בחינת גדול פלפל תחת רשתות צל צבעוניות באזור הבשור.

חוקרים שותפים:

אלי מתן, חנה יחזקל - מו"פ דרום.
יוספה שחק, קירה רטנר - המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי.
דוד בן יקיר, מיכאל חן - המכון להגה"צ, מינהל המחקר החקלאי.
יצחק פוסלסקי, גיא רשף, יואל מסיקה - שה"מ , משרד החקלאות.
יוסי אופיר - פולישק תעשיות פלסטיקה בע"מ, ניר יצחק וסופה

א. תקציר

המחקר עוסק בהשפעת רשתות צבעוניות נמוכות הצללה על גידול הפלפל באזור הבשור ועל מזיקי הפלפל, בהשוואה לרשת השחורה המקובלת כיום. החלק הגידולי נלמד בבית רשת גדול בו בחנו השנה רשת אדומה וצהובה, תוך השוואה לשחורות בשתי דרגות הצללה. כל רשת נבחנה בארבע חזרות, מעל 2 זנים: רומנס וורגסה. תוצאות בית הרשת מראות כי הפחתת ההצללה ברשת השחורה מ-38% ל-30% גורמת להגדלת יבול. עם זאת, שתי הרשתות הצבעוניות, אשר טווח ההצללה שלהן בתחום PAR הוא בין שתי השחורות, הביאו להגדלת יבול מעבר לשתי השחורות. השיפור עקב ההצללה הפוטוסלקטיבית התבטא במספר ובמשקל פרי לדונם, בגודל פרי ובאיכות הפרי. על רקע נגיעות גבוהה בוירוס לקראת סוף העונה, בלטה הרשת הצהובה, במיוחד בזן ורגסה הרגיש יותר, בכך שהעלתה את יבול הפרי באיכות לייצוא פי 1.7 לעומת הרשת השחורה המקבילה.

חדירת והתבססות מזיקים נלמדה במנהרות רשת פנינה, צהובה ושחורה, כ"א בארבע חזרות, בזן רומנס. השתילה הוקדמה השנה לאפריל. ביססנו את ההשפעות הסלקטיביות של הרשתות על המזיקים אשר מתבטאות למרות שגודל החורים ברשתות מאפשר מעבר חפשי. כיסוי המנהרות ברשת הצהובה הפחית חדירה והתבססות כנימות עלה ועש באופן מובהק לעומת רשת שחורה או אדומה, אך הגביר חדירת תריפסים. רשת הפנינה הפחיתה את חדירת כנימות עלה והנגיעות בוירוס, אך הגבירה חדירת כנימות עש. יבול ואיכות הפרי היו גבוהים יותר תחת הרשתות הצבעוניות, במיוחד בצהובה ובפנינה, בהשוואה לרשת השחורה. התוצאה משקפת שילוב של השפעתן החיובית הישירה על הצמח, ביחד עם הפחתת הפגיעות ממזיקים.

ב. מבוא

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' מאמרי רביו שחק 2003; שחק 2005; Shahak, 2008; Rajapakse and Shahak 2007).

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 לקראת סוף חודש 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.

בשנת הלימוד ההקדמית (2005) התמקדנו בשתי רשתות צבעוניות (אדומה ופנינה) בנושא הגידול, ובלימוד הקדמי של תגובת מזיקים לרשתות שונות. התוצאות החיוביות של תוספת ניכרת ביבול תחת הרשת האדומה והפנינה לעומת השחורה המסחרית, אשר התקבלו בשלושה זנים (אנה, טריפל סטאר וקליבר), סוכמו במאמר בגן שדה ומשק (שחק וחו' 2006), והיוו בסיס למחקר הנוכחי, אשר 2006 הייתה שנתו הראשונה. ב-2006 הורחב המחקר הגידולי לשלוש רשתות צבעוניות (הוספנו רשת צהובה שנתנה תוצאות ראשוניות מעניינות בחדירת מזיקים) בהשוואה לרשת השחורה, ולשלושה זנים אחרים (ורגסה, אנה ואלגריה).

מטרות המחקר לשנת 2007 היו: א. בחינת שתי רמות הצללה ברשת השחורה על רקע הקושי להגיע לזהות מלאה ברמות ההצללה של הרשתות הנכללות במחקר ב. אישוש תוספת היבול ע"י הרשת הצהובה (שנה שנייה) והאדומה (שנה שלישית). ג. המשך לימוד הבסיס הפזיולוגי לתוצאות. ד. לימוד ראשוני של השפעת הרשת על איכות הפרי לאחר קטיף. ה. השפעות פוטוסלקטיביות על מזיקי הפלפל: ביסוס ממצאי השנה הראשונה (תוך הוספת הרשת האדומה למערך), לגבי החדירה וההתבססות שלהם דרך רשתות הצל הצבעוניות במנהרות,ובחינת השפעת הרשתות השונות על נגיעות בוירוסים ועל היבול בתנאים מופחתי ריסוסים.

ג. פרוט עיקרי הניסויים

ג.1. מערך הניסוי

המחקר בוצע בשני אתרים בתחנת הניסיונות בבשור. אתר בית הרשת המרכזי בו נלמד החלק הגידולי, ואתר מנהרות הרשת בו נלמד החלק של הגנת הצומח.

