

# תאורה פוטופיריודית מתנייעת בפרחי קטיף

חוקרים שותפים:

עירית דורי, אלי מתן, דוד שמואל, ליאנה בן יונס - מו"פ דרום  
פרו"פ אברהם הלוי - הפקולטה לחקלאות, המח' למטעים וצמחי נוי  
איתן שלמה - שה"מ פרחים, משרד החקלאות  
יצחק סקר - שה"מ טכנולוגיה, משרד החקלאות  
אמוץ חצרוני - המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי

## תקציר:

בעבודה זו נבחנה טכנולוגיה חדשה למתן תאורה פוטופיריודית בפרחים, בהשוואה לטכנולוגיה המקובלת. טכנולוגיה זו מבוססת על הנעת קו תאורה מעל הצמחים בהשוואה לתאורה במערכת תאורה קבועה. נבחנו שני מיני צמחים - אסקלפיאס טוברוזה וטרכליום. בשני המינים לא נמצאו הבדלים משמעותיים ביבול ובאיכות הפרחים בהשפעת טיפולי התאורה. צריכת החשמל על בסיס נתוני הניסוי הסתכמה ב- 30 קילוואט ללילה בתאורה הקבועה, בהשוואה ל- 14 קילוואט ללילה בתאורה המתנייעת. בהנחה שבמהלך הגידול נדרשים 240 ימי הארה, מסתכמת עלות החשמל בכ- 2000 ש"ח/דונם בתאורה הקבועה לעומת 967 ש"ח/דונם בתאורה המתנייעת.

## מבוא:

חלק ניכר מגידולי הפרחים בישראל נדרשים במהלך היצור החורפי להארכת היום לזרוז הפריחה: היפריקום, טרכליום, גיפסנית, לע הארי, פלוקס, קיפודן, פעמונית בינונית, אסקלפיאס סינדרלה אסקלפיאס טוברוזה ועוד. בפרחים אחרים משמש היום הארוך לעיכוב הפריחה והארכת הגבעול כמו בחרצית, סולידגו ובאסטר. השימוש בהארה מלאכותית בגידולי פרחים בארץ נפוץ הרבה יותר מאשר באירופה כיוון שמספר רב של גידולים שהם באירופה "פרחי קיץ" גדלים רק או בעיקר בתקופת היום הארוך הטבעי, בעוד שבארץ הם גדלים בחורף ודורשים תוספת הארה פוטופיריודית מלאכותית. הסידורים הטכניים להארה מהווים הוצאה ניכרת במהלך הגידול וחשוב למצוא דרכים להפחתת ההוצאה להארה ולשיפור רווחיות הגידול. שיטת ההארה הנהוגה כיום בגידולי הפרחים מבוססת על תשתית קבועה של כבלים, רפלקטורים ומנורות המוצבים בהצבה של 3 \* 3 מ' (כ- 100 מנורות לדונם), אשר מופעלת בתאורה רציפה או מחזורית בהארכת יום או שבירת לילה בהתאם למין הצמח והידע הקיים לגביו. בעבודה זו נבחן מתן תאורה פוטופיריודית באמצעות מערכת תאורה מתנייעת (ולא סטטית כנהוג). מערכת מעין זו עשויה לגרום לחסכון ניכר הן בתשתיות והן בהוצאות השוטפות עבור חשמל.

## שיטות וחומרים:

הניסויים נערכו בשני מיני צמחים: אסקלפיאס טוברוזה וטרכליום. מינים אלו הם בעלי דרישה הכרחית ליום ארוך וכן נדרשים לתוספת חימום במהלך היצור החורפי. שני המינים נשתלו במקביל בשני מפתחים של החממה. במפתח אחד קבלו הצמחים תאורה פוטופיריודית מתנייעת ובמפתח השני קבלו הצמחים תאורה פוטופיריודית קבועה כמקובל אצל החקלאים. בטיפול התאורה הקבועה הארכת היום ניתנה כשבירת לילה בהארה מחזורית (5/15) למשך 6 שעות (3:00-21:00).

