



2000-2002

תקופת המחקר:

256-0567-02

קוד מחקר:

Subject: INVOLVEMENT OF BLUE LIGHT IN THE LONG-DAY INDUCTION FOR FLOWERING IN CUT-FLOWER CROPS

Principal investigator: ISRAELA WALLERSTEIN

Cooperative investigator: LIBMAN DIANA, BORRIS MECHNIK

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O.)

שם המחקר: מעורבות האור הכחול בהשריית פריחה באמצעות תנאי יום-ארוך בפרחי קטיפ

חוקר ראשי: ישראלה ולרשטיין

חוקרים שותפים: דיאנה ליבמן, בוריס מצניק

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

תקציר

הצגת הבעיה: בתקופה שבין סתיו לאביב הימים הטבעיים קצרים מאוד היום הקריטי שמאפשר פריחה בצמחי יום-ארוך, לכן בשטחי גידול מסחריים משתמשים באור להט או פלורוסנט כדי ליצור תנאי יום-ארוך. יעילות האור המלאכותי מושפעת מתנאי קרינת השמש שמשתנים במהלך התקופה. בתנאים מינימליים, במרכז החורף, התגובה לאור המלאכותי איטית יחסית. השפעת אור הלהט והפלורוסנט מבוססת על ספקטרום האור האדום והאדום-רחוק. במחקר זה בחנו את האפשרות ליעל את השפעת אור הנורות ע"י הוספת הספקטרום הכחול.

מהלך ושיטות העבודה: המחקר התבצע במטרה יישומית, בתנאי פיטוטרון או חממה. שטף האור המקסימלי לא עלה על $1.5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, והוא כלל את שלושת מרכיבי הספקטרום האדום, אדום-רחוק וכחול ביחסים שונים. האור ניתן במשטרים שונים ועל רקע תנאי יום טבעי משתנים במחזורי גידול סתווי וחורפי. נבחן כושרו היחסי להקדים פריחה.

תוצאות עיקריות: במשטר של הארכת יום יעילות הכחול כשלעצמו נפלה מזו של האדום. התגובה להעשרת אור אדום או אור אדום + אדום-רחוק בכחול השתנתה בהתאם למידת ההעשרה, משטר ההארה, ותנאי היום הטבעי. העשרה בכחול הייתה חסרת משמעות במשטר הארכת יום, נעה בין חוסר השפעה במרכז החורף לזירוז התגובה בסתיו במשטר הארה בסוף הלילה. האפשרות של האור הכחול להשפיע על התגובה לאדום או לאדום + אדום-רחוק בטווח שבין זירוז לעיכוב מודגמת במשטר שבירת לילה. ביחס אדום-כחול אופטימלי, העשרה של נורת להט בכחול החלישה את השפעתה בסתיו וחיזקה אותה במרכז החורף ואילו העשרה של נורת פלורוסנט חיזקה את השפעתה בסתיו והחלישה בחורף. במקרה של נורת להט השפעת הכחול התחזקה עם עלית חלקו בספקטרום האור ואילו במקרה של נורת פלורוסנט העיכוב והזירוז קשורים ביחס אדום-כחול גבוה (כלומר שטף נמוך של כחול).

מסקנות והמלצות: לאור נורת להט מועשר בכחול יש יתרון בהקדמת פריחה במשטר של הארה בסוף הלילה, בסתיו. אותה נורה באותו משטר אינה מושפעת לרעה מתוספת הכחול במחזור גידול חורפי. מכיוון שהארה בסוף הלילה בנורת להט הוא משטר יעיל גם יחסית למשטרים אחרים ניתן ליעל אותו חלקית (במחזור סתווי) ע"י תוספת כחול.

דו"ח מסכם לתוכנית מספר 256-0567-02

מעורבות האור הכחול בהשראת פריחה באמצעות תנאי יום-ארוך בפרחי קטיפה

Involvement of blue light in the long-day induction to flowering in cut-flower crops

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י ישראלה ולרשטיין, מצ'ניק בוריס וליבמן דיאנה המחלקה לפרחים וצמחי נוי, מכון ולקני בית-דגן. כתובת:

מחלקה לפרחים וצמחי נוי מכון ולקני בית-דגן ת.ד. 6 מיקוד 50250

Israella Wallerstein, Boris Mechnic and Daiana Libman Dept. of Ornamental Horticulture, -

The Volcani Center Bet-Dagan P.O.B 6, 20-250 Israel

E-mail VHWAISRA@VOLCANI.AGRI.GOV>IL

הממצאים בדו"ח זה הם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים.

אין פרסומים מדו"ח זה.

חתימת החוקר: ישראלה ולרשטיין

תקציר

הצגת הבעיה: בתקופה שבין סתיו לאביב הימים הטבעיים קצרים מאוד היום הקריטי שמאפשר פריחה בצמחי יום-ארוך, לכן בשטחי גידול מסחריים משתמשים באור להט או פלורוסנט כדי ליצור תנאי יום-ארוך. יעילות האור המלאכותי מושפעת מתנאי קרינת השמש שמשתנים במהלך התקופה. בתנאים מינימליים, במרכז החורף, התגובה לאור המלאכותי איטית יחסית. השפעת אור הלהט והפלורוסנט מבוססת על ספקטרום האור האדום והאדום-רחוק. במחקר זה בחנו את האפשרות ליעל את השפעת אור הנורות ע"י הוספת הספקטרום הכחול.