<u>בית הרשת</u>: שטוח בגובה 2.5 מ'. התקנו בו 4 סוגי רשת ב-4 חזרות באקראי, המכסות יחידות של 18 על 18מ' (324 מ"ר) כ"א. סה"כ כ-5.2 דונם (נספח 1). <u>הרשתות שנבחנו ב-2007</u>: כרומטינט צהובה 30%, כרומטינט אדומה 30%, רשת שחורה 35%, ורשת שחורה 30%. הרשתות כולן סרוגות, מתוצרת פולישק. שלוש

הראשונות עשויות חוטי פוליה. הרביעית היא רשת משולבת עם חוט עגול (מונופילמנט). רמת הצללה שצוינה למעלה מתייחסת להתוויות היצרן. המדידות בשטח יובאו בהמשך. את רשת הפנינה לא כללנו השנה בבית הרשת שכן היקף התקציב הגביל אותנו ל- 4 רשתות (4X חזרות) בשנה.

הזנים שנבחנו ב-2007: ורגסה (המקור: כצ"ט) ורומנס (המקור: סולי). 9 ערוגות מכל זן תחת כל רשת. במעקב נכללו רק שתי המרכזיות. עומד כללי: 2500 צמחים\ד'.

מימשק גידול: לפני השתילה בוצע חיטוי קרקע סולרי. ההדליה ספרדית. מועד השתילה: 03.06.2007. מועדי הקטיפים: החל מ- 28.08.07, ועד 25.11.07, אחת לשבוע. נציין, כי אורך עונת הקטיף היה קצר השנה בחודש וחצי לעומת השנה שעברה עקב נגיעות גבוהה בוירוס לקראת נובמבר. הממשק האגרוטכני: המיטבי המקובל באזור. ממשק מזיקים ומחלות: פרופילקטי כמקובל בגידול המסחרי. פיקוח הגה"צ נעשה אחת לשבוע בעזרת רות רביד. במהלך העונה עקבנו אחר תאורה, מיקרואקלים, ומדדי צימוח בשטח ובמדגמי צמחים הרסניים. הקטיפים בוצעו אחת לשבוע. הפרי מוין לפי מדדי ייצוא, ונשקל. בוצע גם אומדן ויזואלי לצבע ופגמים. בשני מועדים נשלחו מדגמי פרי אל ד"ר אלי פאליק במינהל המחקר החקלאי, לבחינה הקדמית של איכות באיחסון וחיי מדף.

המינהרות ללימוד חדירה והתבססות של מזיקים:

חלק זה של המחקר בוצע, בדומה לשנת 2006, במנהרות בגודל 6X6 מ' ובגובה 2.5 מ' שכוסו ברשתות צל כרומטינט-פנינה, כרומטינט-צהובה, כרומטינט-אדומה, ורשת שחורה (טיפולים. כולן רשתות פוליה סרוגות מתוצרת פולישק, זהות לרשתות הנלמדות בבית הרשת (למעט הפנינה שכאמור לא נכללה השנה בבית הרשת, והשחורה המשולבת שלא נכללה כאן). היו 4 מנהרות (חזרות) מכל סוג רשת, אשר אורגנו בריבוע לטיני (נספח 2). גודל החורים בכל הרשתות אפשר מעבר חופשי של מזיקי הפלפל שנלמדו. לפני השתילה בוצע חיטוי קרקע סולרי. בכל מנהרה נשתלו ב-16 באפריל 82 צמחי ב-6 שורות. נשתל פלפל מהזן רומנס שעמיד לוירוסים TM3 ו-TSWV המועברים על ידי כנימות עלה ותריפסים, בהתאמה. הצמחים הודלו בשיטה הספרדית. פעמיים במהלך הניסוי, בסוף מאי ובסוף יוני, יושמו תכשירי הדברה נגד מזיקים (reset) כדי "לדרוך" את המערכת מחדש. בכל מנהרה הוצבו 2 מלכודות דבק (מכסה של צלחת פטרי בקוטר 10 ס"מ) אנכיות על רקע כחול ו-2 מלכודות אופקיות על רקע צהוב לניטור תריפסים וכנימות עש (כע"ט), בהתאמה. כדי לבחון את השפעה אפשרית של צבע הרשתות על הלכידה במלכודות צבע, הוצבו גם מלכודות אופקיות כמתואר לעיל ללא רקע (שקופות) בשבועיים האחרונים של אפריל. כל המלכודות הוחלפו ונספרו אחת לשבוע. בבוקר של ה-14 ליוני בוצעה דגימת פרחים (5 פרחים למנהרה, 2 בלוקים) לנוכחות תריפסים. שיעור צמחי הפלפל עם תסמיני מחלת הווירוס CMV נקבע בבחינת ראיה ב-2 ביולי. קטיף הפרי בוצע החל מסוף יולי ועד אמצע אוגוסט. פרי בר-שיווק נקטף מ-13 צמחים שנבחרו באקראי משתי השורות האמצעיות בכל מנהרה. נערכה השוואה של רמת היבול ואיכותו בין הטיפולים השונים. ביולי נערך מעקב אקלימי (טמפרטורה ולחות יחסית) במנהרות באמצעות אוגרי נתונים (3 לטיפול).