בטיפול התאורה המתנייעת נוסעת מערכת התאורה מעל הצמחים לאורך המפתח במחזור של כ- 10 דקות, כך שבנסיעה קדימה היא מאירה 6.4 דקות וחוזרת בחושך 3.2 דקות. הארכת היום ניתנה גם כן כשבירת לילה למשך 6 שעות (3:00-21:00). בשני הטיפולים ניתנה התאורה בנורות להט 150 וואט. מערכת ההנעה מבוססת בשלב זה על מתקן המשמש להשקיה במשתלות, שעבר הסבה. על גבי מוט ההשקיה הותקנו 4 נורות לרוחב המפתח. מערכת בקרת ההסעה מאפשרת קבלת מהירויות הסעה שונות בנסיעה קדימה ובחזרה ובכך מאפשרת גמישות בקביעת מחזורי התאורה.

במהלך העונה נמדדו עוצמות התאורה תחת שני משטרי התאורה.  
עוצמת האור נמדדה במכשירי Kip למדידת קרינה גלובלית. בכל אחד ממשטרי התאורה נמדדה העוצמה במחזור תאורה בודד.  
בתאורה הקבועה מתוך מחזור של 15 דקות ניתנו 5 דקות אור ו- 10 דקות חושך.  
בתאורה המתנייעת עומד במחזור על 9.6 דקות מתוכם 6.4 דקות אור ו- 3.2 דקות חושך.

אסקלפיאס טוברוזה נזרע ב- 23/8/99 בעומד של 120 למ"ר וכחודש לאחר מכן נערך דילול של הנבטים לעומד סופי של 60 למ"ר. בתחילת נובמבר נגזם גל טכני. לאחר כל אחד מגלי הפריחה נערך גיזום הפרחים לגובה הקרקע ולאחריו ניתן טיפול הדברה בריזולקס ודיינון. בנוסף לכך הופסקה ההשקיה למספר ימים עד לחידוש ההצצה.  
טרכליום מהזן "לבן חדש" (חישתיל) נשתל ב-23/8/99 בעומד 20 למ"ר וכחמישה שבועות מאוחר יותר נקטמו הצמחים. הצמחים נגזמו באמצע אפריל, לאחר גל הפריחה הראשון ועלו לגל פריחה נוסף במהלך חודש יוני.  
ב- 16/9/99 הופעלה תאורה קבועה בשני הטיפולים וחודש לאחר מכן הופעל טיפול התאורה המתנייעת.

במהלך העונה נערך מעקב אחר עוצמות התאורה הפוטופיריודית בשני הטיפולים וכן אחר מועד הפריחה היבול ואיכותו.

## תוצאות :

### סכום הקרינה

בדיקת סכום הקרינה הגלובלית תחת תאורה קבועה באסקלפיאס טוברוזה התקבלו במרכז הערוגה ערכים של כ- 1,260 וואט למ"ר/לדקה (תרשים 7), לעומת כ- 100 וואט למ"ר/לדקה תחת תאורת המסוע במרכז הערוגה (תרשים 8). כלומר סכום הקרינה בכל מחזור הארה שקיבלו הפרחים בתאורה המתנייעת היה פחות עשירית מסכום הקרינה בתאורה הקבועה. (סכום הקרינה נקבע ע"י חישוב האינטגרל שמתחת לעקומה).

### אסקלפיאס טוברוזה

ברוב גלי הפריחה, לא נצפו הבדלים משמעותיים ביבול הפרחים בין שני טיפולי התאורה (תרשים 1). בגל הפריחה השני היה יתרון ביבול לתאורה הקבועה ואילו בגל הפריחה החמישי היה דווקא יתרון לתאורה המתנייעת. הבדלים אלו נובעים כנראה מתקלות במערכת התאורה שאירעו במהלך אותם גלי פריחה.  
מעבר לכך ניתן לראות שגלי הפריחה האביבית והקייצית שהתרחשו על רקע של יום ארוך טבעי וטמפרטורות גבוהות הניבו יבול פרחים גבוה יותר מהאחרים (תרשים 1).  
גם באורך ומשקל הפרחים לא היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בכל גלי הפריחה (תרשים 2+ 3).

### טרכליום

היתה הקדמה של כשבוע בתחילת הפריחה בטיפול התאורה הקבועה, שהתבטא בסופו של דבר בתוספת קטנה ביבול המצטבר (תרשים 4). לא נצפו הבדלים באורך ומשקל הפרח בשני גלי הפריחה (תרשים 6+ 5).

