רשתות צבעוניות משפרות יבול בפלפל.

<u>חוקרים שותפים</u> :

יוספה שחק, קירה רטנר ונפתלי צור, מינהל המחקר החקלאי, המכון למדעי הצמח, משרד החקלאות.
חנה יחזקאל, אלי מתן, דוד שמואל, אלכס סולפוי, מו"פ דרום.
דוד בן יקיר, מינהל המחקר החקלאי, המכון להגה"צ, משרד החקלאות.
יוסי אופיר, חברת פולישק, ניר יצחק-סופה.
איציק פוסלסקי, יואל מסיקה, חנן זוהר, שה"מ, משרד החקלאות.

<u>מבוא:</u>

בעשור האחרון אנו עוסקים בפיתוח ויישום של רשתות צבעוניות (פוטוסלקטיביות) לשיפור הביצועים של גידולים חקלאיים. הרשתות הצבעוניות פותחו במגמה לעודד תגובות פזיולוגיות בעלות יתרון כלכלי בגידולים חקלאיים שונים. הרעיון מבוסס על העובדה שהצמחים יודעים לחוש את תחומי האור השונים ולהגיב להם באמצעות שינויים הורמונלים-מורפולוגיים-התפתחותיים. במקביל לשינוי הספקטרום, הרשתות הצבעוניות גורמות גם לפיזור האור. האור המפוזר חודר אל אזורי הנוף החבויים ומאפשר ניצול יעיל יותר ע"י הצמח, בהשוואה לקרינה ישירה. היכולת להשפיע על הפנולוגיה והתפתחות הפרי בעזרת סינון פוטוסלקטיבי\מפזר של קרינת השמש הולכת ומתבססת בגידולי פרי שונים (ר' סקירה שחק 2003, שחק 2005).

הפלפל הוא מן הגידולים החשובים באזור הבשור. בשלב הנוכחי מגדלים באזור כ – 1800 דונם פלפל בבתי רשת. עם הפנוי מגוש קטיף (900 דונם) צפוי היקף הגידול באזור להתרחב במידה ניכרת. הגידול המקובל הוא תחת רשתות שחורות נמוכות הצללה (30-40%) אשר אינן חוסמות מעבר מזיקים. את השתילה מבצעים בד"כ בחודש מאי. קטיף הפרי מבוצע החל מאוגוסט ועד החורף, והוא מיועד הן לשוק המקומי והן לייצוא. בעיקרון, ניתן היה להקדים את השתילה לחודש מרץ, ובכך לקבל עוד מחזורי פרי, ולהעלות את רווחיות הגידול. עד כה זה נמנע בגלל נגיעות גבוהה בכנימות מעבירות וירוסים, אשר פעילותן היא מרבית במרץ-אפריל, ויורדת במאי.

רשתות צבעוניות בפלפל: תוצאות קודמות

הידע שנצבר עד כה לגבי השפעת רשתות צבעוניות על גידול הפלפל מתבסס בעיקרו על תצפיות חד-שנתיות. תצפית במו"פ דרום הראתה יתרון לרשתות צבעוניות מבחינת נגיעות הפלפל במחלות כגון קמחונית (מסיקה וחו' 2001), אך לא עסק בגידול עצמו. שימוש ברשתות לבנה וצהובה גרם להפחתה משמעותית בנגיעות הפלפל בוירוסים שמועברים ע"י כנימות (כהן וחו' 1978).

בתצפית ראשונית שערכנו בשנת 2001/2 במנהרות רשת צבעוניות בתחנת יאיר שבערבה, נמצאה השפעה סלקטיבית של הרשתות על מבנה צמח הפלפל (נינוס או התארכות, הגברה או הקטנה של מידת הסיעוף) ועל מדדי היבול בשני הזנים טורקל ו- 107. הנסוי הופסק לפני המתוכנן עקב התפרצות של קמחונית (שחק וחו' 2001). בשנתיים האחרונות בוצעו בערבה תצפיות עם מספר רשתות צבעוניות בשילוב