מהלך ושיטות העבודה: המחקר התבצע במטרה יישומית, בתנאי פיטוטרון או חממה. שטף האור המקסימלי לא עלה על $1.5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, והוא כלל את שלושת מרכיבי הספקטרום האדום, אדום-רחוק וכחול ביחסים שונים. האור ניתן במשטרים שונים ועל רקע תנאי יום טבעי משתנים במחזורי גידול סתווי וחורפי. נבחן כושרן היחסי להקדים פריחה.

תוצאות עיקריות: במשטר של הארכת יום יעילות הכחול כשלעצמו נפלה מזו של האדום. התגובה להעשרת אור אדום או אור אדום + אדום-רחוק בכחול השתנתה בהתאם למידת ההעשרה, משטר ההארה, ותנאי היום הטבעי. העשרה בכחול הייתה חסרת משמעות במשטר הארכת יום, נעה בין חוסר השפעה במרכז החורף לזירוז התגובה בסתיו במשטר הארה בסוף הלילה. האפשרות של האור הכחול להשפיע על התגובה לאדום או לאדום + אדום-רחוק בטווח שבין זירוז לעיכוב מודגמת במשטר שבירת לילה. ביחס אדום\כחול אופטימלי, העשרה של גורת להט בכחול החלישה את השפעתה בסתיו וחזקה אותה במרכז החורף ואילו העשרה של גורת פלורוסנט חזקה את השפעתה בסתיו והחלישה בחורף. במקרה של גורת להט השפעת הכחול התחזקה עם עליית חלקו בספקטרום האור ואילו במקרה של גורת פלורוסנט העיכוב והזירוז קשורים ביחס אדום\כחול גבוה (כלומר שטף נמוך של כחול).

מסקנות והמלצות: לאור גורת להט מועשר בכחול יש יתרון בהקדמת פריחה במשטר של הארה בסוף הלילה, בסתיו. אותה גורה באותו משטר אינה מושפעת לרעה מתוספת הכחול במחזור גידול חורפי. מכיוון שהארה בסוף

הלילה בגורת להט הוא משטר יעיל גם יחסית למשטרים אחרים ניתן ליעל אותו חלקית (במחזור סתווי) ע"י תוספת כחול.

רשימת פרסומים:

אין.

מבוא

המחקר הנוכחי עוסק בחשיבות של האור הכחול להשראת פריחה בצמחי יום ארוך. מטרתו היא יישומית ונובעת הן מההתקדמות המדעית בתחום הבנת תפקידו של האור הכחול בתהליך הפריחה והן מהמגוון הרחב של גורות בעלות הרכבי ספקטרום שונים שניתנות לשימוש בשטחי גידול מסחריים. האספקט היישומי הכתיב את אופי המחקר ואת מגבלותיו המדעיות. האפשרות ליישם ידע בסיסי שנוצר בתנאי מעבדה הוגבלה בשל הצורך להתייחס לתנאי היום הטבעי המהווה חלק ניכר מהפוטופיריודה בתנאי חממה ובשל ההגבלה על שטף האור המלאכותי שניתן ליישום בשטחים מסחריים. הידע הבסיסי מצביע על קיום שני קולטני אור כחול שמעורבים בהכוונת פריחה: האחד פועל בתחום השטף הגבוה והשני בתחום השטף הנמוך. שטף גבוה יחסית של אור כחול יכול לכוון את המחזור היומי של רגישות בקרת הפריחה לאור פוטופיריודי ואילו בתחום השטף הנמוך פועל האור הכחול בעיקר על החלקים הרגישים של מחזור בקרה נתון. האספקט היישומי ניתב אותנו לתחום ההשפעה של השטף הנמוך. התלות בתנאי היום הטבעי פרושה חשיפה לאור הכחול רק בחלק מהמחזור היומי וכהשלמה לקרינת שמש שמכילה את כל מגוון הספקטרום בשטף גבוה ומכתיבה למעשה את המחזור היומי של מערכת בקרת הפריחה. השונות בתנאי היום הטבעי במהלך התקופה בה נעשה שימוש באור מלאכותי ליצירת תנאי יום-ארוך (בין סתיו לאביב) יצרה שונות במיקום היחסי של האור המלאכותי במחזור היומי ובחלקו בהשפעה על הפריחה יחסית לאור השמש. המשמעות של מורכבות תנאי היסוד למחקר יצרה תמונת מצב מורכבת בעיקר בגלל ההתניות הרבות שהיא כוללת אבל העניקה לו גם משמעות מדעית בסיסית מעבר למשמעות היישומית.

לקולטני האור הכחול אינטראקציות מורכבות עם קולטני האור האדום והאדום-רחוק. מורכבות האינטראקציות נובעת מיחסי הפעלה ועיכוב, חפיפה ואנטגוניזם בין המערכות שהם מפעילים. לכן יחסנו חשיבות רבה לבחינה של שילובי ספקטרום ביחסים שונים בין שלושת סוגי האור: האדום, אדום-רחוק וכחול. חלקו המרכזי של האור האדום והאדום רחוק בתהליך הפריחה ידוע ומיושם מסחרית. בעבר הראינו את השינוי שחל בהשפעת האור האדום (גורת פלורוסנט) כשנוסף לו אדום-רחוק (להט) ולאזן כשמשנים את זמן מתן האור (משטר התאורה) במשך הלילה. את הידע שצברנו ניצלנו בניסוי זה כדי להבין את חלקו של האור הכחול במערך משולב של שלושת חלקי הספקטרום. האור מהווה ראשית לשני תהליכי שרשרת שקשורים לפריחה. האחד קשור בהכוונת המחזוריות היומית ברגישות לאור והשני בהשפעה הישירה של האור בחלק הרגיש של המחזור. המסלול השני חסום, באופן מלא או חלקי, בצמחים דורשי ורגליזציה. המחסום מוסר בעקבות ורגליזציה. הגדרת התפקיד האפשרי של האור הכחול בכל אחד מהמסלולים יכולה להישען גם על התלות שבין השפעתו לבין השפעת הורגליזציה. לכן בחנו גם אפשרות זו במהלך המחקר למרות שהפריקום פורח מסחרית ללא מתן ורגליזציה.