### הערכה כלכלית לצריכת החשמל בטיפולים השונים

הוצאות שוטפות עבור חשמל בתאורה הקבועה : 100 נורות (לדונם) X 150 ואט/שעה : 1000 = 15 קילוואט/שעה.  
15 קילוואט/שעה X 2 שעות תאורה בלילה (שליש מחזור) = 30 קילוואט.  
30 קילוואט X 0.28 אג' = 8.4 ש"ח ללילה.  
8.4 ש"ח X 240 יום (8 חודשים בשנה) = 2016 ש"ח לדונם לשנה.

ההוצאות השוטפות (נורות לבון) בתאורה המתנייעת (לדונם) : -  
24 נורות X 150 ואט/שעה = 3.6 קילוואט/שעה.  
3.6 קילוואט X 4 שעות תאורה בלילה (שני שליש מחזור) = 14.4 קילוואט.  
14.4 קילוואט X 0.28 אג' = 4.03 ש"ח ללילה.  
4.03 ש"ח X 240 יום (8 חודשים בשנה) = 967 ש"ח לדונם לשנה.

בתחשיב דומה לגבי נורות פלואורסנטיות (18 ואט) ההוצאה השוטפת עבור חשמל עשויה להגיע ל:  
24 נורות X 18 ואט/שעה = 0.432 קילוואט/שעה.  
0.432 קילוואט X 4 שעות = 1.73 קילוואט.  
1.73 X 0.28 אג' = 0.48 ש"ח ללילה.  
0.48 ש"ח X 240 יום (8 חודשים בשנה) = 116 ש"ח לדונם לשנה.  
ע"פ הערכה זו בשיטת התאורה המתנייעת להערכתנו ניתן יהיה להשיג חסכון ניכר בהוצאות השוטפות. בשימוש בנורות לבון החסכון בהוצאות השוטפות יהיה כ- 50 אחוז מההוצאה העכשווית ואילו במקרה של שימוש בתאורה פלואורסנטית יהיה חסכון של כ- 95 אחוז.  
הערכה הכלכלית לגבי החסכון בתשתית תבוצע רק בשלב מאוחר יותר במחקר שכן בשלב הראשון השתמשנו בתשתית הנעה המשמשת להשקיה במשתלות. בהמשך לאחר שתוכח יעילות מבחינה פיזיולוגית תפותח מערכת ספציפית לתאורה שעלותה אמורה להיות קטנה יותר.

## דיון:

תוכנית המחקר בתאורה פוטופיריודית מתנייעת הינה חדשנית. תוכנית זו מבוססת על כך שבגידולים רבים אין צורך בתאורה פוטופיריודית רציפה אלא ניתן להסתפק בהארה מחזורית של כמה דקות ולאחריה הפסקה בתאורה עד למחזור הבא. תקופת ההארה המקובלת היום במחזור היא כרבע עד שליש מהמחזור.  
הגידולים שנבחרו: אסקלפיאס טוברוזה וטרכליום נחשבים לרגישים מאד לתאורה פוטופיריודית במהלך החורף, כלומר מחסור בתאורה זו יכול לגרום לתקלות חמורות בפריחה.  
בשני הגידולים לא נצפו בשנת הגידול הראשונה הבדלים משמעותיים ביבול ובאיכות הפרחים בין התאורה המתנייעת לבין התאורה הקבועה, למרות שבתאורה הקבועה סכום הקרינה הפוטופיריודית הגלובלית היו פי עשר מהתאורה המתנייעת. ע"פ תוצאות אלו ניתן בהחלט לומר שמהבחינה הפיזיולוגית "השיטה עובדת" ויש מקום להמשך הבדיקות הן בגידולים אלו והן בגידולים אחרים.

