

בחינת רשתות צל בעלות תכונות אופטיות שונות לשיפור איכות ויבול של פרחי קטיף

חוקרים שותפים:

מיכל שמיר, עדה לוי-ניסים, רינת עובדיה - צמחי נוי, מינהל המחקר החקלאי.
יוספה שחק, יבגני גוסוקבסקי, יורי גילר, קירה רטנר - מטעים, מינהל המחקר החקלאי.
אלי מתן, עירית דורי - מו"פ דרום.
שלמה איתן - שה"מ, משרד החקלאות.

תקציר:

תנאי הצללה אופטימליים הנם בעלי חשיבות למספר רב של פרחי קטיף. השאלה אותה אנו שואלים היא האם ניתן להחליף את הרשת המסורתית השחורה ברשתות צל בעלות תכונות אופטיות ייחודיות, ובכך להשפיע באופן הרצוי על הצימוח ועל מדדי הפריחה? בעקבות עבודה מקיפה עם צמחי פיטוספורום מגוון, ותוצאות דרמטיות שמיושמות כיום על ידי חקלאי ישראל, עברנו לבחינת השפעת רשתות הצל הצבעוניות על פרחי קטיף.

הניסיונות המתוארים כאן מסכמים שלוש שנות גידול כשבכל שנה בחנו שתי עונות (חורפית וקיציית בשנתיים הראשונות ושתי עונות חורפיות בשנה השלישית) בנסיון בשני אתרים בחוות הבשור. האתר המרכזי הוא בית רשת המורכב משמונה רשתות בעלות תכונות ספקטרליות/פיזיקליות שונות, שהוקם עבורנו, והאתר השני הוא מערך של מנהרות. הרשתות יוצרו ע"י חברת פולישק בהתאם להנחיותינו. נעשה מעקב במשך כל תקופת המחקר על השינויים הספקטרליים בין הרשתות והשפעת הרשתות על המיקרואקלים של בית הגידול. חלק מהרשתות שופרו והוחלפו תוך כדי המחקר בהתאם לתוצאות מדידות התאורה ותגובות הצמחים. ההשוואה בין הרשתות נערכה על בסיס אחוז הצללה אחיד בכולן. בחורף נבחנו הגידולים, קלה אתיופיקה, כלנית, נץ חלב דוביום, ושני זני חמניות, ובקיץ נבחנו צמחי טרכליום ושלושה זנים של ליזיאנתוס. הממצאים העקריים מעבודה זו הם: **א.** לרשתות השפעה דרמטית על אורך גבעולי הפריחה של פרחי ליזיאנתוס, חמניות וטרכליום. בשלושת הגידולים גרמה הרשת הכחולה לנינוס הגבעולים. בפרחי ליזיאנתוס, המותאמים לעונות המעבר וגדלים תחת רשת בעונת הקיץ, הרשת הצהובה והאדומה גרמו להתארכות משמעותית בגבעולים מבלי לפגוע באיכותם, ובפרחי חמניות הרשת האדומה והפנינה גרמו להתארכות איכותית. **ב.** בפרחי טרכליום הרשת הכחולה גרמה גם לצימוח פרחים בעלי קוטר קטן במיוחד. **ג.** בפרחי דוביום וקלה הרשתות גרמו להקדמה משמעותית במועד הפריחה: בפרחי דוביום במנהרות רשת, גרמה הרשת האדומה להקדמה של שלושה שבועות לעומת השחורה. כשהמנהרות כוסו גם בפוליאטילן ההקדמה היתה של 11 יום, וכשהבצלים טופלו גם בגיברלין ההקדמה היתה של 5 ימים. בפרחי קלה שגודלו בבית הרשת, רשת הפנינה הקדימה פריחה ב-16 יום וכל יתר הרשתות הצבעוניות הקדימו ב-9 ימים ביחס לרשת השחורה.

לסיכום, מחקר זה הוא ראשון מסוגו בארץ ובעולם. התוצאות הראו בברור כי ניתן להשפיעה באופן ניכר על מדדי פריחה, ועל עיצוב הפרחים לקטיף ע"י סינון אור השמש בעזרת רשתות צל בעלות תכונות ספקטרליות ייחודיות. מסקנה חשובה נוספת היא שכדי להגיע לשימוש המיטבי בטכנולוגיה החדשה יש צורך בבחינת כל גידול והשפעת הרשתות עליו בנפרד.

מבוא (רקע מדעי ומטרות):

תנאי הצללה אופטימליים הינם בעלי חשיבות למספר רב של פרחי קטיף. בשנים האחרונות התרחבה עונת השיווק של פרחי קטיף מעונת החורף לעונות הביניים ולקיץ. בעונות החמות, התנאים בבתי רשת עדיפים לפרחי קטיף כמו ליזיאנטוס וטרכליום על אלה שבחממות, בהן הטמפרטורות עולות לרמות גבוהות מדי. בנוסף לכך ישנם פרחי בצל כמו הדוביום והכלניות, שנשתלים בבתי רשת בסתיו לקבלת פריחה בחורף.

הרשת המסורתית בה משתמשים להצללה היא רשת שחורה. השאלה אותה התחלנו לבחון לפני מספר שנים בענפי קישוט ירוקים היא האם ניתן לשכלל את השימוש ברשתות ולהשיג יתרונות נוספים מעבר לעצם ההצללה? האם ניתן לאתר רשתות צל בעלות תכונות אופטיות ייחודיות אשר משנות לא רק את כמות האור המגיע לצמח אלא גם את אופיו, כך שישפיעו באופן הרצוי על אופי הצימח, היבול ואיכותו? לשם כך פיתחה חברת פולישק בשיתוף פעולה איתנו סדרת רשתות צבעוניות בעלות תכונות אופטיות שונות זו מזו בספקטרום מעבירות האור, פיזור האור, רפלקציה ותכונות סינון הקרינה התרמית (ר' סקירת הטכנולוגיה, שחק 2003).

במחקר שהתמקד בהשפעת רשתות הצל הצבעוניות על ענפי קישוט ירוקים מצאנו שרשתות בעלות אחוז הצללה שווה, אך שונות בספקטרום מעבירות האור ובמידת פיזור האור, השפיעו בצורה משמעותית על איכות ויבול הצמחים (אורן-שמיר וחוב', 2001; שחק וח' Oren-Shamir et al. 2002 ; 2001) עבודה זאת היוותה את השלב הראשון בפיתוח הטכנולוגיה החדשה. תוצאות עבודתנו בבחינת רשתות צל צבעוניות על גידול פיטוספורום מגוון כבר מיושמות כיום על ידי חקלאי ישראל ומגדילות באופן משמעותי את איכות ויבול הענפים לייצוא. במקביל הולך ומתרחב יישום המחקר שלנו לענפי קישוט נוספים בארץ ובעולם.

במחקר המסוכם כאן בקשנו ללכת צעד אחד קדימה ולבחון בנוסף לאספקטים וגטיביים גם השפעה על מדדי פריחה. הרחבת המחקר לעבודה על פרחי קטיף אפשרה בחינת השפעת הרשתות על פרמטרים שונים של פריחה, כגון מועד הפריחה, משך הפריחה, גודל וצבע הפרחים, ובמקרה של גאופיטים גם איכות איבר הריבוי הנוצר לשתילה בעונה הבאה. הרעיון היה לנצל את אותן רשתות לשני מחזורי גידול בשנה, וכך להגדיל את המידע הנרכש במהלך המחקר, וכן את פוטנציאל הרווחיות למגדלים. במשך שלוש שנות המחקר, בחנו מספר רב של גידולים לפרחי קטיף וצברנו נתונים רבים על השפעת הרשתות הצבעוניות על גידולם. בדוח זה, המסכם את המחקר, בחרנו להציג את הגידולים בהם

נתקבלו התוצאות המשמעותיות ביותר. חלק מהתוצאות המוצגות כאן נבחנות כיום במשקים חקלאיים לביסוס פרוטוקול הגידול והשימוש ברשתות.