הניסויים והתוצאות

כפועל יוצא ממטרתו היישומית התמקד המחקר בנושאים הבאים:

1. כושרו של האור בתחום הספקטרום הכחול להשרות פריחה והאינטראקציה בינו לבין חלקי הספקטרום האחרים שידועים כמשרי פריחה.
2. החשיבות של משטר התאורה המלאכותית להשפעת האור הכחול על הפריחה.
3. התלות שבין תנאי קרינת השמש ביום הטבעי לעילות האור הכחול בהשראת פריחה.
4. רגישות ההיפריקום לאורך יום והקשר שלה לתגובתו לאור כחול.

כדי לבחון נושאים אלה השתמשנו, כמקור אור בנורות כחולות שסיפקו אור כחול בלבד, נורות פלורוסנט שסיפקו תערובת של אדום וכחול ביחסים שונים ונורות להט עם או בלי תוספת כחול שסיפקו יחסים שונים של אדום: כחול: ואדום-רחוק. הניסויים נערכו בתנאים של אורך יום וטמפרטורה מבוקרים בפיטוטרון או בתנאי חממה בין סתיו לאביב. הניסויים בתנאי חממה כללו שני מחזורי גידול: מחזור שתחילתו בראשית ספטמבר (מחזור סתווי) ומחזור שתחילתו במרכז החורף (מחזור חורפי). שני המחזורים יצגו תנאים משתנים של משך ושטף קרינת השמש (טבלה 1) שעל בסיסם ניתנה התאורה המלאכותית בשעות הלילה הטבעי. התאורה המלאכותית בשעות הלילה ניתנה כהמשך ליום הטבעי (הארכת יום) והשלמתו ל 16 שעות אור, כשבירת לילה של שעותיים במרכז הלילה, או כהקדמת היום (הארה בסוף הלילה) והשלמתו ל 16 שעות אור. המכנה המשותף בין שטף האור המלאכותי בהרכביו השונים בכל אחד מהניסויים היה בתחום האדום. סך כל השטף נשמר בתחום הניתן ליישום. מדידת ההשפעה היחסית של טיפולי התאורה המלאכותית על הפריחה נעשתה בעזרת ספירת הפרקים שנוצרו על הענף קודם ליצירת התפרחת המסיימת.

טבלה 1: תנאי היום הטבעי בתקופת הניסויים בחממה.

תקופת הניסוי		אורך היום הטבעי בתקופת הניסוי		שטף קרינת השמש בתקופת הניסוי	
		דקות : שעות		$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	
התחלה	סוף	התחלה	סוף	התחלה	סוף
02/09	25/11	12 : 47	10 : 20	1000	300
25/11	29/04	10 : 20	13 : 23	300	800

אפשר לראות שהניסוי הסתווי (התחלה ב 02/09) החל בתנאי יום טבעי ארוך יחסית עם שטף קרינת שמש גבוה יחסית לתחילת הניסוי במרכז החורף (התחלה ב 25/11). כלומר כמות אור השמש (זמן X שטף) בניסוי הסתווי הייתה גבוהה מזו בניסוי החורפי.

השפעת ספקטרום האור המלאכותי על הפריחה במשטר של הארכת יום:

מבין שלושת אורכי גל האור שנחשבים בעלי פוטנציאל להשראת פריחה: אדום, אדום-רחוק וכחול, הארכת יום באור אדום הייתה היעילה ביותר בתנאי טמפרטורה אופטימלית בפיטוטרון. צירוף של אדום וכחול היה פחות יעיל מאדום לבד וצירוף של אדום ואדום רחוק נתן תגובה דומה לזו של האדום (טבלה 3). הניסוי בתנאי פיטוטרון הופסק לפני שהתברר כושרו המוחלט של האור הכחול להשרות פריחה. לכן חזרנו והשוונו בין האור הכחול ואור הלהט ביעילותם בהשראת פריחה בתנאי הארכת יום, במחזור סתווי בחממה. מצאנו שהפריחה התרחשה אחרי 13.3 ± 0.2 ו- 16.6 ± 0.2 פרקים באור להט או כחול, בהתאמה. כלומר לכחול יש פעילות בתחום השראת הפריחה אבל יעילותו נמוכה.

טבלה 3 השפעת ספקטרום האור, שניתן כהארכה של 10 שעות חשיפה לאור שמש ל-20 שעות אור, על תגובת הפריחה של היפריקום בתנאי טמפרטורה מבוקרת ל-15/23 מ"צ בפיטוטרון.

