבלה 3 – משקל הענפים בק"ג שנקטפו בחודשים דצמבר 2019 עד מרס 2020

סה"כ	מס	פברואר	ינואר	דצמבר	
166.3	33.3	42.8	44.0	46.2	ביקורת
210.8	52.8	53.4	45.9	58.7	שלוחה אחת
230.9	57.9	52.5	55.7	64.8	שתי שלוחות

צריכת החשמל בטיפולים למשך כל חודשי הניסוי (0.25 דונם): שלוחה אחת – 2640 קילוואט; שתי שלוחות – 6170 קילוואט.

**בשנת המחקר השנייה** מערך הניסוי בוצע באופן דומה לשנה הראשונה, אך הצמחים היו בוגרים יותר. בשנה זו, במקום הטיפול של קו תאורה אחד, שנמצא פחות יעיל בשנה הראשונה, הוכנס טיפול של שני קווי תאורה עם נורות COMBI, העשירות יותר באור אדום.

מועד תחילת התאורה בנורות ה-4000K הוקדם לתחילת אוקטובר (חודש לפני התחלת התאורה בשנה הראשונה), ובשל מגבלות טכניות הופעלה התאורה בנורות ה-COMBI רק בתאריך 5/12/21. משך שעות התאורה היו זהות לשנת המחקר הראשונה.

בוצע מעקב חודשי אחר מספר הפרחים שנקטפו מכל טיפול (טבלה 5) ומשקלם (טבלה 6).

#### טבלה 5: מספר הענפים שנקטפו

סה"כ	מס	פברואר	ינואר	דצמבר	
3404	847	489	944	1124	ביקורת
7044	1896	1444	2027	1677	נורות 4000K
3762	1483	1070	1209		נורות COMBI

#### טבלה 6: משקל הענפים בק"ג

סה"כ	מס	פברואר	ינואר	דצמבר	
150	34	22	41	58	ביקורת
298	77	64	84	73	נורות 4000K
154	55	47	52		נורות COMBI

## טבלה 7: צריכת החשמל בקילוואט בנורות השונות כפי שנמדדה בחמשת חודשי הניסוי

סוגי הנורות	צריכה יומית לדונם	צריכה חודשית לדונם	צריכה ל-5 חודשי הארה
נורות COMBI	386	11600	58000
נורות 4000K	316	9500	47500

התאורה פעלה בממצע כ-10 שעות ביום במחיר של 42 אגורות ל-1-קילוואט.

### דין ומסקנות

מתוצאות התצפית בשנה הראשונה עולה כי היבול בטיפול ההארה של שתי שלוחות בנורות מדגם 4000K גדל ב-25%, והמשקל - ב-30%. בשנה השנייה היבול בהארה בנורות 4000K עלה ב-107%, והמשקל - ב-98%. ייתכן שהסיבה לצמיחה המשמעותית יחסית ביבול ובמשקל הפרחים נעוצה בהקדמת ההארה בחודש בשנה השנייה. כמו כן, ייתכן שהצמחים אגרו מוטמעים מהשנה הראשונה. קשה להשוות את שני סוגי הנורות בשנה השנייה, מכיוון שההארה בנורות COMBI החלה באיחור רב. ייתכן כי בניסוי זה, שבו מועדי ההארה ותנאי ההארה זהים בין נורות ה-4000K וה-COMBI, אך נורות COMBI אמורות להיות יעילות יותר לפוטוסינתזה, ניכר יתרון ברור לאחרונות. בהמשך יש צורך לבחון את העניין בצורה מסודרת. ברור מההשוואה של הטיפול בשני קווי הארה של נורות 4000K בין שתי השנים, שלמועד תחילת ההארה יש השפעה על העלייה ביבול, על המשקל ועל איכות הענפים (אורך ענף, גודל פקע ועובי). התוצאות האלה משמעותיות מאוד בגידול ורדים בחודשי הסתיו-חורף, כיוון שבתקופה זו יבול הוורדים יורד עם הירידה ברמת הקרינה, אך הביקוש לוורדים עולה בשל אירועים המשפיעים מאוד על שיווק הוורדים (חג המולד, חגיגות השנה האזרחית, חג האהבה ויום המשפחה), והזן Lovely Red פודה במיוחד מחירים גבוהים במיוחד. עבודה זו תהווה בסיס לבחינת תוספת תאורה לזני ורד שונים וכן לפרחי קטיף נוספים.

תודה לקרן המחקרים של שה"מ על מימון המחקר.

תודה לאור הניג, מנהל העבודה במשק פוקס, על עבודתו המסורה בניסוי.

תודה לאוריאל וולך, מנכ"ל חברת Bioled, על הייעוץ והליווי לאורך הניסוי.