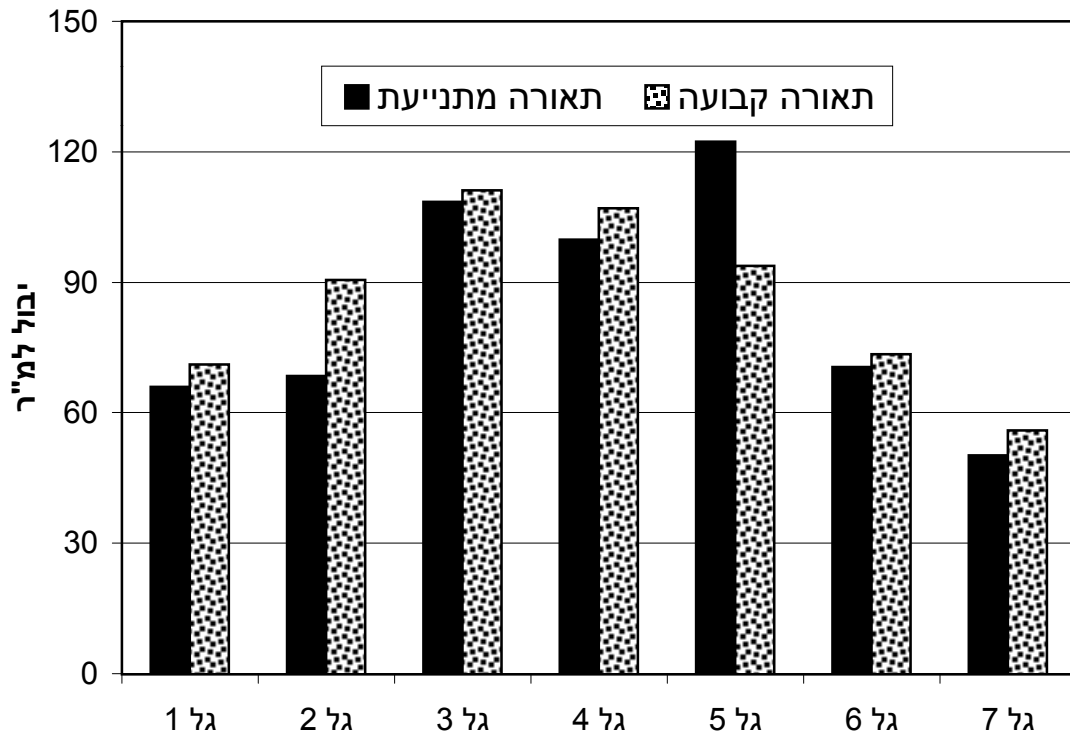
## התועלת הצפויה :

1. הפחתת הוצאות הייצור של המגדל ע"י חסכון הן בתשתיות והן בהוצאות השוטפות. החסכון בהוצאות השוטפות בשימוש בנורות ליבון בתאורה המתנייעת מוערך בכ- 50 אחוז לעומת השימוש בתאורה הקבועה הנהוגה כיום. בשימוש בנורות פלואורסנטיות החסכון מוערך בכ- 90-95 אחוז. הערכה כלכלית לגבי החסכון בתשתיות תערך בשלב מאוחר יותר שכן בשלב הראשון של המחקר השתמשנו במערכת הנעה קיימת, אך בהמשך תפותח מערכת ספציפית שעלותה אמורה להיות קטנה יותר.
2. פיתוח התאורה המתנייעת יאפשר למגדלי הפרחים הגדלת השטח המואר מבלי להגדיל את הספקי החשמל במשק, הגדלה הכרוכה בהשקעות גדולות בתשתית.
3. בגידולים מסויימים בהם התאורה הפוטופיריודית אינה הכרחית, נמנעים המגדלים מתאורה בשל העלות הכספית הכרוכה בכך וזאת למרות שגם בגידולים אלו תורמת התאורה להקדמה ולשיפור ביבול ובאיכות הפרח לדוגמא: שושן ונץ החלב דוביום. בגידולים אחרים כמו: היפריקום וסולידגו בהם השימוש בנורות פלואורסנטיות נמצא יעיל, לא התרחב השימוש בהן עקב ההשקעה הגדולה הנדרשת בתשתית וזאת למרות שהן חסכוניות בצריכת החשמל בהשוואה לנורות הליבון. צמצום התשתית הנדרשת וההוצאות השוטפות עבור החשמל בשיטת התאורה המתנייעת עשויים להרחיב את השימוש בתאורה בגידולי פרחים שונים ולתרום לשיפור באיכותו.