עם רשת ה- insect proof הקבועה, בשני משקים מסחריים. רשתות הצל (שחורה, אדומה, צהובה ואפורה ברמת 30% הצללה) נפרסו עם השתילה באוגוסט, הוסרו תוך 4-6 שבועות עם ירידת הטמפרטורות ועוצמת הקרינה, ונפרסו שוב לקראת האביב. בשתי התצפיות נמצא שיפור ע"י הרשתות הצבעוניות בהשוואה לשחורה, כאשר מתוכן בלטה במיוחד האדומה. בתצפית בזן פלמנקו אצל המגדל דודי אוביץ במושב עמיעוז התקבלה ב-2003-4 תוספת יבול של 15% (1 טון לדונם) באדומה לעומת השחורה. בפארן (המגדל: אבי קורן) ב-2004-5 בשלושת הקטיפים הראשונים נמצאה הבכרה ועליה של 7% ביבול הכולל, וכן עליה של 21% בפרי המוקדם לייצוא ברשת האדומה בהשוואה לשחורה (תוצאות שטרם פורסמו). במחקר שנערך באוניברסיטת אלמריה שבספרד ב-2002-3 נבדקו רשתות צבעוניות בגידול פלפל (זן רוקסי) בחממה כתחליף לסיוד החממה כפי שנהוג באזור. הרשת האדומה העלתה יבול באופן מובהק (במספר פירות ובמשקל למ"ר) לעומת הסיוד ולעומת רשת שחורה (Shahak et al 2004a).

באביב 2005 התחלנו במחקר מסודר בתחנת הניסיונות בבשור במטרה להביא לאופטימיזציה של השימוש ברשתות צבעוניות בפלפל. במחקר זה נשלב לראשונה היבטי גידול ביחד עם הגנת הצומח. המטרה היא להשיג בו-זמנית מספר שיפורים שיגדילו את הרווחיות ופוטנציאל הייצוא של פלפל באזור הבשור: הארכת עונת הפרי (הודות להקדמת השתילה), שיפור איכות, הגנת הצומח והפחתת השימוש בחמרי הדברה. כל זאת בעזרת רשתות צבעוניות נמוכות הצללה, אשר יחליפו את הרשתות השחורות המקובלות היום.

המאמר המובא כאן מתייחס לשנת הלימוד הראשונה בה התמקדנו בשתי רשתות צבעוניות בלבד, ובנושא הגידול בלבד, עקב מיגבלת תקציב. לאור התוצאות החיוביות שהתקבלו, כפי שמסוכם להלן, בכוונתנו להרחיב בעונה הקרובה את המחקר הגידולי, ובמקביל ללמוד תגובות המזיקים לסינון הפוטוסלקטיבי בתחום האור הנראה.

שיטות וחומרים:

הניסוי הוקם בבית רשת שטוח בגובה 2.5 מ'. התקנו בו 3 סוגי רשת ב-4 חזרות באקראי, המכסות יחידות של 18 על 18מ' (324 מ"ר) כ"א. סה"כ כ-4 דונם. <u>הרשתות</u>: כרומטינט פנינה, כרומטינט אדומה, ורשת שחורה קונבנציונלית. הרשתות כולן סרוגות, מתוצרת פולישק, ברמת הצללה של 30-35% בתחום PAR בתחילת העונה, ו-35-40% עם האבק במהלך העונה. הבחירה בשתי רשתות צבעוניות בלבד נבעה ממגבלת תקציב, והתבססה על תוצאות חיוביות שלהן בצמחי נוי וגידולי פרי שונים, מאידך (Oren-Shamir et al. 2001; Shahak et al. 2004b; אורן-שמיר וחו' 2003; שחק 2003; שחק וחו' 2004; שחק, 2005).