פירוט הניסויים והתוצאות:

א. פיתוח ובחירת הרשתות:

חברת פולישק, בשיתוף פעולה איתנו, פיתחה סדרת רשתות צבעוניות בעלות תכונות אופטיות השונות זו מזו בספקטרום מעבירות האור, פיזור האור, רפלקציה ותכונות סינון הקרינה התרמית. לאחר מדידה ואפיון הרשתות, אשר חלקן יוצרו במיוחד לצורך מחקר זה, ועל בסיס תוצאות הניסויים הקודמים שלנו בחרנו שמונה רשתות צל השונות זו מזו בתכונותיהן באופן מובהק. הרשתות שנבחרו הן: רשת אדומה, צהובה, כחולה, אלומינט, אפורה, פנינה, ברד-לבנה ושחורה. המכנה משותף לרשתות, פרט לרשת הברד, נקבע כאחוזי הצללה דומה בתחום PAR (400-700 nm), של 50% צל. צפיפות הסריגה כוונה כדי להשיג את דרגת ההצללה האחידה. לפיכך, צפיפות הסריגה היתה נמוכה יותר באפורה ובשחורה, בינונית בכחולה ובאדומה, וצפופה יותר בצהובה ובפנינה. אחוזי ההצללה של רשת הברד היה 12% בלבד, והיא שימשה כביקורת הקרובה יותר לגידול ללא רשת. במשך תקופת הניסוי הרשת האדומה ורשת הפנינה הוחלפו לרשתות דומות אך יציבות יותר. הרשת האדומה חדשה היתה שונה במקצת בספקטרום האור העובר דרכה באורכי הגל הכחולים מקודמתה. הפנינה החדשה, בשונה מהישנה, בולעת בתחום ה-UV-A+B.

ב. מערך הניסוי:

שנה ראשונה:

במחזור החורף הועמדו בחוות הבשור שמונה מנהרות נפרדות בגודל של 6 x 12 מ' וגובה של 2.5 מ'. כל מנהרה חולקה לשניים לרוחב, כשבחציה הדרומי נשתלו בצלי נץ חלב דוביום ובחציה הצפונית בצלי כלנית מונליזה. כל מנהרה כללה שלוש ערוגות ברוחב מטר לאורכה. בצלי הדוביום היו בגודל 2-3 מ"מ. מקורם מתרבויות רקמה ממשל בנצור, והם נשתלו ב-20.09.00. קטיף פרחי הדוביום נעשה במהלך החודשים ינואר עד אפריל 2001. בצלי הכלנית היו בגודל 3-4 מ"מ. מקורם מיבוא והם נשתלו ב-27.09.00. קטיף פרחי הכלנית נעשה במהלך החודשים נובמבר 2000 עד אפריל 2001. על מנת לקבל את אותו אחוזי הצללה בכל הרשתות, היה צורך בצפיפות סריגה שונה בהתאם למידת השקיפות של חוטי הרשת וספקטרום מעבירות האור שלהם. לדוגמה, צפיפות הסריגה ברשת צהובה היתה גבוהה מזו שברשת שחורה. דבר זה יוצר מיקרואקלים שונה במנהרות השונות, כתוצאה מזרימת אויר שונה בכל אחת מהן. על מנת להפחית תופעה זו, החלטנו על מערך שונה למחזור הקיץ של השנה. לשם כך הוקם בית רשת אחד גדול עם גג אופקי לכל הרשתות, כשכל רשת פרושה על שטח

של 12 X 12 מ', בגובה 3.5 מ' מעל הקרקע. שתילי הליזיאנטוס והטרכליום נשתלו בארבע ערוגות ברוחב מטר לאורך בית הרשת. שתילי הליזיאנטוס נשתלו ב-11.7.01 והטרכליום ב-8.7.01. שני הצמחים נשתלו בעומד של 60 שתילים למ"ר.

לקביעת השפעת הרשתות השונות על איכות ויבול הפרחים נבחרו מספר מדדים: בארבעת הגידולים נקבע מועד הפריחה, היבול, אורך ומשקל ענפי הפריחה בכל רשת. כמו כן נבדקו מספר מדדים לאיכות הפרחים (כמו קוטר הפרח בטרכליום, מספר פרחים בתפרחת בדוביום וכו'). במקביל נמדדו מאפיינים פיזיקליים של האור ומדדי מיקרואקלים תחת הרשתות בבית הרשת ובמנהרות.

שנה שניה:

המשך הניסוי ברשתות הצבעוניות נערך בשני אתרים בחוות הבשור במשך שנת 2001/2: 1. בבית הרשת שהוקם עבורנו בשנה הראשונה. בית הרשת היה זהה בהרכב הרשתות לקיץ 2001. 2. מערך של ארבע מנהרות בגודל של 6 X 12 מ' וגובה של 2.5 מ'. בכל מנהרה היו שלוש ערוגות ברוחב מטר לאורכה. לגידול החורפי של פרחי דוביום, ארבעת המנהרות כוסו ביריעת פוליאטילן (IR רגיל, מחברת גניגר) בנוסף לרשת צל של 50%. בגידול הקיצי, המנהרות שמשו לגידול פרחי טרכליום, וכוסו בשתי שכבות של רשתות זהות בצבען, באחוזי צל של 40% ו-50% (ביחד כ-75% צל).

במחזור החורף נשתלו שלושה גידולים שונים בבית הרשת: קלה אתיופיקה ב-10/10/01, בצלי נץ חלב דוביום (ממשלת בן-צור) (10/10/01), זרעי תורמוס צהוב (17/10/01 וב-24/10/01). בצלי הקלה נשתלו בערוגה אחת בלבד באורך 2 מטר, ובצלי הדוביום בשלוש ערוגות באורך 5 מטר. באחת מהערוגות טופלו שתילי הדוביום בגיברלין כמקובל אצל המגדלים. התורמוסים נזרעו בשתי ערוגות באורך 5 מטר, בשני תאריכים בהפרש של שבוע.

על מנת לבחון השפעת שילוב של יריעות פוליאטילן ורשתות צבעוניות, בצלי דוביום נשתלו גם בארבעת המנהרות כמצוין במערך הניסוי. במנהרות, הצמחים טופלו בגיברלין באחת הערוגות, ולא טופלו בערוגה המרכזית בכל מנהרה.

במחזור הקיץ, נשתלו בבית הרשת שלושה זנים של פרחי ליזיאנטוס: מיראז' פסטל, פלמנקו סגול ופלמנקו אדום יין. משני הזנים הראשונים נשתלו ארבע ערוגות, כל אחת של כחמישה מטר, ומהזן השלישי רק חלקה קטנה של כשני מטר. כל הזנים נשתלו ב-11/7/02. בארבע המנהרות נשתלו פרחי טרכליום. שתי מנהרות כוסו ברשתות אדומות (ראה מערך ניסוי) ושתיים ברשתות שחורות.

שנה שלישית:

בשנה האחרונה הניסיונות התבצעו רק בבית הרשת בבשור. בשנה זו נזרעו שני מחזורי חורף של פרחי חמניות. באוקטובר 2002 נזרעו זרעי חמניות Sunrich, ושבוע לאחר הקטיף שלהם בתחית דצמבר 2003, נזרע מחזור שני של חמניות מהזן Jerusalem Gold. באוקטובר 2003 נזרעו שני הזנים, Sunrich ואורית, ולאחר הקטיף שלהם, נזרע מחזור שני בדצמבר 2004 של אותם שני זנים.