ג.2. כמות ואיכות האור

מדידות הספקטרה של האור המסונן ע"י הרשתות הנבחנות במחקר זה, פיזור האור והחזר אור השמש שנעשו במערכות סימולציה, והתוצאות מסוכמות בטבלה 1 ובנספחים 3 ו-4. ניתן לראות כי כל שלוש הרשתות הצבעוניות שונות משתי השחורות בהרכב הספקטראלי של האור הדיפוזי ובכמותו: א. הן מפזרות את האור

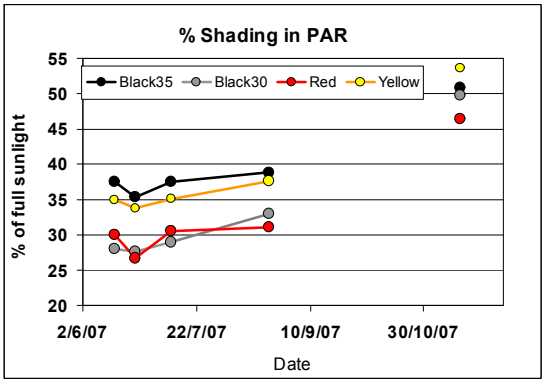
העובר דרכן וכתוצאה מכך מגבירות את כמות האור המפוזר (דיפוזי) המגיע אל הצמח. ב. האור המפוזר מועשר בתחום Red+FR יחסית ל- Blue+UV. כל רשת צבעונית בהתאם לפיגמנט שהיא מכילה. הרשתות הצבעוניות הללו אינן משנות את היחס R/FR. ג. הרשתות הצבעוניות מחזירות חלק מן האור הפוגע בהן (רפלקציה). ספקטרום הרפלקציה דומה לספקטרום פיזור האור, כאשר הפיזור\רפלקציה מתרחשים החל מ-390 נ״מ ומעלה (פנינה), 520 (צהובה) ו-590 (אדומה) כל אחת בהתאם לתכולת הפיגמנט שהיא מכילה. לשלושת ההיבטים הללו יש חשיבות הן לצמחים והן לחרקים.

אחוזי ההצללה שנמדדו בשטח במהלך העונה בתחום PAR שונים במקצת ממדידות הסימולציה. זה נובע מזווית הרשת המכסה אופקית את בית הרשת יחסית לקרני השמש (סוכת הסימולציה הוטתה ליצירת זווית ישרה, מידת המתיחה של הרשת, אשר עשויה להיות פחותה בבית הרשת בבשור, ותרומת האבק. מדידות ההצללה בשטח הראו קירבה בין הרשת האדומה לשחורה 30%, ואילו הצהובה הייתה קרובה יותר לשחורה 35% (איור 1). ההצללה הגבוהה בסוף העונה (מדידת נוב׳ 07) נובעת בחלקה מהצמחים, אשר הגיעו אז כמעט לגובה הרשת, ואין להתייחס אליה.

טבלה 1. *סיכום מאפייני האור המסונן ע״י הרשתות של 2007 כפי שאופיינו בסוכת סימולציה. המדידה בוצעה בעזרת ספקטרורדיומטר LiCor 1800 בצהרי יום בהיר ב- 03.06.07 בבית דגן. האור המפוזר נמדד ע״י הסתרת הקרינה הישירה בעזרת דיסק. משטח הרשת ופני הסנסור מוקמו במאונך לכוון קרני השמש. לפרטים נוספים – ר׳ Shahak et al. 2004a&b. תחומי האור השונים חושבו מאינטגרל עצמות האור בתחום 380-305 (UV), 470-410 (B), 680-640 (R), 690-750 (FR), ו- 700-400 (PAR). כל ספקטרום הוא ממוצע של 3-2 מדידות.*

הרשת	הצללה Tot-PAR (%)*	אור מפוזר ב-PAR (%)**	יחס Red/Blue		יחס Red/FR		יחס PAR/UV	
			כלל האור	אור מפוזר	כלל האור	אור מפוזר	כלל האור	אור מפוזר
ללא רשת	0	15.6	0.95	0.53	0.71	0.72	18.8	8.0
שחורה 35	37.4	16.2	0.96	0.55	0.71	0.70	18.3	8.0
שחורה 30	27.0	16.0	0.94	0.55	0.71	0.71	18.1	8.0
אדומה	29.6	**22.4**	1.18	**1.27**	0.69	0.69	18.9	**10.5**
צהובה	31.9	**30.2**	1.33	**1.59**	0.69	0.69	21.6	**15.6**
פנינה	27.2	**35.0**	1.04	**0.94**	0.69	0.68	24.1	**24.5**

*ההצללה מתייחסת ליחס של כמות האור הכללי בתחום (PAR) תחת הרשת לעומת שטח פתוח. **מרכיב האור המפוזר מתייחס ליחס בין כמות האור המפוזר בתחום PAR לכמות האור הכללית בתחום PAR בכל טיפול.



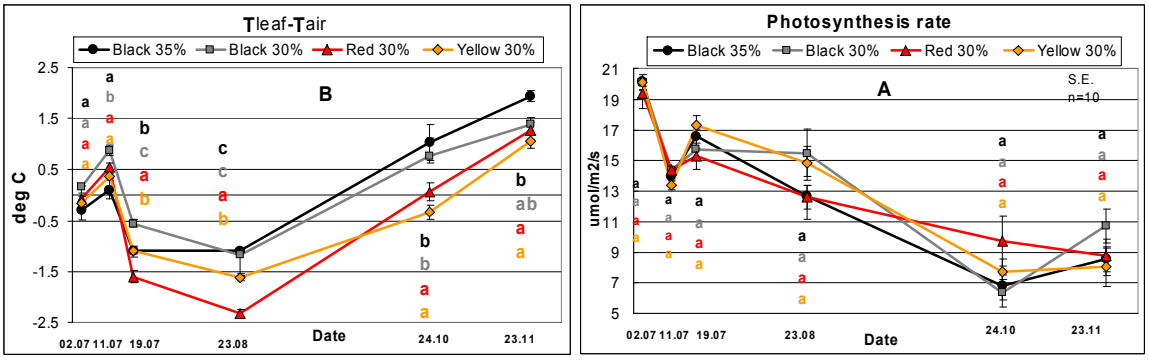
איור 1. *אחוזי הצללה של כלל האור (ישיר+מפוזר) בתחום PAR ע״י הרשתות השונות בבית הרשת בבשור. המדידות בוצעו בצהרי ימים בהירים במועדים המצוינים, בעזרת מד אור ידני LiCor LI250A עם חיישן LI190SA, במנח מאוזן, בכל החזרות של כל סוג רשת. % ההצללה מחושב יחסית לקרינת השמש בשטח פתוח בקרבת בית הרשת.*