ספקטרום האור	אורך ענף	מספר פרקים	* דרגת צימוח
$1.0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	(ס"מ)		
אדום	59.4efg	17.1def	2.4a
כחול	60.9def	17.2cde	0
אדום-רחוק	55.9h	17.5cde	0
אדום+כחול	57.3gh	16.4f	1.7b
אדום+אדום-רחוק	60.1def	17.0def	2.3a
ביקורת	56.2h	17.4cde	0

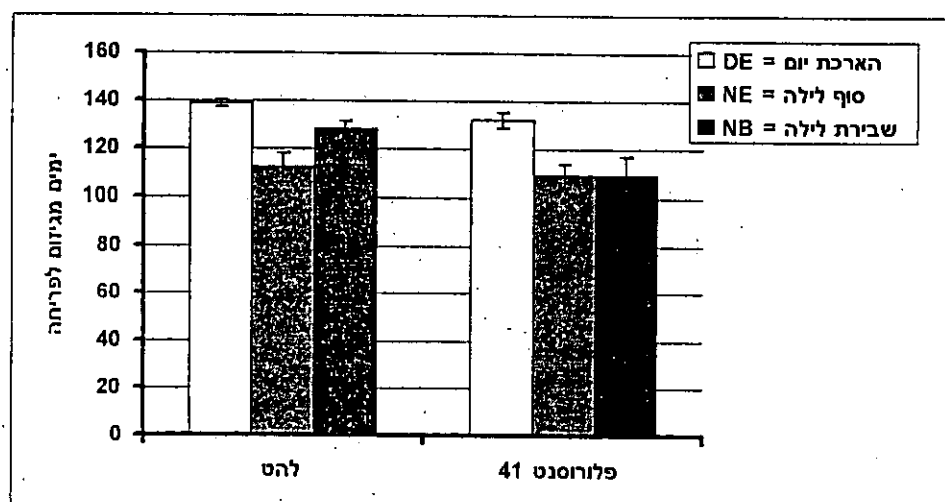
*דרגת צימוח: 0 -גטטיבי, 1 - התמיינות לפריחה, 2 - פרח סגור, 3 - פרח פתוח.

השפעת משטר התאורה המלאכותית על התגובה להרכב ספקטרום האור, במחזור גידול סתווי.

איור 1 מראה שההשפעה היחסית של האור על הפריחה משתנה בהתאם לאינטראקציה בין הרכב הספקטרום לזמן במשך הלילה בו ניתן האור (משטר התאורה). נורת פלורוסנט 41 אינה מכילה אדום-רחוק ועיקר האור שלה הוא בספקטרום האדום. יעילותה במשטר שבירת לילה וזה לאור בסוף הלילה ועולה על אור שניתן כהארכת יום. נורת להט שמכילה נוסף לאדום גם אדום-רחוק יעילה בסוף הלילה יותר מאשר בשבירת לילה ובשניהם יותר מאשר בהארכת יום.

איור 1

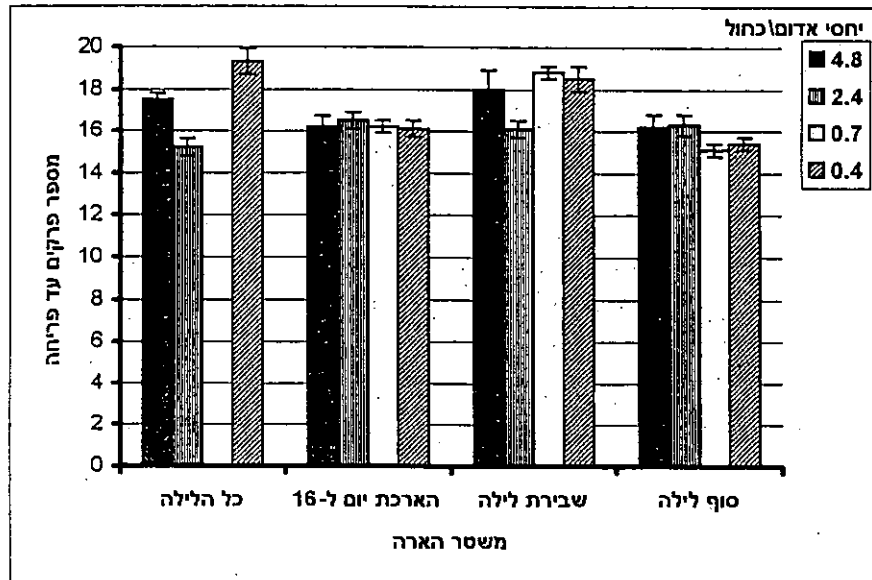
השפעת משטרי הארה באור להט או פלורוסנט 41 על מועד הפריחה של היפריקום "אקסלנט פלייר". תכולת האור האדום בשתי הנורות $0.34 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. אור הלהט מכיל תוספת אדום-רחוק של $0.54 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. התלות בין יחס אדום\כחול לבין משטר התאורה בהשפעתם על הפריחה



איור 2 מראה מערכת יחסים מורכבת בין יחסי אדום\כחול לבין משטר התאורה בהשפעתם על פריחת היפריקום. התגובה ליחס אדום\כחול נעה בין חוסר חשיבות במשטר הארכת יום, יעילות עולה עם עליית כמות הכחול במשטר הארה בסוף הלילה, ועד יעילות משתנה בין עיכוב לזירוז בהארה כל הלילה ובשבירת לילה עם אופטימום ביחס: אדום\כחול=2.4.