ג. תוצאות:

השפעת רשתות הצל הצבעוניות על אורך ומשקל גבעולי הפריחה:

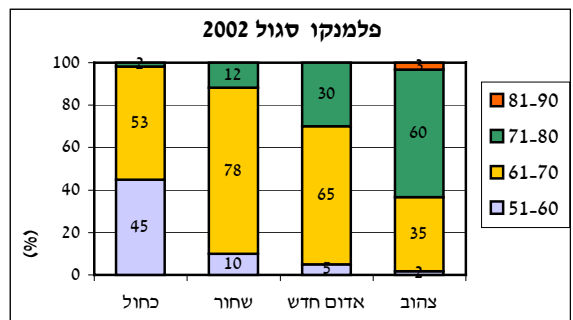
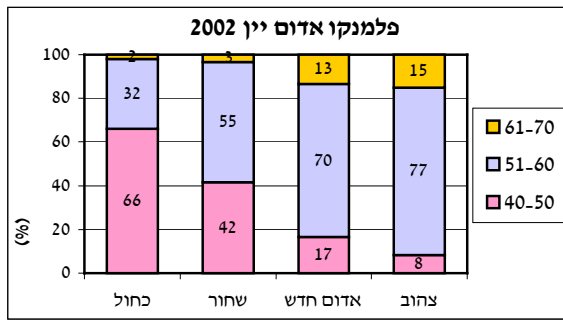
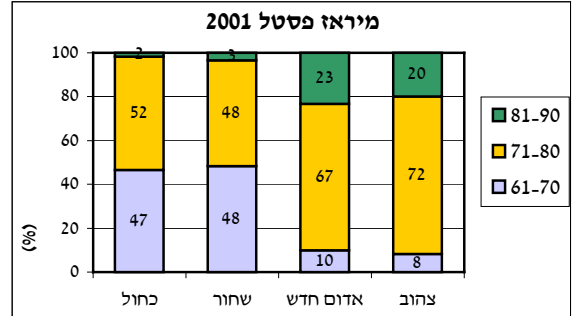
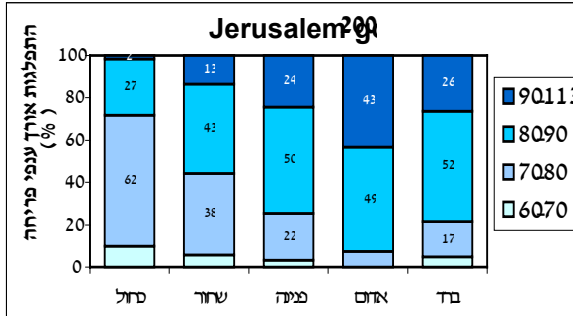
אחד המדדים שהושפעו באופן ניכר מרשתות הצל הצבעוניות היה אורך גבעולי התפרחת. המגמה של השפעת הרשתות השונות היתה דומה בפרחי ליוזיאנטוס, חמניות וכלנית.

איור 1 מסכם שתי עונות של מדידת אורך גבעולי ליוזיאנטוס. בשנת 2001/2000, עקבנו אחר השפעת רשתות הצל הצבעוניות על הזן הקיצי מיראז' פסטל. התופעה הבולטת ביותר היתה קבלת גבעולי פריחה ארוכים יותר ואיכותיים תחת הרשתות הצהובה והאדומה. בשנה השניה חזרנו על ניסוי זה בבית הרשת, ובחנו גם זני פלמנקו, שאינם זני קיץ, ואיכותם נפגעת בטמפרטורות חמות. הזן פלמנקו סגול הוא זן מסחרי מצליח והזן פלמנקו אדום יין אינו מסחרי והענין בו הוא בגלל צבעו הייחודי. **איור 1** מראה את התפלגות גבעולי הפריחה על פי אורכם ברשתות השונות בשתי השנים שעקבנו אחר הזן מיראז' פסטל ובשני זני הפלמנקו. היתרון של הרשת הצהובה והאדומה בולט בכל השנים ומוכיח שאכן יש יתרון לרשתות אלו בגידול ליוזיאנטוס. משקל הענפים ומדדי איכות אחרים אינם נפגעים כתוצאה מרשתות הצל הצבעוניות (**תוצאות לא מוצגות**). היתרון של הרשת הצהובה בלט במיוחד בזן פלמנקו סגול, בו אחוז הענפים באורך שבין 71-80 ס"מ עלה מ-12 ברשת השחורה ל-60 ברשת הצהובה. יתכן ורשתות הצל הצבעוניות יתנו פתרון לגידול מגוון רחב יותר של זני ליוזיאנטוס בקיץ.

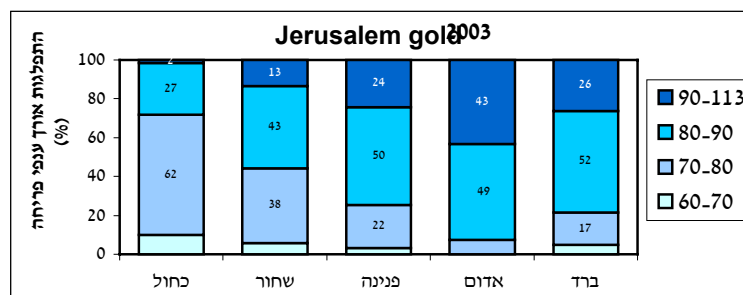
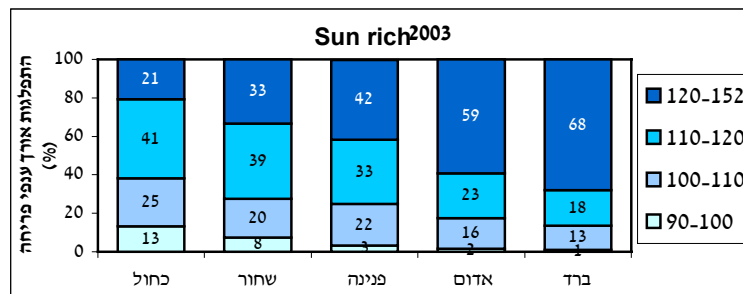
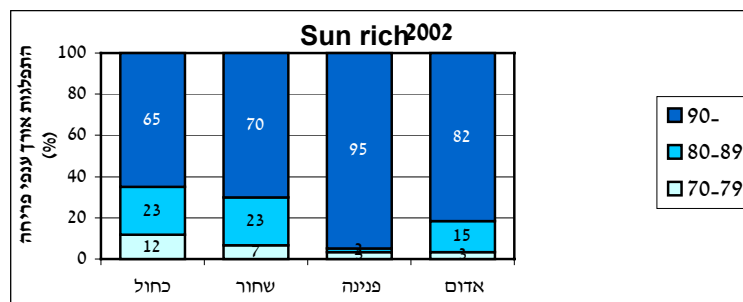
בפרחי חמנית מהזן Sunrich הרשתות השפיעו במגמה דומה לזו של הליוזיאנטוס (**איור 2**). גם ב-Sunrich הרשת הכחולה גרמה לנינוס, בזמן שהרשת האדומה גרמה להתארכות גבעולי הפריחה. הרשת הצהובה לא בלטה במיוחד בניסויים אלו, אך לעומתה רשת הפנינה היתה דומה בהשפעתה לרשת האדומה. הזן Sunrich בעל גבעולי פריחה נמוכים יחסית בחורף. בזן Sunrich אורך הגבעולים היה טוב גם ברשת השחורה, כנראה בגלל תאריך הזריעה המוקדם יחסית. ב-Jerusalem Gold שהוא זן דומה מאד ל-Sunrich, ניתן לראות שהגבעולים היו קצרים הרבה יותר, בגלל תאריך הזריעה המאוחר יותר, ובו לרשתות השפעה מכרעת על איכות הגבעולים. הזן אורית, שנבחן במטרה לגרום לנינוס של גבעולי הפריחה שלו, הגיע בכל הרשתות לגובה מעל 2 מטרים. הסיבה לכך כנראה בהשקיה ודישון מופרזים במהלך הגידול. תוצאות הניסוי אינן מוצגות פה.