ג.3. מיקרואקלים בבית הרשת ובמנהרות

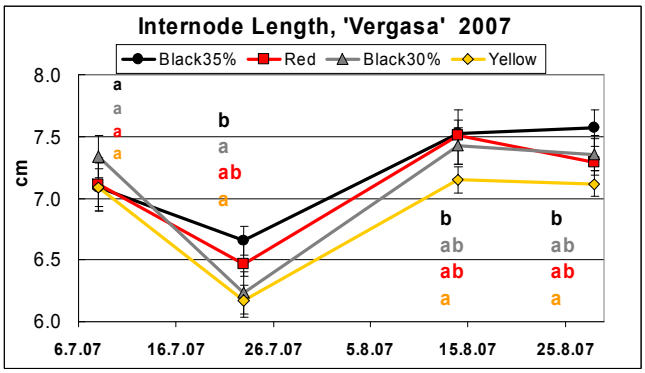
הטמפרטורות היומיות המירביות שנמדדו מעל קצה הנוף עד תחילת אוגוסט היו זהות תחת כל הרשתות בבית הרשת. במהלך אוג'-ספט' (גיל הצמחים 2.5-3.5 ח') היתה הטמפ' תחת האדומה גבוהה ב- 0.5-1.0 מ''צ משאר הרשתות, ואילו לאחר מכן הייתה גבוהה יותר תחת השחורה 35% (נספחים 4,5). ההשתנות נובעת כנראה מהשפעת הצמחים, אשר הולכים וממלאים את חלל בית הרשת במהלך העונה, על המיקרואקלים. העובדה שכאשר הצמחים היו קטנים לא נמצאו הבדלים מעידה על כך שאין השפעה ישירה של הרשתות על המיקרואקלים בבית הרשת. במנהרות הרשת נרשמה ביולי (צמחים בגיל 3.5 ח') טמפ' יום דומה בכל הרשתות, למעט האדומה שהייתה גבוהה ב- 0.5-1.0 מ''צ (נספח 6).

ג.4. השפעת הרשתות הצבעוניות על פעילות עלווה ומדדי גידול בבית הרשת

מדדים שונים נלמדו באופן פרטני בזן ורגסה בבית הרשת, ובכלל זה קצב פוטוסינתזה (עם המדדים הנילווים – טמפ' עלה ואוויר בעת המדידה וקצב טרנספירציה מחושב) בעלים חשופים, תכולת כלורופיל בעלים, משקל חלקי הצמח, אורך ומספר מפרקים, מספר ניצנים\פרחים\חנטים וגובה הצמחים. במרביתם לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הרשתות השונות. תוצאות אלה, אשר אינן מפורטות בדוח זה, עשויות להיות אמיתיות, או לחילופין לנבוע משיטת המדידה. בשני מדדים מצאנו הבדלים מובהקים: כושר צינון העלים החשופים (עפ'י ההפרש בין טמפ' העלה לטמפ' הסביבה, שנמדדו ביחד עם קצב ההטמעה), היה טוב יותר בשתי הרשתות הצבעוניות לעומת שתי השחורות (איור 2). אורך המפרק הממוצע היה קצר יותר באופן מובהק ברשת הצהובה לעומת השחורה 35% (איור 3). נזכיר, כי התוצאה בשנה שעברה הייתה דומה, עפ'י הסדר: שחורה > פנינה > אדומה > צהובה.



איור 2. *קצב קיבוע CO_2 (ימין) וההפרש בין טמפ' העלה לטמפ' הסביבה (שמאל). נמדדו במועדים המצויינים בין 09:30- 11:00 בעזרת מד פוטוסינתזה נייד CI-340 מתוצרת CID, ארה''ב.*



איור 3. *אורך המפרקים בגבעול המרכזי. המעקב בוצע ב-4 צמחים בכל חזרה של כל רשת במועדים המצויינים באופן בלתי הרסני. אותיות שונות מציינות מובהקות ברמת 95% לאותו מועד בדיקה.*

ג.5. תוצאות הקטיפים בבית הרשת

<u>יבול</u>: ההשוואה בין שתי הרשתות השחורות מעלה כי הפרש של 8% ברמת ההצללה הינו משמעותי מבחינת היבול. בשני הזנים היבול הכללי היה גבוה יותר תחת השחורה-30% לעומת השחורה-35%. יחד עם זאת, שתי הרשתות הצבעוניות העלו את היבול לעומת שתי השחורות (טבלה 2). זה התבטא ביבול כלל הפרי שנקטף כפי שמבוטא הן במשקל פירות לדונם (טבלה 2 ואיור 4), והן במספר פירות לדונם (איור A5), ועוד יותר מכך ביבול הפרי לייצוא (טבלה 2 ואיור B5). היתרון של הרשתות הצבעוניות בלט במיוחד בזן ורגסה, ופחות בזן רומנס. בזן רומנס, יתרון הרשתות הצבעוניות על פני שתי השחורות הופיע רק במחצית השנייה של העונה. זאת, בשונה מהתוצאות שהתקבלו בכל הזנים שבדקנו עד כה. ייתכן וברומנס היה גורם מגביל אחר, אשר האפיל על השפעת הרשתות הצבעוניות.