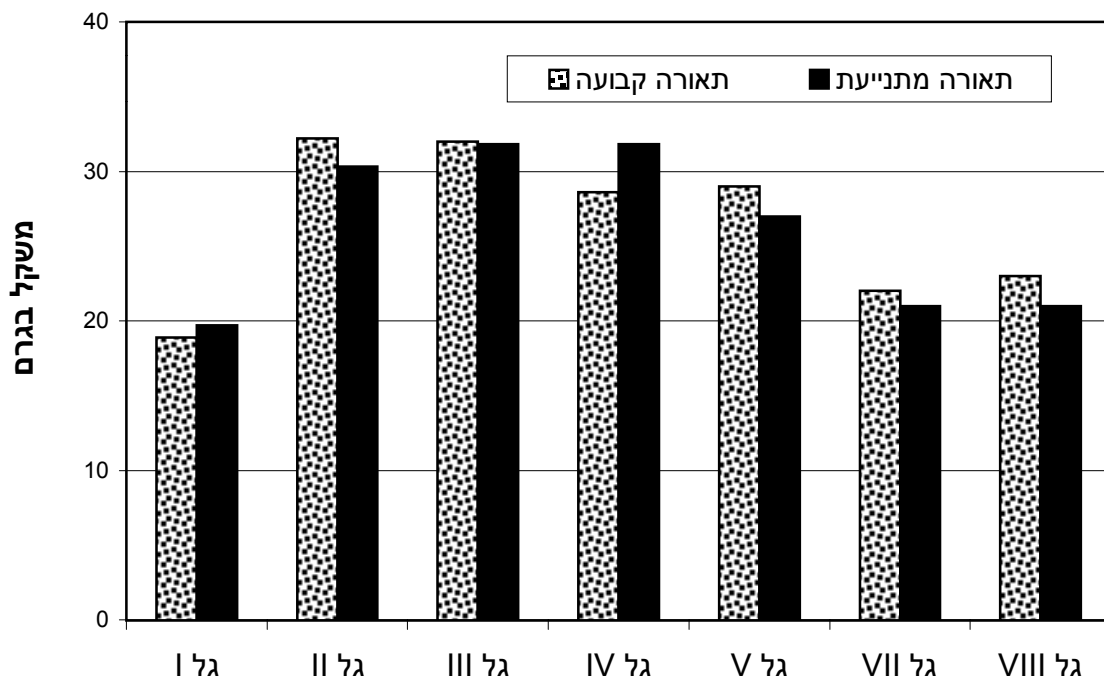
4. השימוש במסוע במערכת התאורה המתנייעת יכול לאפשר שימושים נוספים באותה מערכת הנעה כמו מערכת ריסוס, או מארזים לפני הפרחים הקטופים מהשורות לשביל.

5. התאורה המתנייעת יכולה בהמשך לפתור בעיה של הארה בגידול פרחים בשטחים פתוחים בהם יש צורך בהארה פוטופיריודית. קיימת בעיתיות בהקמת תשתיות תאורה בשטחים פתוחים. תאורה מתנייעת שתנוע לאורך השטח בדומה לקונוע המשמש להשקיה, יכולה להוות פתרון לבעיה זו.