גם בטרכליום רשתות הצל השפיעו על אורך גבעולי הפריחה. **באיור 3א** ניתן לראות שהרשת הכחולה גרמה לנינוס משמעותי של הגבעולים ביחס לכל שאר הרשתות. בדומה לליוזיאנטוס, משקל הצמח השתנה באותה מגמה כמו אורך גבעול הפריחה (**איור 3ב**). באופן מפתיע, אף אחת מהרשתות לא גרמה להתארכות גבעולי הטרכליום ביחס לרשת השחורה הניטרלית. על מנת לבחון האם הסיבה לכך היא אינדוקציה מוקדמת לפריחה, בעונת הגידול השניה, גודלו צמחי טרכליום במנהרות עם הצללה כבדה, במגמה לדחות אל התחלת הפריחה. לצערנו, הפרחים עברו אינדוקציה גם בהצללה הכבדה,

ושוב הרשתות לא גרמו להתארכות הגבעולים. יתכן שהיתה דרושה הצללה גבוהה עוד יותר מזאת בה נקטנו (75%) כדי לממש את דחיית הפריחה.



איור 1: השפעת רשתות הצל על התפלגות ענפי ליזיאנטוס על פי אורכם. ההתפלגות היא ממדגם של 60 ענפים



איור 2: השפעת רשתות הצל על התפלגות ענפי חמנית על פי אורכם. ההתפלגות היא ממדגם של 60 ענפים ב-Sun rich ב-2002 ו-120 ענפים ל-Sun rich ו-Jerusalem gold ב-2003.

אורך צמח - טרכליום (שתי הערוגות)

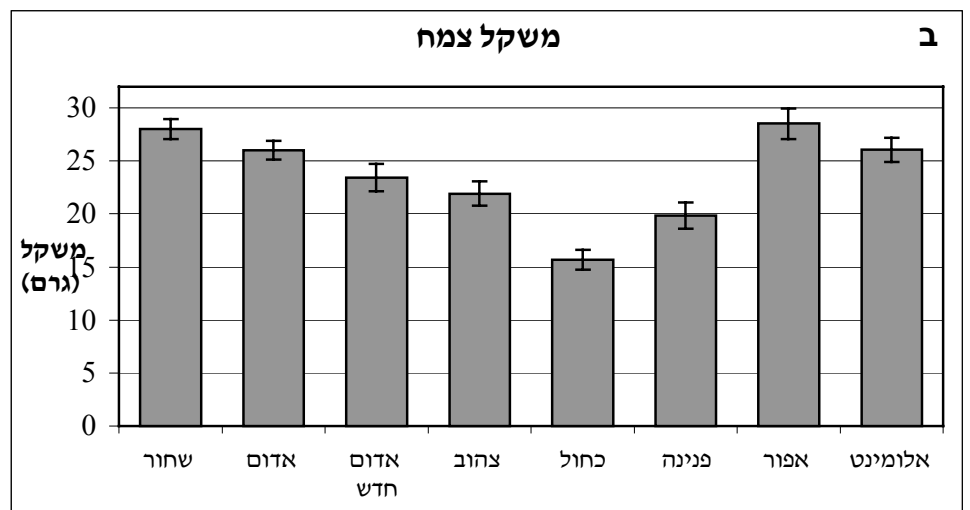
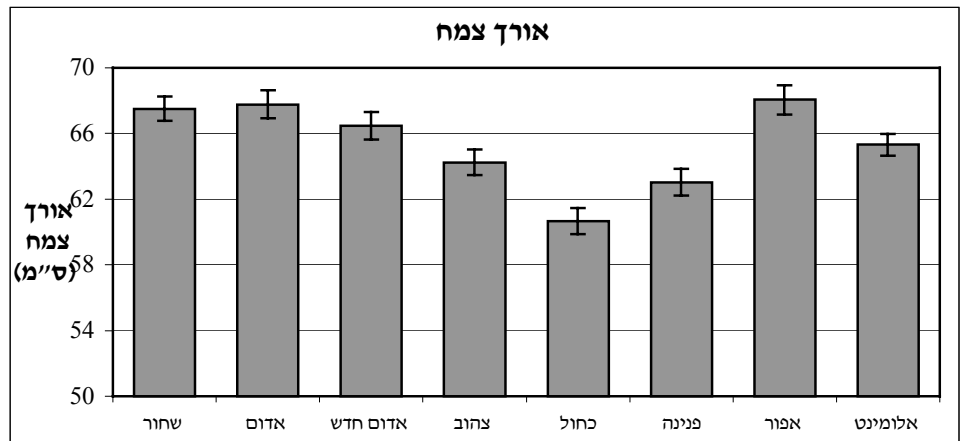
ש. תקן	ממוצע	
0.7	67.5	שחור
0.9	67.8	אדום
0.8	66.5	אדום חדש
0.8	64.3	צהוב
0.8	60.7	כחול
0.8	63.0	פנינה
0.9	68.1	אפור
0.7	65.3	אלומינט

משקל צמח - טרכליום (שתי הערוגות)

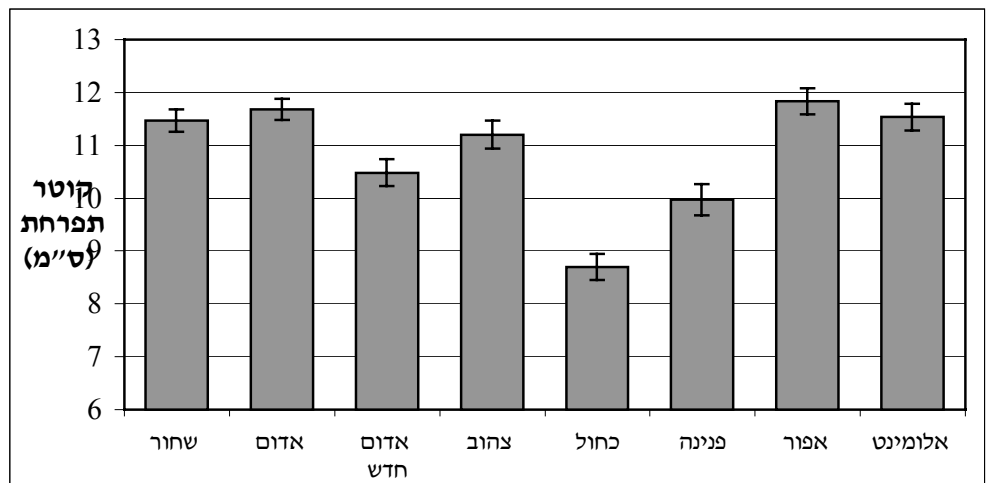
ש. תקן	ממוצע	
0.9	28.0	שחור
0.9	26.0	אדום
1.3	23.4	אדום חדש
1.1	21.9	צהוב
0.9	15.7	כחול
1.3	19.8	פנינה
1.4	28.5	אפור
1.1	26.1	אלומינט

קוטר תפרחת - טרכליום (שתי הערוגות)

ש. תקן	ממוצע	
0.21	11.5	שחור
0.20	11.7	אדום
0.26	10.5	אדום חדש
0.27	11.2	צהוב
0.25	8.7	כחול
0.29	10.0	פנינה
0.25	11.8	אפור
0.26	11.5	אלומינט



איור 3: השפעת הרשתות על אורך ומשקל פרחי טרכליום. הקווים האנכיים מייצגים סטיית תקן של 30 חזרות.