השנה נאלצנו לקצר את עונת הקטיף עקב נגיעות בוירוס שהתפתחה לקראת נובמבר. נגיעות זאת גרמה לאחוז נמוך של פרי באיכות לייצוא: 66-69% בלבד ברשתות השחורות (בזן ורגסה). השיפור הדרמטי של יבול לייצוא ע"י הרשתות הצבעוניות, בלט בורגסה תחת הרשת האדומה, ועוד יותר מכך תחת הצהובה שגרמה להגדלה של פי 1.71 ביבול לייצוא לעומת השחורה המקבילה לה! תוצאה זאת משקפת, כנראה, שילוב של השפעה חיובית על פוריות הפלפל, ביחד עם הפחתה פוטוסלקטיבית של הנגיעות בוירוסים (ר' בהמשך).

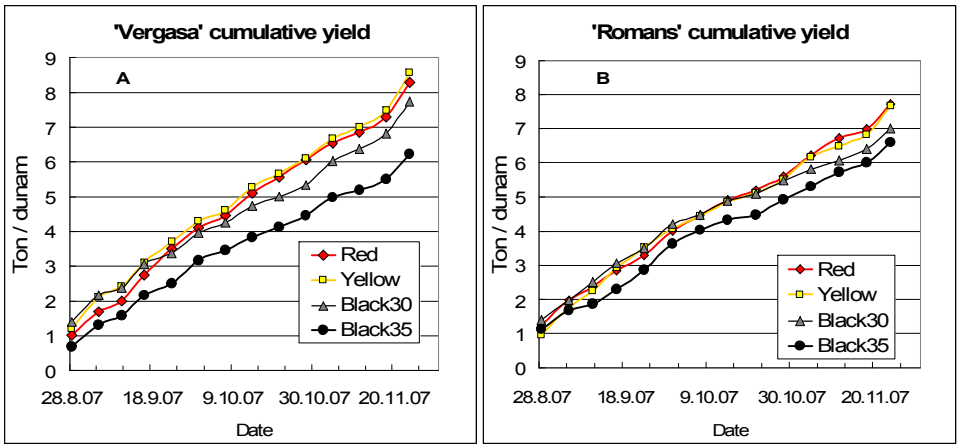
<u>גודל הפרי</u> הממוצע, אשר היה השנה נמוך מהרגיל, קשור גם הוא לנגיעות בוירוס. תחת הרשתות הצבעוניות נקטף פרי גדול יותר (טבלה 2). ניתן אולי לייחס גם תוצאה זאת לנגיעות הפחותה תחת רשתות אלה.

<u>מדדי איכות</u>: התפלגות היבול המצטבר לעונה על פי מדדי איכות\פגמים (נספחים 7,8), מראה מספר נקודות מעניינות: (א) הזן ורגסה היה רגיש יותר מרומנס לוירוס(ים). ברשתות השחורות 18-20% מפרי הורגסה היה עם סימפטומים, לעומת 8-11% מפרי הרומנס. (ב) שתי הרשתות הצבעוניות הפחיתו את שכיחות פגמי הוירוס בפרי הורגסה עד לרמה דומה לזאת שברומנס. (ג) הרשתות הצבעוניות הפחיתו את שכיחות הפירות המעוותים בהשוואה שתי השחורות.

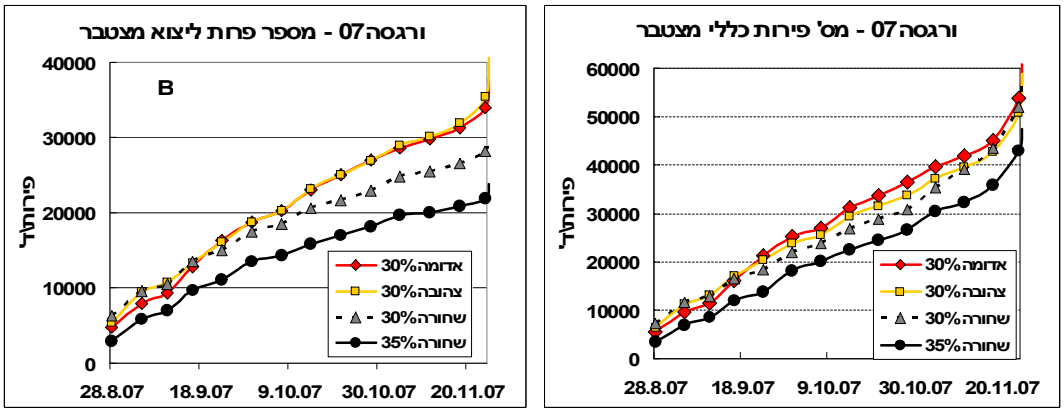
***טבלה 2**. סיכום מצטבר עונתי של היבול הכולל, היבול לייצוא ומשקל פרי ממוצע תחת הרשתות השונות בשני הזנים. קטיף הפרי הבשל בוצע אחת לשבוע בין סוף אוג' לסוף נוב' 2007. אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמת 95%.*

זן	רשת	יבול כולל		יבול לייצוא		משקל פרי ממוצע לעונה	
		(טון לדונם)	(%)	(טון לדונם)	(%)	(גרם)	(%)
<u>ורגסה</u>	שחורה 35%	6.79 a	100	4.51 a	100	162 ab	100
	שחורה 30%	8.35 b	123	5.73 a	127	151 a	93
	אדומה	9.22 bc	136	6.94 ab	154	169 b	104
	צהובה	9.72 c	143	7.72 b	171	171 b	106
<u>רומנס</u>	שחורה 35%	7.33 a	100	5.29	100	161	100
	שחורה 30%	7.52 ab	103	5.38	102	161	100
	אדומה	8.88 b	121	6.31	119	168	104
	צהובה	8.58 b	117	6.14	116	164	102

בנוסף על כך, בדיקה ראשונית של איכות הפרי באחסון ובחיי מדף, הצביעה על התפתחות ריקבונות פחותה בפרי שהגיע משתי הרשתות הצבעוניות, לעומת שתי השחורות. התוצאות המפתיעות סוכמו לאחרונה במאמר (Fallik et al., 2008). מחקר יסודי בנושא יחל בשנה הבאה בראשות אלי פאליק.