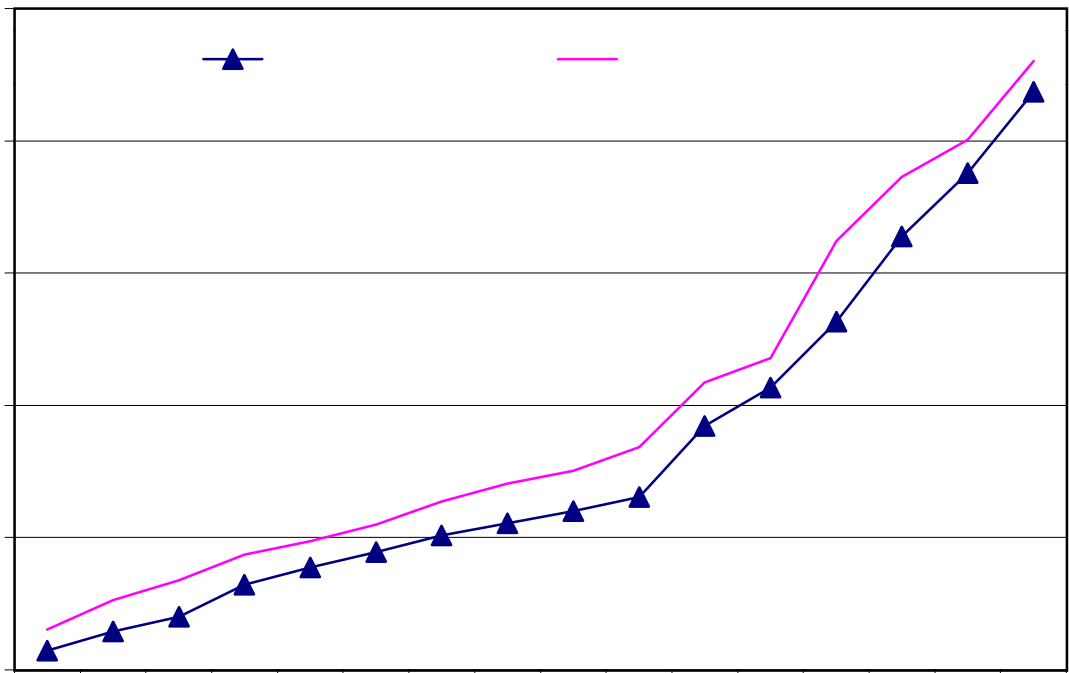
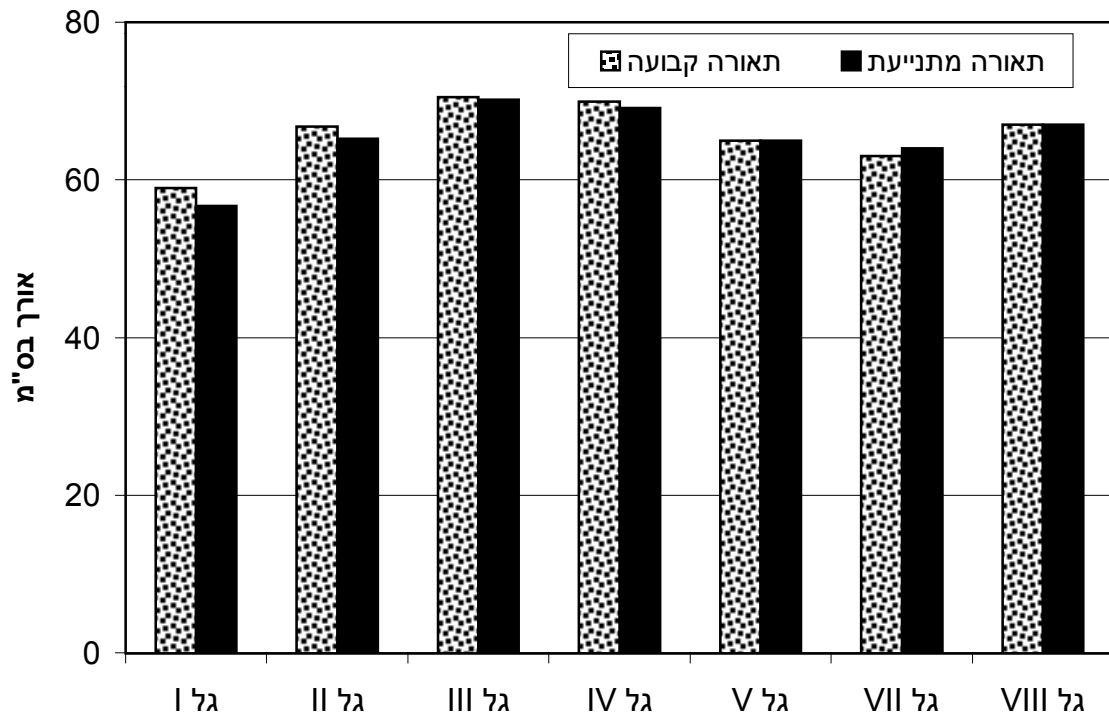
**תרשים 1: השפעת טיפולי התאורה על יבול הפרחים  
באסקלפיאס טוברוזה**