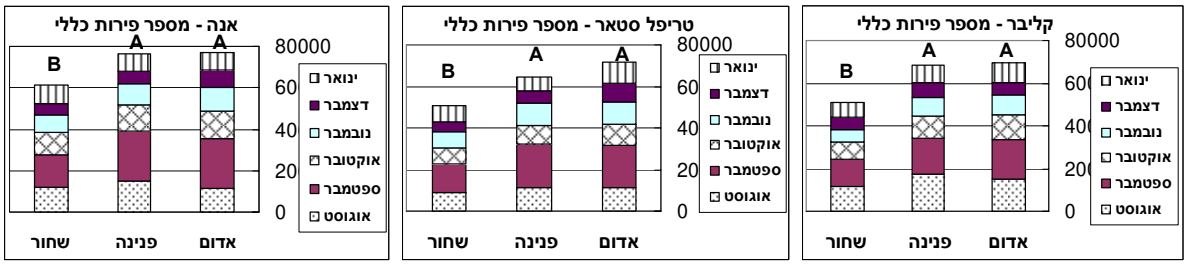
<u>הזנים שנבחנו</u>: טריפל סטאר, קליבר ואנה. ההדליה ספרדית. מועד השתילה: 1.06.2005. תחילת הקטיפים: 23.08.05. הממשק האגרוטכני והגה"צ: המיטבי המקובל באזור. פיקוח הגה"צ נעשה אחת לשבוע בעזרת רות רביד. הקטיפים בוצעו אחת לשבוע. הפרי מוין לפי מדדי ייצוא, ונשקל. במספר קטיפים בוצע גם אומדן ויזואלי לצבע ופגמים.

תוצאות:

<u>פוריות</u>

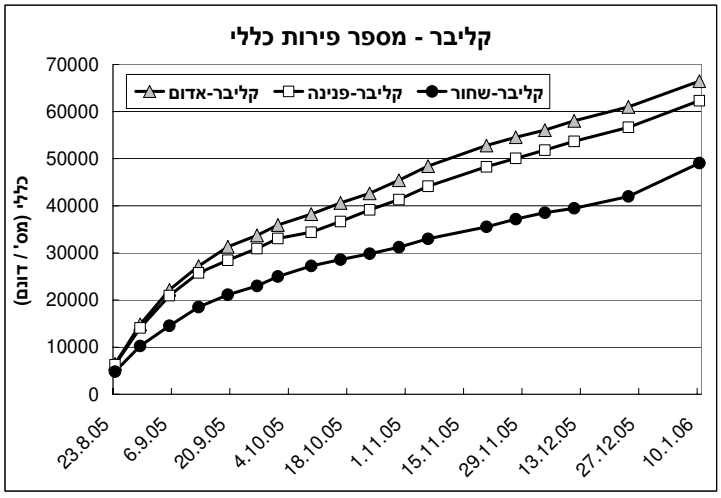
פוריות הפלפל (מספר הפירות לדונם) תחת שתי הרשתות הצבעוניות הייתה גבוהה באופן בולט לעומת הרשת השחורה המקובלת כיום. ההבדלים בין הצבעוניות לשחורה היו מובהקים, בכל שלושת הזנים שנבחנו. (איור 1, וטבלאות 3-1). התוספת היחסית במספר הפירות נעה בין 25-41%. מבין שתי הרשתות הצבעוניות, האדומה בולטת קצת יותר מן הפנינה, אך ההבדלים אינם מובהקים סטטיסטית.

איור 1. השוואת מספר הפירות הכללי שנקטף בכל חודש בשלוש הרשתות בשלושת הזנים. אותיות שונות (בראש העמודות) מבטאות שונות מובהקת ביבול השנתי המצטבר, על בסיס 4 חזרות לרשת, ברמת $P<0.05$.



מעניין להשוות את השתנות קצב ייצור הפרי תחת שלוש הרשתות לאורך העונה. הבאנו לשם המחשה את תוצאות הזן קליבר (איור 2), אך התמונה דומה בשני הזנים האחרים. מתוך השיפוע של העקומות בחודש אוגוסט ניתן לראות כי הפער העיקרי בין הצבעוניות לשחורה נפתח כבר בתחילת העונה. בהמשך העונה נשמר הפער ואף הולך וגדל במידת מה, אך ההבדל בין שיפועי העקומות כבר איננו גדול כמו שבתחילת העונה.