איור 4: השפעת הרשתות על קוטר התפוחית בפרחי טרכליום. הקווים האנכיים מייצגים סטיית תקן של 30 חזרות.

בפריחי כלנית, חלק מרשתות הצל, ביניהן האדומה והפינינה, גרמו להתארכות מועטה של גבעולי הפריחה (כ-4 ס"מ) אך בניגוד לגידולים האחרים, הרשת הכחולה לא השפיע כלל על האורך (תוצאות לא מוצגות).

למרות 4 עונות גידול של פרחי דוביוס במסגרת מחקר זה, לא התקבלו תוצאות חד משמעיות לגבי השפעת הרשתות על אורך הגבעולים. הסיבות האפשריות לכך הן השונות במקור של החומר הצמחי (ממשלת אסא או מתרבויות רקמה) ואיכות שונה מעונה לעונה של חומר הריבוי.

השפעת רשתות הצל הצבעוניות על גודל הפרחים:

האפקט הבולט ביותר של רשתות הצל על גודל פרחים הוא בפריחי טרכליום (**איור 4**). בנוסף על נינוס גבעולי הפריחה, הרשת הכחולה גרמה להתפתחות פרחים בעלי קוטר קטן באופן משמעותי לעומת הרשתות האחרות. למעשה פרחי הטרכליום תחת הרשת הכחולה נראו כמוצר אחר מאלו שגדלו תחת הרשתות האחרות.

קוטר פרחי החמניות השתנה במעט בין הרשתות השונות, אך ההשפעה היתה שונה מזן לזן ובין העונות השונות. בגידולים האחרים שנבחנו במסגרת עבודה זו לא נמצא הבדל בגודל הפרחים כתוצאה מגידול תחת רשתות שונות.

השפעת הרשתות על מועד הפריחה:

עקרונית, בפריחי הקיץ רשתות הצל הצבעוניות כמעט ולא השפיעו על מועד הפריחה. למעשה הזמן מתחילת הפריחה ועד לסופה היה קצר מאד בגידולים אלו. גם בכלנית, שהוא גידול החורפי, לא נראה הבדל בין הרשתות במועד הפריחה. לעומת זאת בגידולים החורפיים דוביוס וקלה אתיופיקה, רשתות הצל הקדימו באופן ניכר את מועד הפריחה ביחס לרשת השחורה.

איור 5 מסכם את תוצאות השפעת הרשתות על מועד פריחת הדוביוס תחת מנהרות הרשת. ניתן לראות שהרשת האדומה הקדימה את הפריחה בשלושה שבועות ביחס לרשת השחורה. בשנה השנייה של המעקב אחר פריחת צמחי נץ חלב (דוביוס), שמקורם מתרבויות רקמה, הוספנו שני טיפולים: טיפול בגייברלין וכיסוי המנהרות בפוליאאתילן בנוסף לרשתות הצל הצבעוניות. גם בניסויים אלו הפרחים ברשת האדומה הקדימו את אלו שברשת השחורה (**איור 5**). בצמחים שלא טופלו בגייברלין ההקדמה היתה של 11 יום לעומת השחורה, ובאלו שטופלו ההקדמה היתה של 5 ימים בלבד, בדומה לרשת הצהובה. יתכן שההבדלים במידת ההקדמה (בצמחים שלא טופלו) בין שתי השנים נבע ממועד השתילה המאוחר יותר (כשלושה שבועות), מהשילוב עם יריעות הפוליאאתילן בשנה השנייה, או מטמפרטורות שונות. העובדה שלמרות כיסוי הפוליאאתילן התקבלה הקדמה מעידה על כך שהגורם לכך הוא השינוי המכוון בספקטרום האור. בכל שלושת תנאי הגידול, מועד הפריחה המאוחר ביותר היה תחת הרשת השחורה.

גם בפריחי קלה השפיעו רשתות הצל על מועד הפריחה (**איור 6**). בדומה לדוביוס מועד הפריחה המאוחר ביותר היה תחת הרשת השחורה ובנוסף לכך גם תחת הרשת הכחולה. רשת הפנינה הקדימה בשבועיים ביחס לשחורה ולכחולה. כל הרשתות הצבעוניות האחרות הקדימו את הפריחה ב-9 ימים.

מרץ	פברואר																											
1	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5				
																										אדום		
																										אפור		
																										צהוב		
																										פנינה		
																										אלומינט		
																										ברד		
																										כחול		
																										שחור		

פברואר																											
28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5				
																										אדום	
																										שחור	
																										כחול	
																										צהוב	

בלי גיברלין
 עם גיברלין

איור 5: השפעת רשתות צל צבעוניות על מועד התחלת פריחה של דוביום. א. במנהרות רשת ב. במנהרות עם פוליאטילן ורשת. התחלת הפריחה מוגדרת כאשר ל-25 מהצמחים יש פרח אחד פתוח.

ינואר																	
22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
																	פנינה
																	כחול
																	שחור
																	אדום
																	אלומינט
																	אדום חדש
																	צהוב
																	אפור
																	ברד

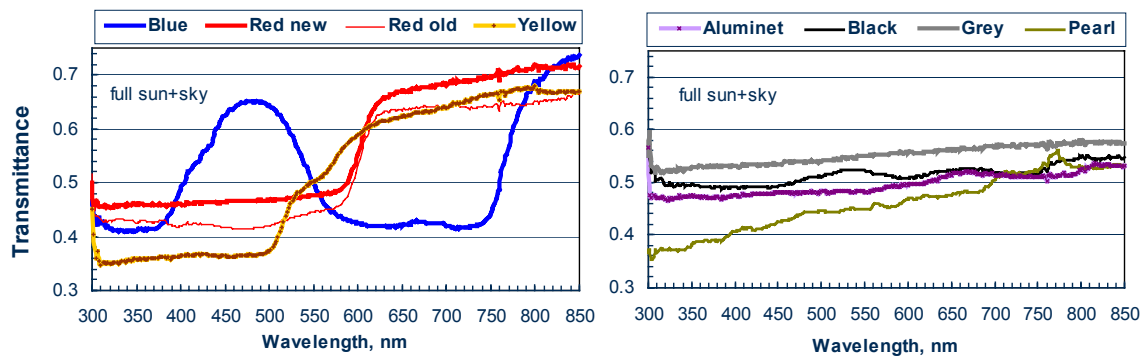
איור 6: השפעת רשתות צל צבעוניות על מועד התחלת פריחת קלה אתיופיקה. התחלת הפריחה מוגדרת כאשר ל-50 מהצמחים יש פרח אחד בשלב קטיף (2 מ"ר - ו-15 צמחים למ"ר).

איפיון התאורה תחת הרשתות הציבעוניות

סינון האור ע"י הרשתות הצבעוניות נמדד מספר פעמים בכל שנה כדי לאפיין את הספקטרום של האור המסונן, דרגת ההצללה, האור המפוזר – כמותו היחסית והספקטרום שלו. **איור 7** מדגים את ספקטרום המעבירות היחסית של האור ע"י הרשתות שנבחנו בתחילת המחקר. ניתן לראות כי האפורה והאלומינט אינן נבדלות מהשחורה בתחום הנמדד. הכחולה מעשירה את הספקטרום בתחום הכחול ומפחיתה אדום ואדום רחוק. האדומה מעשירה את הרכב האור באדום ואדום רחוק (מ-600 ננומטר ומעלה) ומפחיתה ירוק, כחול ו-UV. הצהובה מעשירה בירוק, אדום ואדום רחוק (מ-520 ננומטר ומעלה), ומפחיתה את התכולה היחסית של כחול ו-UV ביעילות רבה עוד יותר מהרשת האדומה. **איור 7**, וכן גם **טבלה 1** מדגימים כי הבדלי הספקטרום הבולטים בין הרשתות הצבעוניות מתבטאים בתכולה היחסית של האור הכחול ושל ה-UV, ולא דווקא ביחס R/FR. האחרון נחשב כגורם מרכזי בבקרה ע"י הפיטוכרומים.