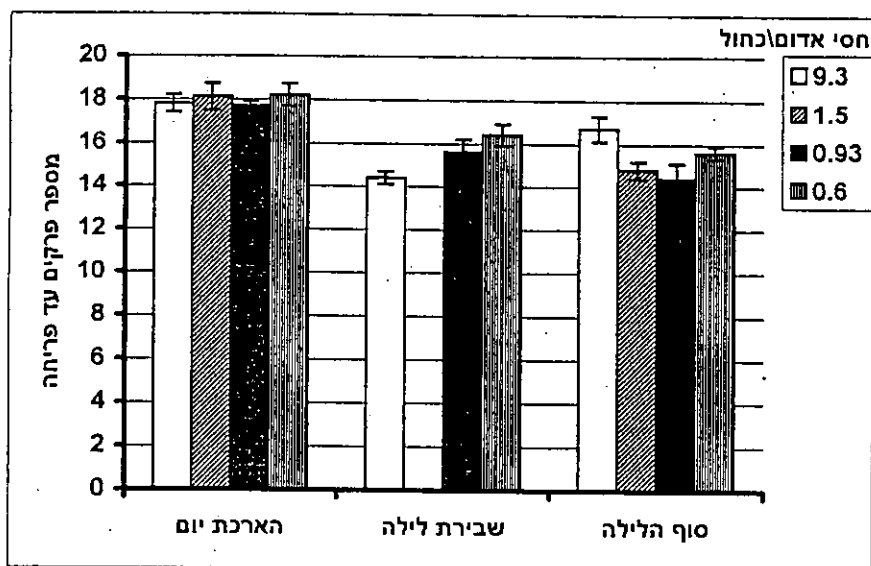
איור 2

השפעת העשרת נורת פלורוסנט באור כחול על תגובת היפריקום למשטרי הארה בזמנים שונים של הלילה, במחזור גידול שהחל בסתיו.



השפעת נוכחות אדום-רחוק על התלות בין יחס אדום/כחול לבין משטר התאורה בהשפעתם על הפריחה כאשר היחס אדום/כחול השתנה בנוכחות כמות קבועה של אדום רחוק (איור 3) נשמרה המתכונת הבסיסית של חוסר השפעה לנוכחות הכחול במשטר הארכת יום והודגשו ההשפעה השלילית במשטר שבירת לילה והשפעה החיובית בסוף הלילה.

השפעת העשרה של נורת להט באור כחול על תגובת הפריחה של היפריקום לאור שניתן בזמנים שונים של הלילה, תחילת הניסוי בספטמבר.

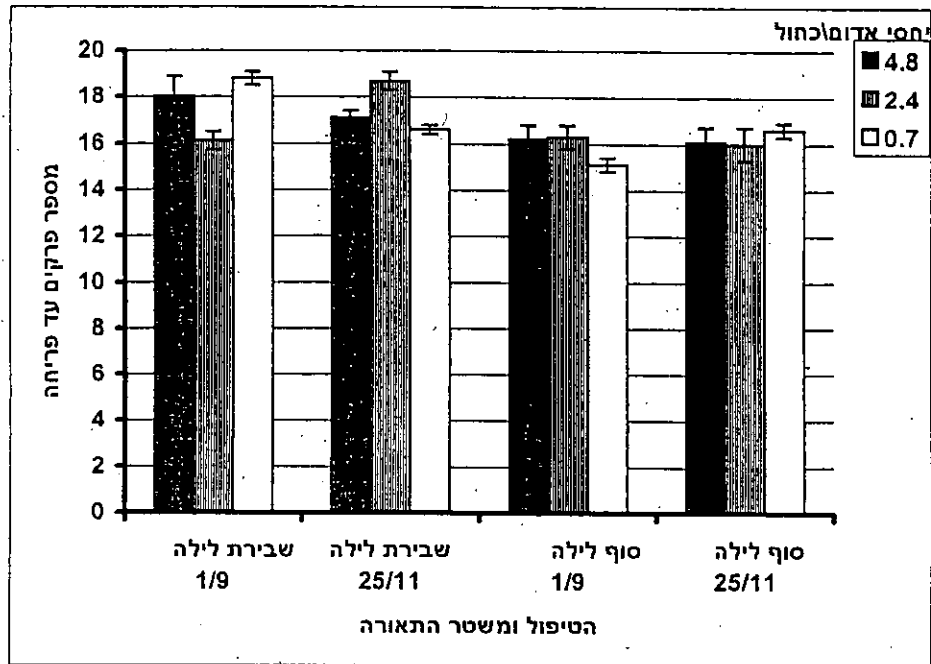


ה. השפעת תנאי היום הטבעי על התגובה ליחסי אדום\כחול

משך מחזור גידול, בין גיזום לפריחה, מושפע מהטמפרטורה ומתנאי האינדוקציה לפריחה. המחזור הסתווי נמשך בין 2-3 חודשים והחורפי בין 3-4 חודשים. המחזור הסתווי עשיר יחסית בכמות אור שמש, עובדה שמשליכה גם על מאפייני התגובה לספקטרום האור המלאכותי. במשטרי שבירת לילה והארה בסוף הלילה בהם ליחסי אדום\כחול הייתה השפעה על הפריחה ניכרת גם האינטראקציה עם תנאי האור ביום הטבעי. באור שעיקרו אדום (יחס אדום\כחול = 4.8) לא הייתה לתנאי היום הטבעי השפעה על הפריחה (איור 4). יחסי אדום\כחול שהיו בעלי השפעה במשטר הארה בסוף הלילה במחזור הסתווי הפכו לחסרי השפעה במחזור החורפי כתוצאה מאיבוד ההשפעה של האור הכחול ואילו במשטר שבירת לילה התלות של התגובה ביחס אדום\כחול השתנתה כך שיחס של 2.4 שהיה בעל השפעה חיובית במחזור הסתווי הפך לבעל השפעה שלילית במחזור החורפי.