איור 4. יבול כללי מצטבר (טון לדונם) בזן ורגסה (A) ובזן רומנס (B) ב-2007.



איור 5. *מספר פירות מצטבר לדונם בורגסה 2007: (A) כלל הפרי; (B) פרי באיכות לייצוא. ממוצעי 4 חזרות לרשת.*

ג.6. לימוד החדירה וההתבססות של מזיקים במנהרות הרשת הצבעוניות

להלן סיכום עיקרי הממצאים ממנהרות הרשת:

<u>ג.1.6. כנימות עש טבק (כע"ט)</u>

- רמות הלכידה במלכודות השקופות היו נמוכות, בטווח שבין 10-20% לעומת המלכודות הצבעוניות, אך היחס בין רמות הלכידה תחת הרשתות השונות היה דומה למה שהתקבל במלכודות הצבעוניות.
- במנהרות שכוסו ברשת הצהובה נלכדו כ-50% מהכע"ט בהשוואה למנהרות שכוסו ברשת שחורה. עם זאת, רק במחצית ממועדי הבדיקה ההבדלים היו מובהקים סטטיסטית (טבלה 3).
- במנהרות שכוסו ברשת אדומה לא היה הבדל ברמות לכידת הכע"ט בהשוואה לרשת שחורה.
- במנהרות שכוסו ברשת פנינה נלכדו כ-150% מהכע"ט בהשוואה למנהרות שכוסו ברשת שחורה. עקב שונות רבה, הבדלים אלה היו מובהקים רק ברבע ממועדי הבדיקה.

ג.2.6. תריפסים

- במנהרות שכוסו ברשת צהובה נלכדו כ-150% מהתריפסים בהשוואה למנהרות שכוסו ברשת שחורה. אך הבדלים מובהקים בלכידת התריפסים בין רשתות אלה הייתה רק בשליש ממועדי הבדיקה (טבלה 4).
- מספר התריפסים שנלכדו במנהרות שכוסו ברשת אדומה או פנינה היה דומה למספרם במנהרות שכוסו ברשת שחורה.
- בבדיקה שנערכה בפרחי הפלפל נמצאו בממוצע 1.6 תריפסים לפרח תחת הרשת השחורה, האדומה והפנינה. במנהרות שכוסו ברשת צהובה נמצאו בפרחים כ-140% מהתריפסים בהשוואה למנהרות שכוסו ברשת שחורה.

טבלה 3. *השפעת צבע רשת הכיסוי על רמת לכידת הכע"ט בתוך מנהרות עבירות עם צמחי פלפל (ממוצע למלכודת ליום), (N=4), חוות הבשור, 2007.*

		סוג רשת								
		שחורה		צהובה		אדומה		פנינה		
מחזור	חודש	מספר כע"ט		יחס לשחורה*	מספר כע"ט		יחס לשחורה*	מספר תריפסים		יחס לשחורה*
1	אפריל	6.0 A**		0.3	1.8 B		0.4	2.4 B	A	6.7	1.1
2	מאי	20.0 A		0.5	10.2 A		0.7	13.0 A	A	17.0	0.9
3		3.8 A		0.4	1.4 B		0.7	2.7 AB	AB	5.5	1.5
4	יוני	4.5 A		0.6	2.5 A		0.8	3.4 A	A	7.0	1.6
5		15.4 A		0.9	14.4 A		1.0	15.3 A	A	22.8	1.5
6	יולי	3.6 A		0.6	2.3 A		1.0	3.6 A	A	6.1	1.7
7		5.7 A		0.5	2.6 B		0.8	4.5 A	C	14.4	2.5
8		8.4 A		0.5	4.6 B		0.9	8.0 A	C	15.3	1.8
ממוצע	יחס לשחורה			**0.5**			**0.8**				**1.8**
ס.ת	יחס לשחורה			0.2			0.2				0.5

-----בוצע טיפול הדברה "ריסטי" נגד כע"ט

*היחס חושב כך שרמת הלכידה הממוצעת תחת הרשת השחורה באותה בדיקה נקבע כערך של 1

** אותיות שונות באותה בדיקה מעידות על הבדל מובהק ($P \leq 0.05$) לפי ANOVA מלווה ב Tukey- Kramer

טבלה 4. *השפעת צבע רשת הכיסוי על רמת לכידת התריפסים בתוך מנהרות עם צמחי פלפל (ממוצע למלכודת לשבוע). (N=4), חוות הבשור, 2007.*

		סוג רשת								
		שחורה		אדומה		פנינה		צהובה		
מחזור	חודש	מספר תריפסים		יחס לשחורה*	מספר תריפסים		יחס לשחורה*	מספר תריפסים		יחס לשחורה*
1	אפריל	57.8 A**		1.0	56.1 A		1.2	71.1 AB	B	102.6	1.8
2	מאי	34.7 AB		0.7	25.1 B		0.6	19.3 B	A	50.4	1.5
3		16.8 A		0.9	14.6 A		0.8	12.6 A	A	25.6	1.5
4	יוני	18.4 A		0.8	15.2 A		0.9	16.0 A	B	30.2	1.6
5		7.5 A		0.8	6.1 A		2.1	16.0 A	A	11.8	1.6
6	יולי	4.1 A		1.1	4.6 A		1.1	4.6 A	A	5.1	1.2
7		10.5 A		0.8	8.3 A		1.0	10.6 A	A	13.4	1.3
ממוצע	יחס לשחורה			**0.9**			**1.1**				**1.5**
ס.ת	יחס לשחורה			0.1			0.5				0.2