בנוסף לתחום הספקטרום המובא ב**איור 7** נציין, כי האפורה בולעת את תחום אורכי הגל הארוכים יותר (ה-NIR וה-IR) יותר מכל הרשתות האחרות.

חלק מהרשתות שופרו במהלך תקופת המחקר ע"י חברת פולישק, והמוצרים החדשים שולבו במחקר תוך כדי התקדמותו. כך למשל האדומה ששימשה אותנו בניסוי שדמה (Oren-Shamir et al. 2001) הוחלפה באדומה יציבה יותר בתחילת הפרוייקט בבשור, ובאדומה משופרת עוד יותר במהלך השנה השניה בבשור. שתי האדומות נבחנו במקביל ונמצאו דומות למדי הן בתכונותיהן הספקטרליות והן בתגובות הפזיולוגיות של הצימוח תחתן. פנינה א' יוצרה עפ"י בקשתנו במטרה להגדיל עוד יותר את פיזור האור מבלי להשפיע על הספקטרום. הספקטרום של מעבירות האור המלא ע"י הפנינה אשר הוא כביכול נמוך יותר ככל שיורך אורך הגל (איור 7 מימין) הוא אופייני לאור מפוזר. במדידות האור הישיר בלבד התקבלה מעבירות אחידה בכל תחום אורכי הגל שנמדדו והיא נבחנה במחצית הראשונה של המחקר. ואולם, חוזקה המכני ויציבותה לא השביעו רצון. פנינה ב' יוצרה בטכנולוגיה שונה. היא מאופיינת בבליעה מסויימת ב-UV ובחוזק מכני גבוה יותר. כפי שעולה מטבלה 1 פיזור האור בה פחות במידת מה מפנינה א' אך עדיין גבוה מכל שאר הרשתות.



איור 7. ספקטרה של מעבירות האור היחסית ע"י הרשתות הצבעוניות. המדידה נעשתה בצהרי היום באוקטובר 2001 בבית הרשת המרכזי בבשור בעזרת ספקטרוורדיומטר LiCor 1800 במרחק של 1.5 – 2 מטר מתחת לכל רשת, כאשר הדפיוזר מכוון במקביל לקרני האור. המדידה מתייחסת לסה"כ האור (קרינה ישירה ומפוזרת). הפנינה והאדומה הן הגירסה הראשונה בפרוייקט זה של כ"א מהן.

השחורה והאפורה יוצרו ע"י פולישק באותה תכנית סריגה, אך בין שאר הרשתות היתה שונות בצפיפות הסריגה כדי להביא את כולן לרמת הצללה התחלתית של 50% (למעט הלבנה-מונופילמנט שכוונה לרמת הצללה התחלתית של כ-15%). בשטח רמת הצללה לא נשמרת זהה לרמה המקורית עקב שוני מסויים במידת המתיחה של הרשתות, צבירת אבק ושונות עונתית בזוית השמש (ר' למשל **טבלה 1** עמודה שניה).

חלק מהחידוש שבטכנולוגית הרשתות הצבעוניות הוא השילוב של סינון סלקטיבי של האור ביחד עם פיזור האור. לפיזור האור (דהיינו הפיכת הקרינה הישירה לדיפוזיית) ע"י הרשתות הציבעוניות יש, ככל הנראה, תפקיד חשוב לא פחות משינוי הספקטרום. תחת הרשתות הצבעוניות המפוזרות נוצר מצב ייחודי, בו הצמחים "רואים" למעשה תערובת של אור. חלק מן האור (אשר עובר דרך החורים) אינו מסונן, ותכונותיו נשארות זהות לקרינה הטבעית. בו זמנית, החלק האחר של האור פוגע בחוטי הרשת, עובר סינון ספקטרלי והופך לאור מפוזר. מכאן יוצא שתחת הרשתות הצבעוניות יש תערובת של אור טבעי, אשר מרביתו קרינה ישירה (ברוב ימות השנה), ביחד עם אור צבעוני (למשל אדום, או כחול, או צהוב) שכולו מפוזר. **טבלה 1** מדגימה את הנושא. למשל ההבדלים בין הרשתות השונות במדד של יחס (עמודה שביעית בטבלה 1) לעומת מדידת הקרינה הכוללת (עמודה שישית בטבלה 1). לדוגמא, מדד זה בשחורה, בצהובה ובכחולה בסה"כ קרינה (ישירה+מפוזרת) היה בקרוב 1.0, 0.3 ו-1.4, בהתאמה, ולעומת זאת בקרינה המפוזרת בלבד היה 1.4, 0.2 ו-2.9. פיזור האור והשונות בספקטרום של האור המפוזר מהווים, ככל הנראה, את הבסיס להשפעתן הסלקטיבית של הרשתות על הפיזיולוגיה של הצומח מתחתן. חשוב לציין שהבנת נושא פיזור האור ותרומתו לטכנולוגית הרשתות הצבעוניות נמצאת עדיין בחיתוליה, ומהווה אתגר מחקרי חדש.

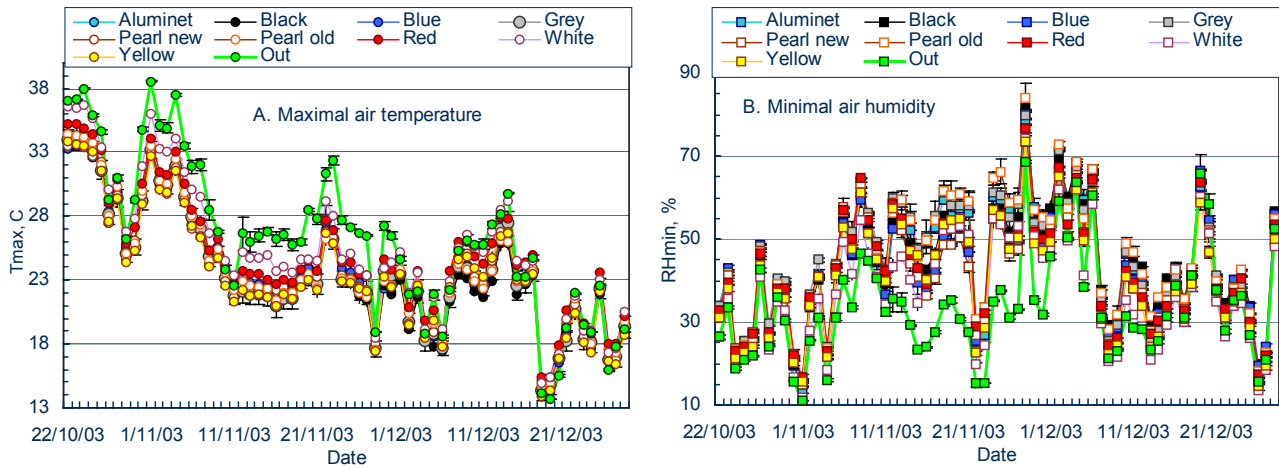
טבלה 1. ניתוח ספקטרה של קרינה ישירה ומפוזרת תחת הרשתות בבשור. המדידה נעשתה בצהרי ה-21 לאוקטובר 2003 לאחר החלפת מרבית הרשתות בחדשות (למעט האלומינט והלבנה) בעזרת ספקטרומטר נייד OO USB (שכוייל לפי LiCor 1800) בגובה של 1.5-2 מ' מתחת לרשתות. הערכים שבטבלה מחושבים מאינטגרציה של ספקטרום הקרינה הכוללת או המפוזרת בתחומים הבאים: PAR: 700-400 UV, 380-305, כחול 410-470, אדום 640-680, אדום רחוק 690-750 ננומטר. הערכים הם ממוצעי 9 ספקטרה שנמדדו בכל רשת. עצמת האור ללא רשת ב- $\mu E/m^2 s$ היתה 1713 ± 28 (PAR), 59.4 ± 1.4 (UV), 276 ± 3 (כחול), 273 ± 6 (אדום), 371 ± 7 (FR). הרשת הלבנה (ב) היתה בבית רשת נפרד בו נבחנה תוספת תאורה מלאכותית.