איור 4

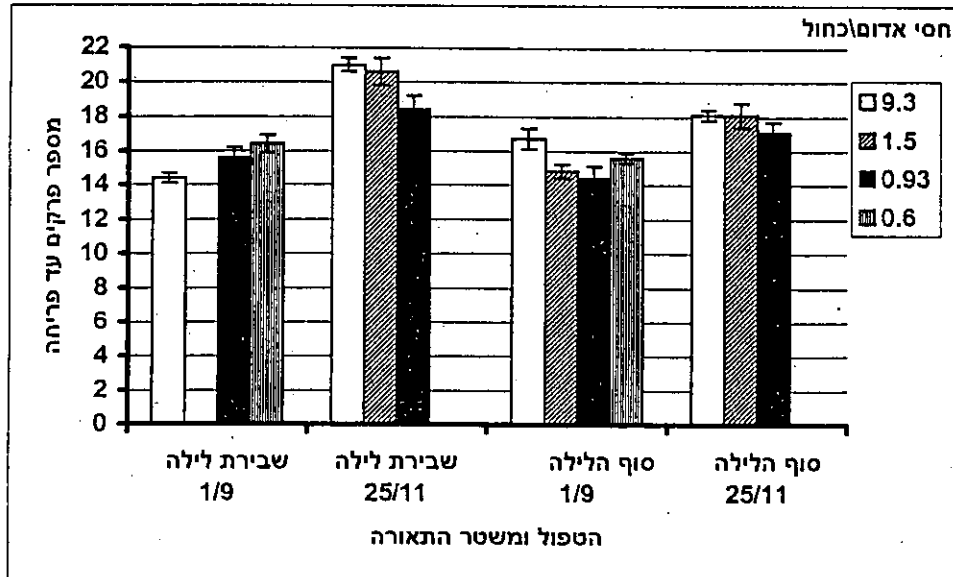
השפעת מועד התחלת מחזור הגידול על התגובה לאור פלורוסנט מועשר בכחול שניתן בזמנים שונים של הלילה.



בנוכחות אור אדום-רחוק (איור 5) התגובה ליחס אדום/כחול = 9.3 (אור גורת להט) דומה במשטר הארה בסוף הלילה בשני המחזורים ונחלשת במשטר שבירת לילה במחזור החורפי. עליה בכמות היחסית של הכחול שחיזקה את התגובה להארה בסוף הלילה והחלישה את התגובה לשבירת לילה במחזור הסתווי הפכה חסרת משמעות בסוף הלילה ובעלת משמעות חיובית בשבירת לילה במחזור החורפי.

איור 5

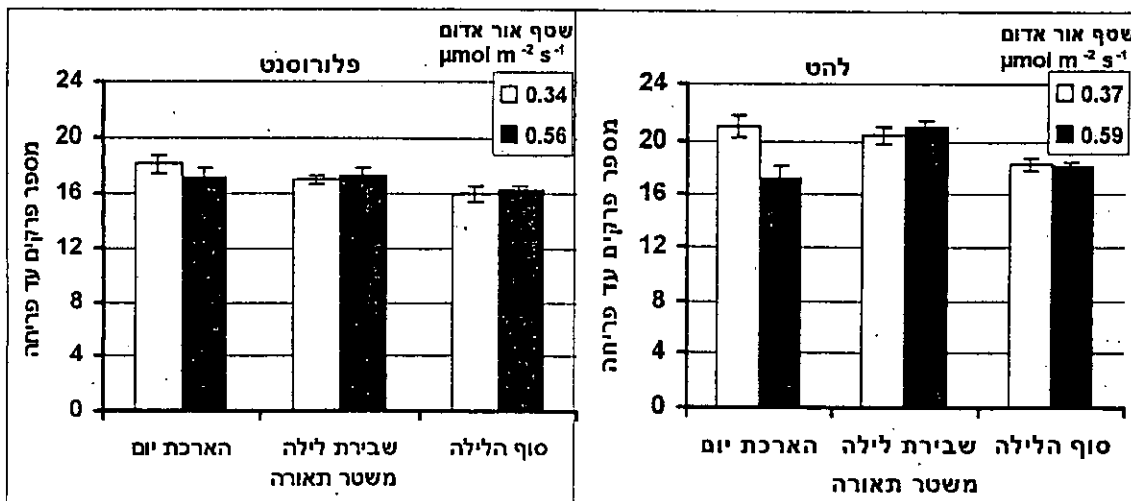
השפעת מועד התחלת מחזור הגידול על התגובה לאור להט מועשר בכחול שניתן בזמנים שונים של הלילה. היחסים המורכבים בין השטף האדום והכחול על רקע תנאי קרינת שמש משתנים ונוכחות האור האדום-רחוק



עוררה מחדש את הצורך לאשר את היחס בין נורת פלורוסנט 41 (שהיא בעיקרה נורה אדומה) לבין נורת להט (שמכילה אדום/אדום-רחוק ביחס של 0.6) בהשפעתם על הפריחה במרכז החורף כשתנאי קרינת השמש מאטים את התגובה לתאורה פוטופריודית מלאכותית בשטחי גידול מסחריים. בחנו את שתי הנורות בשטף זהה ועולה של אור אדום (איור 6).

איור 6

השפעת שטף האדום ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) באור להט ופלורוסנט 41 על תגובת הפריחה של היפריקום לזמני מתן האור במשך הלילה, במרכז החורף.



הנתונים באיור 6 מראים שנוכחות האור האדום רחוק בנורת הלהט האט את התגובה בכל משטרי התאורה והפך אותה למושפעת משינויי שטף בתחום הנמוך של $0.59-0.37 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ במשטר של הארכת יום. חוסר התלות

של השפעת הפלורוסנט בהכפלת שטף האור בתנאי מרכז החורף ויעילותו היחסית, בכל משטרי ההארה, מקנים לו יתרון בולט בשטחי גידול מסחריים.