-----בוצע טיפול הדברה נגד תריפסים

*היחס חושב כך שרמת הלכידה הממוצעת תחת הרשת השחורה באותה בדיקה נקבע כערך של 1

** אותיות שונות באותה בדיקה מעידות על הבדל מובהק ($P \leq 0.05$) לפי ANOVA מלווה ב Tukey- Kramer

ג.3.6. כנימות עלה ונגיעות ב-CMV

- כנימות עלה נלכדו רק בתחילת הניסוי (מאי), ולאחר מכן לא היו ברמות משמעותיות. סך הלכידות תחת הרשתות היה 17 (בשחורה ובאדומה), 8 (צהובה) ו-5 (פנינה).
- מגמה דומה נצפתה בשיעור תסמיני מחלת ה-CMV, שהיה 35% (תחת השחורה והאדומה) , 15% (תחת הצהובה), ו-5% (תחת הפנינה).

ג.4.3. תוצאות קטיפים ראשונים במנהרות

- כללית, רמת היבול ואיכותו היו טובים יותר תחת הרשתות הצבעוניות, ובמיוחד ברשת הפנינה והצהובה, לעומת הרשת השחורה (טבלה 5).
- ברשת השחורה היו הן היבול המצטבר לתקופת הקטיפים (המוגבלת), והן גודל הפרי הממוצע נמוכים מהגידול המסחרי. עם זאת, ברשתות הפנינה והצהובה נמצאה עליה של פי 1.5 בשני מדדים אלה, לעומת הרשת השחורה. ברשת האדומה גודל הפרי היה נמוך כמו בשחורה, אך היבול גבוה, יחסית. זאת, כנראה, הודות להשפעתה החיובית על פוריות צמחי הפלפל.
- שיעור נזקי וירוס ה-CMV בפרי היה נמוך בצורה ניכרת תחת הפנינה וצהובה בהשוואה לרשתות השחורה והאדומה.
- בהתאם לכך, אחוזי הפרי לייצוא היו גבוהים בפנינה ובצהובה פי 2.3-2.7 בהשוואה לשחורה ולאדומה.

טבלה 5. *השפעת הכיסוי ברשתות הצל הצבעוניות על היבול ואיכות הפלפל במנהרות, יולי- אוגוסט 2007.*

צבע רשת	משקל יבול (טון לדונם)	משקל פרי (גרם)	% יצוא	% עיוותים	וירוס %
שחורה	3.1	111.6	27.4	36.5	34.0
אדומה	4.2	110.0	25.9	20.3	48.0
צהובה	4.8	164.3	63.8	19.0	12.1
פנינה	4.8	167.3	72.8	13.9	6.6

ד. סיכום ודיון

השפעת הרשתות הצבעוניות על גידול הפלפל בבשור

ביססנו השנה את ההשפעות הגידוליות החיוביות של הרשת האדומה (שנה שלישית, כולל השנה ההקדמית) והצהובה (שנה שנייה).

- שאלת % ההצללה: בשנה שעברה השאלה באיזו מידה השפעת הצבעוניות נובעת מהעובדה שבפועל הן היו ברמת הצללה נמוכה ב-2-8% לעומת השחורה, אשר בפועל הייתה 35-39%. שילוב הרשת השחורה 30% במחקר השנה הראה כי אכן הפוריות (אך לא האיכות) עולה עם הקטנת רמת ההצללה, ושגם הבדל של 5-8% הוא משמעותי. יחד עם זאת, שתי הרשתות הצבעוניות שיפרו יבולים, בהשוואה לשתי הרשתות השחורות. מכאן שהשפעת הרשתות הצבעוניות היא אכן פוטוסלקטיבית.
- בהקשר זה, ולקראת היישום המסחרי של ממצאי מחקר זה, לאחר שיסתיים, חשוב להזכיר כי עדיין יהיה רצוי לעשות אופטימיזציה של רמת ההצללה של הרשת שתיבחר כמחליפת השחורה המיטבית,

ולהתאימה לאופי הזן אותו מכסים. סביר שזנים בעלי עצמת צימוח חלשה, יחסית, זקוקים לרמת הצללה גבוהה יותר מזנים בעלי עצמת צימוח גבוהה.