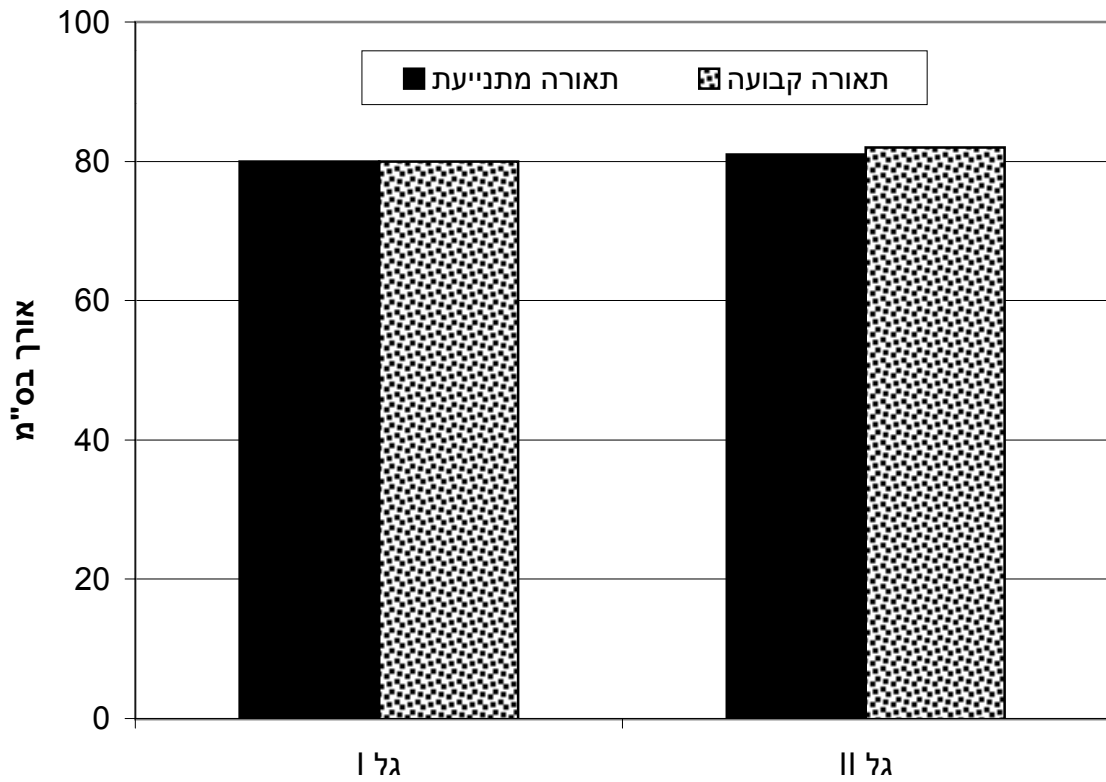
**תרשים 2: השפעת טפולי התאורה על משקל ענפי הפריחה  
באסקלפיאס טוברוזה**



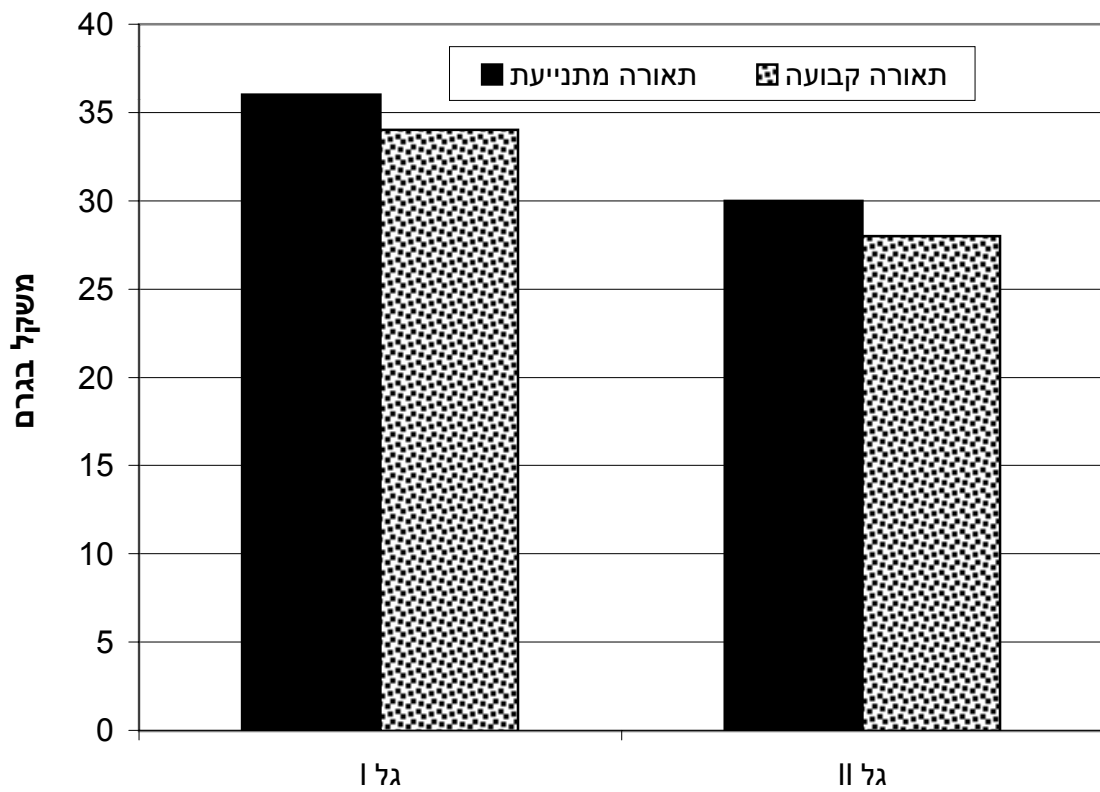
**תרשים 3: השפעת טיפולי התאורה על אורך ענפי הפריחה  
באסקלפיאס טוברוזה**