התלות של התגובה לספקטרום האור בורנליזציה

ההשפעה של תנאי היום הטבעי על מתכונת התגובה ליחסים השונים בספקטרום האור המלאכותי חייבה התייחסות גם לשונות בטמפרטורה בין שני מחזורי הגידול. לכן בחנו את האפשרות שלהיפריקום דרישה כמותית לורנליזציה (טבלה 4). צמחים שסיימו מחזור גידול קיצי בתנאי בית רשת או בתנאי טמפרטורה נמוכה בפיטוטרון נגזמו ותגובתם לטיפול אור נבחנה במחזור סתווי.

טבלה 4 השפעת טמפרטורות הגידול במחזור גידול קודם על תגובת היפריקום ליחסי אדום/כחול באור שניתן במשך כל הלילה, בתנאי חממה החל מ- 1/9.

סוג הנורה	PAR $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$	אור אדום $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$	אור כחול $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$	אדום/כחול	טמפרטורה במחזור גידול קודם	מספר פרקים
פלורוסנט 41	0.7	0.34	0.07	4.8	17/9 מ"צ	17.5 ± 0.5
פלורוסנט 41	0.7	0.34	0.07	4.8	קיץ בחוץ	19.8 ± 0.6
פלורוסנט 21	0.9	0.33	0.14	2.4	17/9 מ"צ	15.2 ± 0.3
פלורוסנט 21	0.9	0.33	0.14	2.4	קיץ בחוץ	18.7 ± 0.8
ביקורת יום-טבעי					17/9 מ"צ	20.1 ± 0.9
ביקורת יום-טבעי					קיץ בחוץ	31.5 ± 0.3

הקור במחזור הגידול המוקדם האיץ את תגובת הפריחה בכל הטיפולים עובדה שמעידה על דרישה חלקית לורנליזציה. בין טיפולי ההארה המלאכותית בולטת ההשפעה החזקה יחסית של הורנליזציה על התגובה לאור מועשר בכחול. מכאן מסלול התגובה לכחול קרוב יותר למסלול השפעת האור על הפריחה שנחסם ע"י הצורך בורנליזציה.

מסקנות והשלכותיהן

יישום ידע בסיסי כפוף למגבלות שנובעות בין השאר מהשוני בתנאי הסביבה בהם מתבקשת המערכת המיושמת לפעול ומעלויות יחסיות (כמו עלות החשמל והנורות). במקרה שלנו שבו מדובר בהשפעת האור על הפריחה מגבלות אלה מקבלות משמעות הן מבחינת השפעת תנאי הסביבה והן מבחינת שטף האור שניתן להשתמש בו בתנאים מסחריים. בתנאים מסחריים הצמח נחשף להשפעת גומלין בין תנאי אור השמש לתנאי התאורה המלאכותית. יחסי הגומלין כפופים למערכת משתנה של תנאי קרינת השמש. בתנאים אלה אנחנו מחפשים בסיס יציב ככל האפשר ביחסי הגומלין שיבטיח השפעה יציבה של האור המלאכותי גם בתנאי קרינת שמש משתנים.

המחקר שערבנו מדגים את הפער בין יציבות השפעתו של האור האדום על הפריחה מול התלות החזקה של העשרה באור כחול בתנאי היום הטבעי, כשהעשרה באור אדום-רחוק נמצאת בעמדת ביניים. במשטר של הארכת יום יעילות הכחול כשלעצמו נפלה מזו של האדום. התגובה להעשרת אור אדום או אור אדום + אדום-רחוק בכחול השתנתה בהתאם למידת ההעשרה, משטר ההארה, ותנאי היום הטבעי. מידת התלות של תוספת האור הכחול בגורמים אלה הייתה גבוהה מזו של האדום וקרובה לזו של העשרה באדום-רחוק. במשטר של הארכת יום העשרה בכחול הייתה חסרת משמעות. במשטר של הארה בסוף הלילה העשרה בכחול נעה בין חוסר השפעה במרכז החורף

לזירוז התגובה, בעיקר על רקע אור להט, בסתיו. האפשרות של האור הכחול להשפיע על התגובה לאדום או לאדום + אדום-רחוק בטווח שבין זירוז לעיכוב מודגמת במשטר שבירת לילה. ביחס אדום\כחול אופטימלי, העשרה של נורת להט בכחול החלישה את השפעתה בסתיו וחיזקה אותה במרכז החורף ואילו העשרה של נורת פלורוסנט חיזקה את השפעתה בסתיו והחלישה בחורף. במקרה של נורת להט השפעת הכחול התחזקה עם עליית חלקו בספקטרום האור ואילו במקרה של נורת פלורוסנט העיכוב והזירוז קשורים ביחס אדום\כחול גבוה (כלומר שטף נמוך של כחול).

חשוב להדגיש שהתוצאות מתייחסות להיפריקום ולשטף אור מלאכותי נמוך והן עשויות להשתנות בצמחים אחרים ובשטף גבוה יותר.

אם נחפש צירוף של נורה (ספקטרום) ומשטר תאורה שיבטיח לנו יעילות ויציבות בתנאי יום טבעי משתנים נגיע על בסיס המחקר שלנו להשוואה בין הארה בסוף הלילה באור להט מועשר בכחול (איור 5) לבין נורת פלורוסנט 41 (יחס אדום\כחול=4.8) במשטר של שבירת לילה או הארה בסוף הלילה (איור 4). תשובה מוחלטת להשוואה זו אין לנו שכן תשובה כזו צריכה לקחת בחשבון את עלות הנורה, יעילותה בניצול אנרגיה החשמל ואורך חייה. לחישוב זה יש להוסיף את העובדה שלצורך שבירת לילה אנחנו מאירים שתיים ואילו לצורך השלמת היום הטבעי ל-16 שעות אור ע"י הארה בסוף הלילה משך ההארה המלאכותית בין סתיו לאביב נע בין 4-6 שעות.