איור 2. השתנות היבול (מספר פירות לדונם) לאורך עונת הקטיף בזן קליבר תחת הרשת השחורה, האדומה והפנינה.

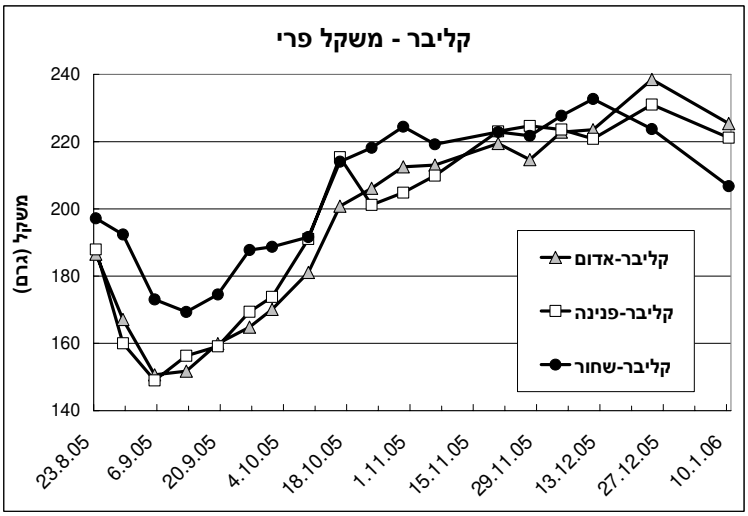


משקל פרי ממוצע

כצפוי, הייצור המוגבר של פירות ליחידת זמן בא במידה מסוימת על חשבון גודל הפרי. למרות שלא נמצאה מובהקות סטטיסטית, ניכרת מגמת הפחתת משקל הפרי הממוצע של כל העונה ב- 2-5% לעומת הרשת השחורה, בשלושת הזנים (טבלאות 3-1).

גם כאן מעניין לעקוב אחר השתנות גודל הפרי במהלך העונה. איור 3 מדגים את התוצאות בזן קליבר. באופן טיפוסי בתחילת העונה יש ירידה בגודל הפרי, לאחריה עליה עד מצב יציב, ובחורף (מאמצע דצמבר) ירידה מתונה. ניתן לראות כי הקטנת הפרי היחסית ע"י שתי הרשתות הצבעוניות לשחורה באה לידי ביטוי רק בתחילת העונה, כלומר במקביל לקצב הפוריות הגבוה. בסוף העונה, לעומת זאת, המצב הוא הפוך: הפרי תחת הרשת האדומה והפנינה גדול מן הפרי של השחורה. התנהגות דומה נמצאה גם בזנים טריפל סטאר ואנה. נציין כי החורף המתון איפשר המשך קטיף עד חודש ינואר.

איור 3. השתנות משקל הפרי הממוצע לאורך עונת הקטיף בזן קליבר.



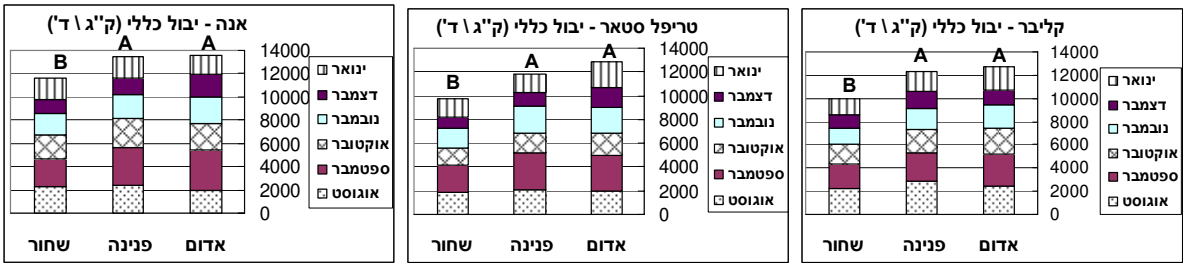
יבול

עקב ההשפעה המועטה על גודל הפרי, נשמר הפער לטובת הרשתות הצבעוניות גם ביבול הפרי הכללי (איור 4 וטבלאות 3-1), וגם ביבול הפרי לייצוא, בשלושת הזנים (טבלאות 3-1).