PAR/UV		יחס כחול/אדום		יחס אדום/אדום רחוק		אור % מפוזר מסה"כ PAR	% הצללה בתחום PAR	רשת
מפוזרת	קרינה כוללת	מפוזרת	קרינה כוללת	מפוזרת	קרינה כוללת			
15.6±0.6	28.9±1.1	1.63±0.02	1.01±0.01	0.77±0.01	0.74±0.00	26.0±0.7	-	ללא רשת
19.4±0.1	31.4±0.2	1.36±0.02	0.97±0.00	0.75±0.01	0.73±0.00	27.0±1.1	22.2±2.5	לבנה-מונו
31.7±0.4	34.7±0.1	0.93±0.01	0.89±0.01	0.70±0.00	0.70±0.00	67.3±4.3	55.8±2.7	פנינה א'
56.5±1.9	48.3±1.5	0.80±0.02	0.80±0.02	0.67±0.00	0.68±0.00	54.4±0.5	58.5±0.4	פנינה ב'
18.4±0.4	31.5±0.2	1.37±0.06	0.96±0.00	0.73±0.00	0.72±0.00	24.9±1.5	54.3±1.9	שחורה
20.8±0.3	31.7±0.2	1.36±0.02	0.97±0.00	0.74±0.01	0.72±0.00	29.1±1.5	54.4±2.3	אפורה
24.6±0.9	33.0±0.9	1.09±0.01	0.93±0.01	0.71±0.01	0.71±0.00	34.6±1.2	67.7±0.8	אלומינט
66.5±0.8	63.0±2.4	0.22±0.01	0.32±0.02	0.70±0.00	0.69±0.00	57.9±2.2	63.2±1.4	צהובה
27.6±0.3	34.5±0.3	0.47±0.01	0.60±0.01	0.68±0.00	0.68±0.00	39.1±0.7	58.2±0.7	אדומה
29.7±1.0	39.7±0.1	2.86±0.11	1.42±0.03	0.73±0.00	0.72±0.00	32.5±1.0	57.9±1.2	כחולה
19.5±0.3	33.0±0.1	1.25±0.01	0.93±0.00	0.70±0.01	0.72±0.00	23.3±0.3	29.3±0.7	לבנה (ב)

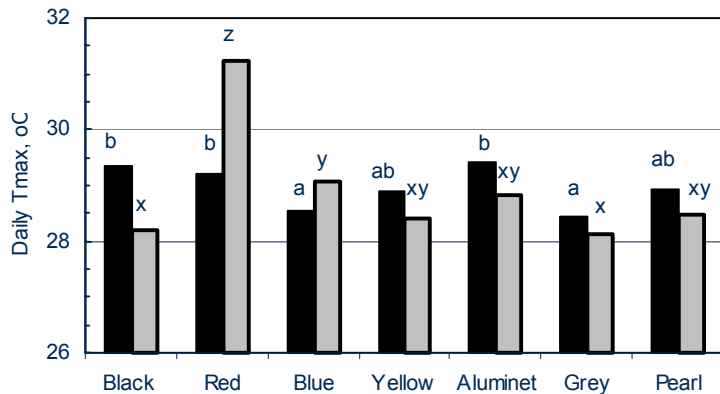
המיקרואקלים בבית הרשת

בניסוי ההקדמי בבשור אשר בו השתמשנו במינהרות רשת עבירות סגורות מצאנו כי נוצר אפקט חממה חלקי של הכיסוי ברשת. ההבדלים שנמצאו במיקרואקלים בין המינהרות השונות עשויים היו לנבוע מהשוני בצפיפות הסריגה ולא דווקא מהתכונות הפוטוסלקטיביות. כדי להתמקד בלימוד ההשפעות של סינון סלקטיבי של האור על תגובות הצמחים ולהפחית את ההשפעות הצדדיות הקמנו את בית הרשת המרכזי שהיה מבנה גדול עם גג גבוה ושטוח, ובו בוצע החלק המרכזי של המחקר.

המגמה היתה שנפח האויר הגדול והאורור הטבעי ימסכו על הבדלים מקומיים שעשויים לנבוע מהשונות במיקום הרשתות. במקביל גם בחנו מספר רשתות צבעוניות במינהרות בשילוב עם יריעת פוליאתיילן שקופה. במדידות רציפות בתקופות הגידול השונות אכן מצאנו אחידות מניחה את הדעת תחת הרשתות השונות בבית הרשת המרכזי. **איור 8** מדגים את אחת התקופות שנמדדו. ניתן לראות כי יחסית לתנאי האקלים מחוץ לבית הרשת, הרשתות מפחיתות את טמפרטורת האויר ביום ב-2-5 מ"צ, ובמקביל מעלות את הלחות היחסית ב-5%-25. לא נמדדו הבדלים משמעותיים בין רשתות ה-50% צל השונות, אם כי נראתה לעיתים מגמה של טמפרטורה גבוהה במקצת תחת האדומה לעומת שאר הרשתות (**איור 8**). גם במדידה שנערכה בעזרת thermocouples נמצאה טמפרטורה גבוהה יותר באויר שבתוך נוף הצמחים שגדלו תחת הרשת האדומה (**איור 9** עמודות בהירות). כצפוי, תחת הלבנה נמוכת ההצללה טמפרטורת היום היתה גבוהה לעומת רשתות ה-50% (**איור 8**).



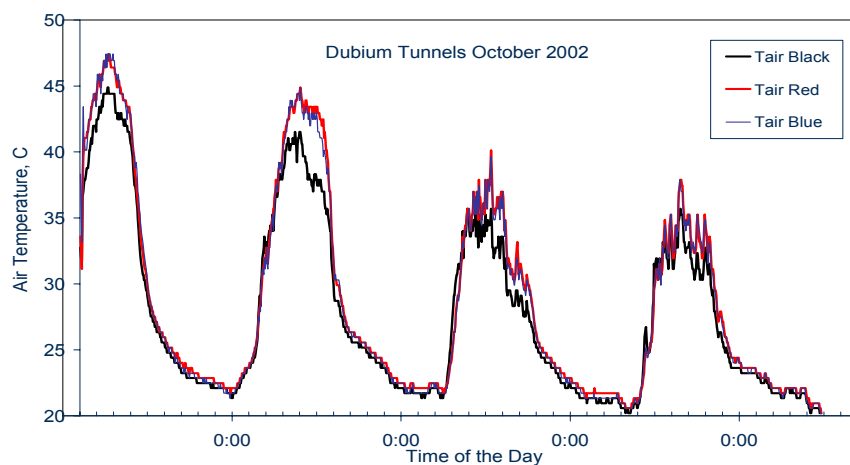
איור 8. טמפרטורת האויר היומית מירבית (A) והלחות היחסית המינימלית (B) בבית הרשת המרכזי בתקופת אוקטובר-דצמבר 2003. המדידות נעשו בעזרת יחידות HOBO שנתלו בגובה 120 ס"מ מהקרע, מכוסות בתבניות אלומיניום להגנה מקרינה ישירה, בתקופת גידול החמניות הערכים הם ממוצעי 3 יחידות הובו לרשת.