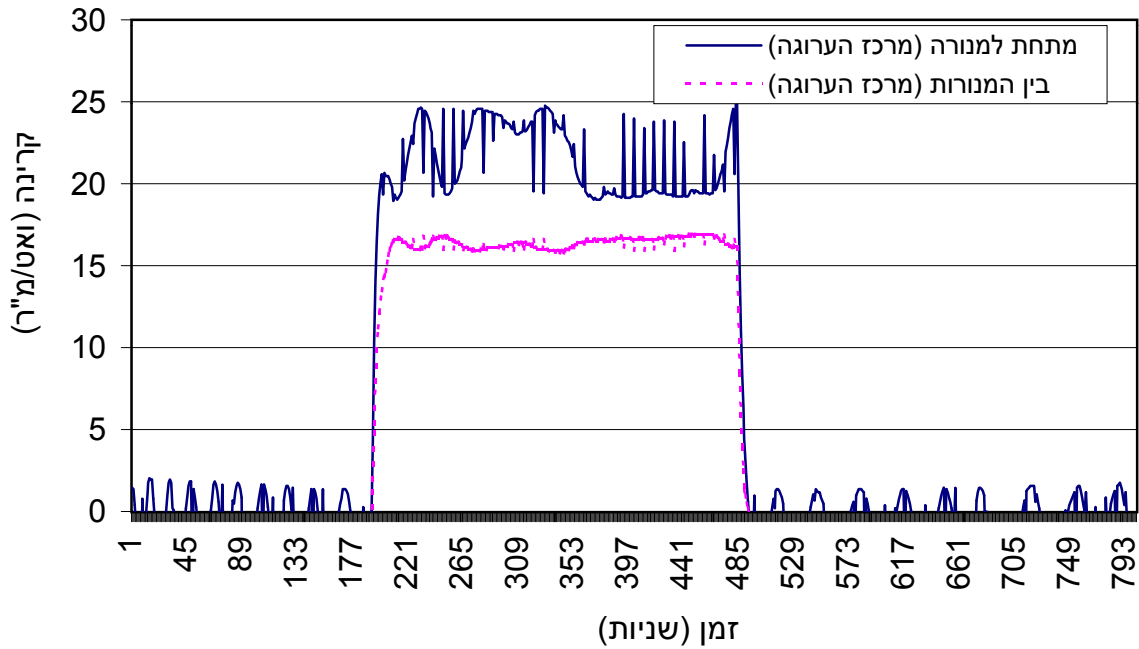
### תרשים 5: השפעת טיפולי התאורה על אורך הפרח בטרכליום



### תרשים 6: השפעת טיפולי התאורה על משקל הפרח בטרכליום



**תרשים 7: רמות הקרינה הגלובלית תחת תאורה קבועה  
 באסקלפיאס טוברוזה 01/03/00 (מרחק 110 ס"מ מהמנורה, 80  
 ס"מ מפני הקרקע)**



**תרשים 8: רמות הקרינה הגלובלית תחת תאורת המסוע  
 באסקלפיאס טוברוזה 24/02/00**