מבחינת תרומת המחקר להבנת מורכבות פעילות חלקי הספקטרום השונים בתהליך הפריחה של צמחי יום ארוך חשוב לנו להדגיש את הממצאים הבאים:

תפקידו של האור הכחול בתהליך הפריחה נחשב, במשך שנים, למשני וייחודי לצמחים ממשפחת המצליבים. חשיבותו קיבלה משמעות חדשה נוכח חשיפת הבקרה הגנטית על תפקודו בתהליך הפריחה של ארבידופסיס (צמח ממשפחת המצליבים). המחקר שלנו מחזיר אותו למעמדו המשני, לפחות בכל מה שקשור לפריחת היפריקום ולקולטן שמופעל בשטף נמוך של אור כחול.

לאור הכחול יש השפעה על הפריחה בשני המסלולים: באמצעות הבקרה על הריתמוס היומי ברגישות לאור ובאמצעות השפעה ישירה בתקופה הרגישה של הריתמוס. בשני המקרים יש אינטראקציה בין שלושת חלקי הספקטרום: הכחול, האדום והאדום-רחוק. אם נגביל את עצמנו לתחום העוצמות הנמוכות עיקר השפעתו של הכחול תוגבל להשפעה הישירה, וליחסי סינרגיזם עם האור האדום-רחוק. אם נתעלם לרגע מההשפעה של חשיפה לאור שמש על התגובה לאור המלאכותי ונתמקד בניסויים שתחילתם בסתיו, נוכל למצוא סימוכין לידע הבסיסי מתוצאות המחקר שערכנו בעובדות הבאות: 1. מסלול ההשפעה על הפריחה שנחסם בצמחים דורשי ורגליזציה הוא המסלול הישיר שפתיחתו בעקבות קירור ההיפריקום השפיעה במיוחד על יעילות האור הכחול שסיפקנו לצורך פריחה (טבלה 4). 2. אם נתייחס להבדל בין נורת להט לפלורוסנט כששתיהן מספקות אותו שטף של אור אדום נגיע למסקנה שהאור האדום-רחוק בנורת להט מקטין את יעילותה בשבירת לילה (איור 6). תוספת של אור כחול מגבירה מגמה זו (איור 3). נורת להט יעילה יחסית בהארה בסוף הלילה (איור 1) ויעילותה מוגברת עם ההעשרה בכחול (איור 3). מכאן בין האור הכחול והאדום-רחוק יש סינרגיזם בהשפעתם על הפריחה.

התמונה מסתבכת אם אנחנו מנסים לשפוט את יחסי האדום והכחול בהשפעתם על הפריחה ואם אנחנו מוסיפים לתמונה את השפעת תנאי היום הטבעי על התגובה לאור המלאכותי. מקור הסיבוך הוא ככל הנראה בהשפעה של אורך היום הטבעי על הריתמוס בבקרת הפריחה, ההשפעה של האור האדום על הריתמוס וההשפעה ההדדית בין

קולטני האדום והכחול הן במסלול ההשפעה על הריתמוס והן במסלול ההשפעה הישירה באופן שמותנה ביחס אדום\כחול ויכול לבוא לידי ביטוי סינרגיסטי ואנטגוניסטי.

פרוט הפרסומים המדעיים

אין.

סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה בחינת השפעתו של האור הכחול בספקטרום האור המשמש ליצירת תנאי יום ארוך בשטחי גידול מסחריים במטרה ליישם את תוצאות המחקר במסגרת מגוון הנורות המצויות בשוק והניתנות לשימוש חקלאי.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח השפעת האור הכחול, לבדו או ביחסים שונים עם אדום ואדום-רחוק, על פריחת היפריקום ובחנה בתנאים מבוקרים בפיטוטרון ובתנאי חממה על רקע תנאי יום טבעי משתנים ובמשטרי תאורה מלאכותית שונים. הודגמה התלות שבין יחס הכחול לאדום ולאדום-רחוק, משטר התאורה ותנאי היום הטבעי לבין השפעת האור הכחול על הפריחה.
3. המסקנות המדעיות והשלכות על יישום המחקר והמשכו מבחינה מדעית הוכח הקשר בין אפשרות האור הכחול, בשטף נמוך, להשפיע על הפריחה ובין תנאי קרינת השמש כולל אורך היום הטבעי, הזמן במהלך הלילה בו סופק האור וההפעלה המקבילה של קולטני האור האדום והאדום-רחוק. התלות הזו הופכת אותו לבעל ערך יישומי יחסי רק בתוספת לאור להט ובמשטר הארה בסוף הלילה. כדאיות השימוש בו מותנית בהשוואת עליות מול השימוש בנורת פלורוסנט במשטר של שבירת לילה.
4. הבעיות שנותרו לפתרון האפשרות של האור הכחול ליעל את השפעת אור הלהט על הפריחה במשטר של הארה בסוף הלילה עשויה באופן תאורתי להתחזק עם הגדלת ההעשרה של אור הנורה בכחול. לפני שנכנסים לשיקול הכלכלי כדאי לבחון זאת תוך שימוש בנורות קיימות.
5. האם הוחל בהפצת הידע עדין לא.