איכות הפרי

בשלושת מדדי האיכות שנבחנו באופן חזותי – צבע הפרי, רגולריות ואחידות, לא מצאנו הבדלים בולטים לטובת, או לרעת אף אחת משלוש הרשתות.

איור 4. השוואת היבול הכללי (בק״ג לדונם) שנקטף בכל חודש תחת שלוש הרשתות בשלושת הזנים. אותיות שונות (בראש העמודות) מבטאות שונות מובהקת ביבול השנתי המצטבר, על בסיס 4 חזרות לרשת, ברמת $P<0.05$.



טבלה 1. סיכום נתוני היבול המצטבר לעונה כתלות בסוג הרשת בזן קליבר.

רשת	יבול – מספר פירות		גודל פרי ממוצע		יבול - משקל		יבול לייצוא	
	פירות\ד׳	%	גרם\פרי	%	ק״ג\ד׳	%	ק״ג\ד׳	%
שחורה	51045 b	100	200 b	100	9961 b	100	8228 b	100
פנינה	68625 a	134	191 a	96	12304 a	124	9444 ab	115
אדומה	69695 a	137	192 a	96	12761 a	128	9815 a	119

טבלה 2. סיכום נתוני היבול המצטבר לעונה כתלות בסוג הרשת בזן טריפל סטאר.

רשת	יבול – מספר פירות		גודל פרי ממוצע		יבול - משקל		יבול לייצוא	
	פירות\ד׳	%	גרם\פרי	%	ק״ג\ד׳	%	ק״ג\ד׳	%
שחורה	50573 b	100	197 a	100	9702 b	100	7949 b	100
פנינה	64729 a	128	191 a	97	11830 a	122	9488 a	119
אדומה	71559 a	141	188 a	95	12825 a	132	9911 a	125

טבלה 3. סיכום נתוני היבול המצטבר לעונה כתלות בסוג הרשת בזן אנה.

רשת	יבול – מספר פירות		גודל פרי ממוצע		יבול - משקל		יבול לייצוא	
	פירות\ד׳	%	גרם\פרי	%	ק״ג\ד׳	%	ק״ג\ד׳	%
שחורה	61387 b	100	198 a	100	11624 b	100	9180 a	100
פנינה	76470 a	125	191 a	96	13454 a	116	10045 a	109
אדומה	76843 a	125	194 a	98	13608 a	117	10241 a	112

<u>מדדים נוספים</u>

במדידות רציפות של טמפרטורה ולחות אוויר בעזרת יחידות HOBO-PRO שהותקנו בסמוך לעלווה העליונה לא נמצאו הבדלים בין שלוש הרשתות. נזכיר כי מדובר בבית רשת אחד גדול (כ-4 דונם) ומאוורר. ממצא זה תואם מדידות קודמות שלנו בבתי רשת של צמחי נוי .

חיוניות העלווה נמדדה בעזרת מכשיר SPAD האומד את רמת ההורקה (ריכוז הכלורופיל) בעלים. לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים, וגם לא בין הזנים. חיוניות העלווה הגבוהה שנמצאה מעידה על משטר הזנה והגה״צ מיטביים.

<u>סיכום:</u>

תוצאות השנה הראשונה של פרוייקט המחקר המתואר כאן מעידות, כי ניתן לשפר את הפוריות והיבול של הפלפל בבתי רשת בעזרת פעולה פשוטה של החלפת הרשת השחורה המקובלת, ברשת צבעונית\מפזרת נאותה. ההשפעה החיובית שנמצאה היא בולטת ומובהקת, למרות העובדה שמדובר ברשתות נמוכות הצללה. ברשתות אלה מרבית האור עובר דרך החורים והרכבו איננו משתנה. רק כשליש מן האור, זה שעובר דרך החוטים הצבעוניים, משתנה בהרכבו הספקטרלי ובמידת פיזורו. רשתות הפנינה והאדומה שנבחנו כאן, שתיהן מפזרות אור (הפנינה יותר), ובשתיהן מרכיב האור המפוזר מועשר באדום ואדום-רחוק, יחסית לכחול ול-UV (באדומה יותר). השחורה, לעומת זאת, איננה משנה את הספקטרום ואיננה מפזרת אור (Shahak et al. 2004b, 2004c).