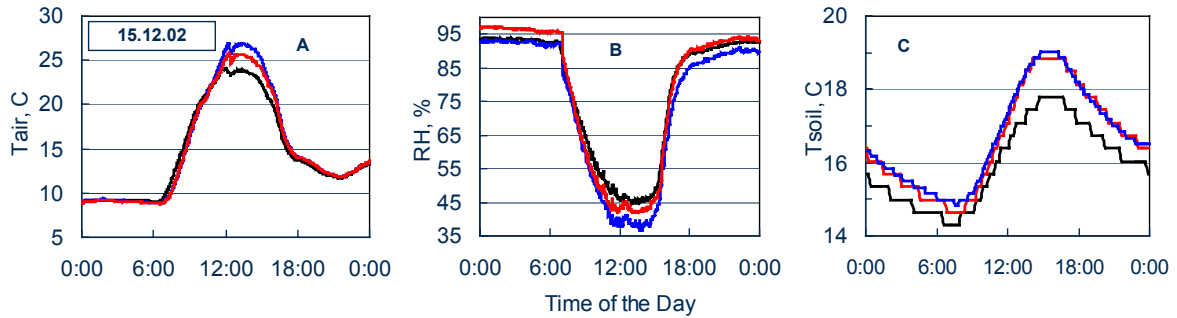
איור 9. טמפרטורות עלה ואויר מירביות ממוצעות כפי שנמדדו בניסוי הליזיאנטוס בין 12-16 בספטמבר 2001 בבית הרשת. הטמפרטורות נמדדו ברציפות בעזרת יחידות *thermocouples* שהוצמדו לצד התחתון של עלים חשופים (עמודות שחורות) או מוקמו באויר בתוך הנוף (עמודות אפורות). חושבו ממוצעי הטמפרטורות היומיות בין השעה 12-14 במשך כל תקופת המדידה ב-4-5 עלים בכל רשת. אותיות שונות (a-c לטמפי עלה ו-x-z לטמפי אויר) מעידות על מובהקות ברמה של 95%.

המיקרואקלים במינהרות

במינהרות שכוסו ביריעות פוליאיתילן IR ועליהן רשתות 40% נמדדה בחלק מהימים טמפרטורת אויר מירבית נמוכה יותר במינהרה השחורה לעומת האדומה והכחולה (**איורים 10, 11**). במקביל, הלחות היחסית היתה גבוהה יותר במנהרה השחורה וטמפרטורת הקרקע נמוכה יותר. המנהרות הכחולה והאדומה היו דומות זו לזו בטמפרטורות האויר, הלחות היחסית וטמפרטורת הקרקע (איור 10). לפיכך ההבדלים שנמצאו במינהרות המשולבות יריעה + רשת בקצב ואופי הצימוח נבעו בעיקר מסינון האור הייחודי לכל רשת.



איור 10. טמפרטורת האויר כפי שנמדדה במינהרות הדוביום בתחילת אוקטובר 2001 בעזרת מכשירי HOBO (אחד לכל מינהרה).



איור 11. טמפרטורת האויר (A), לחות האויר היחסית (B) וטמפרטורת הקרקע (C) ביום מייצג בחודש דצמבר 2002. כל גרף הוא ממוצע נתוני שני מכשירי HOBO. רגשי טמפרטורת הקרקע מוקמו בעומק של 8 ס"מ.

מסקנות והשלכותיהן על המשך העבודה

הממצאים העקריים מעבודה זו הם: **א.** לרשתות הצבעוניות השפעה דרמטית על אורך גבעולי הפריחה של פרחי ליזיאנטוס, חמניות וטרכליום. בשלושת גידולים אלו הרשת הכחולה גרמה לניסוס הגבעולים. בפרחי ליזיאנטוס, המותאמים לעונות המעבר וגדלים תחת רשת בעונת הקיץ, הרשת הצהובה והאדומה גרמו להתארכות משמעותית בגבעולים מבלי לפגוע באיכותם, ובפרחי חמניות הרשת האדומה והפנינה גרמו להתארכות איכותית. **ב.** בפרחי טרכליום הרשת הכחולה גרמה גם לצימוח פרחים בעלי קוטר קטן במיוחד. **ג.** בפרחי דוביום וקלה הרשתות גרמו להקדמה משמעותית במועד הפריחה: בפרחי דוביום, הרשת האדומה גרמה להקדמה של שלושה שבועות תחת מנהרות רשת. כשהמנהרות כוסו בפוליאטילן ההקדמה היתה של 11 יום, וכשהבצלים טופלו בגייברלין ההקדמה היתה של 5 ימים. בפרחי קלה שגודלו בבית רשת, רשת הפנינה הקדימה פריחה ב-16 יום וכל יתר הרשתות הצבעוניות הקדימו ב-9 ימים ביחס לרשת השחורה.

לסיכום, ברור מעבודה זו שניתן להשפיע באופן ניכר על מדדי פריחה, ועל עיצוב הפרחים לקטיפי ע"י סינון סלקטיבי של אור השמש בעזרת רשתות צל בעלות תכונות ספקטרליות ייחודיות מסקנה חשובה נוספת היא שכדי להגיע לשימוש המיטבי בטכנולוגיה החדשה יש צורך בבחינת כל גידול והשפעת הרשתות עליו בנפרד. במקביל לסינון האור, חלק מהשפעת הרשתות עשוי לנבוע מהשפעתן על המיקרואקלים. גם היבט זה צריך להלקח בחשבון בעת תיכנון מבנה בית הרשת והתאמתו לכל גידול.

פרסומים

אורן-שמיר מ., שחק י., דורי ע., מתן א., שלמה א., עובדיה ר., גוסקובסקי י., ניסים-לוי ע., רטנר ק., גילר י., גל א., גני-לוי ר. ליזיאנתוס : תוספת גובה לפרחים הגדלים תחת רשתות צבעוניות בקיץ. 'עולם פורח', 21, 54-55.

Oren-Shamir, M., Shahak, Y., Dori, I., Matan, E., Shlomo, E., Ovadia, R., Gussakovsky, E.E., Nissim-Levi, A., Ratner, K., Giller, Y., Gal, Z. and Ganelevin, R. (2003) *Lisianthus*: aumento di altezza di piante coltivate in estate sotto reti colorate. *Flortecnica* 6: 84-86 (in Italian).

ספרות מצוטטת :

1. Oren-Shamir M., Gussakovsky E. E., Shpiegel E., Nissim-Levi A., Ratner K., Ovadia R., Giller Y. and Shahak Y. (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. J. of Hort. Sci. and Biotech., 76: 353-361.

2. אורן-שמיר מ., שחק י., שפיגל ע., גוסקובסקי י., גילר י., רטנר ק., ניסים-לוי ע., עובדיה ר., פורר י., גל א., פרדו ל. (2001). שיפור איכות ויבול ענפי קישוט ירוקים על ידי הצללה ברשתות צבעוניות. דפי מידע 1, 48-52.

3. שחק י. (2003) רשתות ציבעוניות : גישה טכנולוגית חדשה בחקלאות. עלון הנוטע, 57 : 84-81.

4. י. שחק, ת. להב, א. שפיגל, ס. פילוסוף-הדס, ש. מאיר, ה. אורנשטיין, י. גוסקובסקי, ק. רטנר, י. גילר, ש. שפצייסקי, נ. צור, א. רוזנברג, ר. גנילוי, וז. גל (2002). גידול ארליה ומונסטרה תחת רשתות צל צבעוניות. עולם פורח, גליון 13 : 62-60.

5. מ. קניגסוולד, י. ריוב ומ. שמיר (2003). השפעת הצללה של צמחי האם באמצעות רשתות צבעוניות שונות על כושר השתרשות של ייחורי אקליפטוס 'כדורי-קקל'.