התוצאות מצביעות על כך שלא כל צל דומה למשנהו. יש צל ויש צל. איכות ההצללה, או אם תרצו, איכות האור שבצל קובעת את התנהגות הצמח המוצלל.

המנגנונים הפזיולוגים המעורבים בתגובות הצמחיות השונות לסינון הפוטוסלקטיבי עדיין אינם נהירים דיים. יחד עם זאת, המחקר והפיתוח של טכנולוגית הרשתות הצבעוניות כבר החל להניב תוצאות ברות יישום. עיקר המאמץ המחקרי שלנו מושקע בשלב זה בפיתוח הכוון היישומי, לתועלת המגדלים. כמו בכל טכנולוגיה חדשה, גם ברשתות הצבעוניות נדרש לימוד פרטני בכל גידול וגידול, תוך התאמה לדרישותיו הייחודיות.

רשימת ספרות:

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

Shahak, Y., Ganelevin R., Gussakovsky, E.E., Oren-Shamir, M., Gal E., Díaz, M., Callejón, Á.J., Camacho, F. and Fernández E.J. (2004a) Efectos de la modificación de la calidad de luz mediante mallas de sombreo fotoselectivas (Chromatinet) sobre fisiología, mejora del rendimiento y calidad de las cosechas. Una revisión de la innovación agrotecnológica. Proc. III Congreso de Horticultura Mediterránea, Expoagro' 2004 pp. 117-137, (in Spanish).

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I., and Greenblat-Avron, Y. (2004b) ColorNets: A New Approach for Light Manipulation in Fruit Trees. Acta Hort. 636: 609-616.

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Gal E. and Ganelevin R. (2004c) ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. Acta Hort. 659 (1): 143-151.

אורן-שמיר, מ., י. שחק, עירית דורי, א. מתן, א. שלמה, ר. עובדיה, י. גוסקובסקי, ע. ניסים-לוי, ק. רטנר, י. גילר, ז. גל, ר. גנילוין (2003). ליזיאנטוס: תוספת גובה לפרחים הגדלים תחת רשתות צבעוניות בקיץ. עולם פורח, גליון 20 (חוברת פברואר), 56-54.

כהן ש., ק. יולס ור. בן-יוסף. 1978. מניעת התפשטות וירוסים בפלפל על-ידי כיסוי ברשת דלילה. "השדה", נ"ח: 1779-1775 .

מסיקה, י., י. ניצני, ד. רב דוד, א. שטיינברג, ח. יחזקאל, ד. שמואל, מ. טרגרמן, י. אהרון, א. סלפוי, א. דיין, ל. קורדובה, מ. פוקס (2001) השפעת רשתות הצללה על מחלת הקימחונית בפלפל. חוברת סכום עונה 2000-1999 מו"פ דרום עמוד 199-197.

שחק, י., י. גוסקובסקי, י. גילר, ר. אופנבך, א. ולר, ר. גולן, ד. אלקיים, י. צברי, ר. גנילוין (2001) בדיקת ראשונית של השפעת רשתות צבעוניות על פלפל, תחנת "יאיר" 2001-2000. מו"פ ערבה תיכונה סיכום עונה.

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

שחק, י., י. גוסקובסקי, י. כהן, ר. שטרן, ש. כפיר, ע. נאור, י. גרינבלט-אברון, י. דורון, י. אסקירה, מ. פרס (2004) רשתות צבעוניות בתפוח ואגס: גישה אגרוטכנית חדשה בגידולים ותיקים. עלון הנוטע, כרך 58 גליון 8 (אוגוסט) 364-361.

שחק, י. (2005) גישות חדשות בכסוי מטעים ברשת: רשתות צבעוניות. חקלאי ישראל 20 (אפריל): 56-50.