- השיפור ע"י הרשתות הצבעוניות מתבטא בהגדלת מס' הפירות המיוצרים ע"י כל צמח במהלך העונה, שיפור הגודל (אשר ברשתות שחורות היה נמוך השנה מהרגיל) ושיפור איכות הפרי לפני ואחרי קטיף.
- הנגיעות הגבוהה בוירוס בבית הרשת השנה איפשרה לחדד את המטרה העיקרית של מחקר זה: שילוב ההשפעה המיטבית של הסינון הפוטוסלקטיבי על הגידול מחד, ועל פגעי מזיקים מצד שני. על רקע זה בלטה במיוחד הרשת הצהובה. בשנה כזאת, רשת הפנינה עשויה היתה להניב תוצאות אף טובות יותר מהצהובה, אלא שהיא לא נבחנה השנה, עקב הכנסת הרשת השחורה-30% במקומה.
- עדיין לא שמנו את האצבע על הגורם הפזיולוגי העיקרי האחראי לייצור המוגבר של פירות תחת הרשתות הצבעוניות שבבדיקה, אך חידדנו את הגורמים שאינם מעורבים ישירות (מיקרואקלים, קצב הטמעה, וכו').
- המימצא הראשוני של הפחתת הרקבונות באחסון וחיי מדף המעיד על "זיכרון" של הפרי באשר לסוג הרשת תחתיה הוא התפתח, הוא מפתיע וחשוב, אם יאושש. הוא עשוי לנבוע מיצירת קליפת פרי עמידה יותר לפתוגנים תחת הצבעוניות לעומת השחורות, או ייצור מוגבר של חמרי תנגודת טבעיים, או גורם אחר. הנושא אמור להילמד במסגרת מחקר ייעודי.
- המחקר הרשתות הצבעוניות בפלפל בבשור הניב עד כה תוצאות חשובות ויישומיות למגדלים, אבל עדיין צריך לסגור קצוות בשנה הקרובה.

<u>השפעת הרשתות הצבעוניות על מזיקי הפלפל</u>

תוצאות 2007 תומכות ומבססות את ממצאי השנה הקודמת, על בסיס רב-שנתי. גם השנה מצאנו שלתכונות הכרומטיות של רשת הכיסוי יש השפעה על הסיכון לחדירת מזיקי פלפל למבני הגידול. זאת, למרות שגודל החורים של רשתות מאפשר חדירה חופשית של המזיקים הנלמדים. מחקרים רבים הראו שכנימות עש וכנימות עלה נמשכות לצבע צהוב. למרות זאת, במחקר הנוכחי מצאנו, כי חדירת הכנימות והתבססותם במבנים שכוסו ברשת הצהובה היו נמוכות באופן מובהק לעומת מבנים שכוסו ברשת שחורה או אדומה (ברמת הצללה דומה).

הסבר אפשרי לתופעה זאת: הכנימות נוחתות על הרשת הצהובה ו"חושבות" שהן על צמח. לכן הן נעצרות על רשת זאת (מנגנון"Arrestment", ר' Bukovinszky et al., 2005) ועוברות להתנהגות אכילה והתבססות. כשניסיונותיהן לאכול נכשלים הן מתות, או נוטשות בחיפוש אחרי פונדקאי אחר. מנגנון דומה תואר בהקשר לחיפוי קרקע (mulch) צהוב, אשר משמש להגנה מפני מזיקים אלה (Cohen and Berlinger, 1986).

בעבר דווח שכנימות עלה נדחות ע"י צבע רפלקטיבי (למשל Greer and Dole, 2003) . זה עשוי להסביר את התוצאות הנוכחיות המעידות על הסיכון הנמוך ביותר לחדירתן ולהעברת מחלת ה-CMV תחת רשת הפנינה, אשר מצטיינת, יותר מכל שאר הרשתות הצבעוניות המקבילות לה באחוז ההצללה, בכושר הרפלקציה ופיזור האור בתחום הספקטרום החל מ-390 ננומטר ומעלה. יחד עם זאת, לא הכול חיובי בהקשר לרשת זאת, שכן הסיכון לחדירת כע"ט דרכה היה גבוה יותר, בהשוואה לשאר הרשתות.

ידוע, כי גם תריפסים נמשכים לצבע צהוב. במחקר הנוכחי מצאנו כי הכיסוי ברשת הצל הצהובה אכן הגביר את הסיכון לחדירה והתבססות שלהם בהשוואה לשאר הרשתות. מכאן, שבמקרה זה לא מדובר במנגנון Arrestment.

מעניין, כי תוצאות הקטיפים במינהרות, שכאמור לא טופלו בבתכשירי הדברה (למעט טיפולי ה-reset), הראו כי כל שלוש הרשתות הצבעוניות תרמו לעליה בכמות ואיכות הפלפל, בהשוואה לביקורת הרשת השחורה. התוצאה משקפת, קרוב לוודאי, שילוב של השפעתן החיובית הישירה על הצמח, ביחד עם הפחתת הנגיעות במזיקים.

ה. תודות

תודות לחברת פולישק אשר סיפקה את הרשתות למחקר ותמכה בו. תודות לנפתלי צור ויורי גילר ממנהל המחקר החקלאי, ולדויד שמואל ואלכס סולפוי ממו"פ דרום על הסיוע בביצוע המחקר, וכמו כן לחזי אנטיגנוס (מינהל המחקר) ולשבתאי כהן (מו"פ דרום ורמת נגב) מעורבותם ועצתם.

ו. רשימת ספרות

Bukovinszky, T., Potting, R.P.J., Clough, Y., Lenteren, J.C. van and Vet, L.E.M. 2005. The role of pre- and post-alighting detection mechanisms in the responses to patch size by specialist herbivores. Oikos 109:435-446.

Cohen S. and Berlinger M.J. 1986. Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses. Agric. Ecosyst. Environ. 17:89-97.

Greer, L. and Dole, J.M. 2003. Aluminum foil, aluminum-painted plastic and degradable mulches increase yields and decrease insect-vectored viral diseases of vegetables. HortTech. 13:276-284.

Rajapakse, N.C. and Shahak, Y. (2007) Light quality manipulation by horticulture industry. In: Light and Plant Development (G. Whitelam and K. Halliday, eds.), pp 290-312, Blackwell Publishing, UK.

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I., and Greenblat-Avron, Y. (2004a) 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. (2004b) ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. Acta Hort. 659 (1): 143-151.

Shahak, Y. (2008) Photoselective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried in Israel. Acta Hort. 770: 161-168.

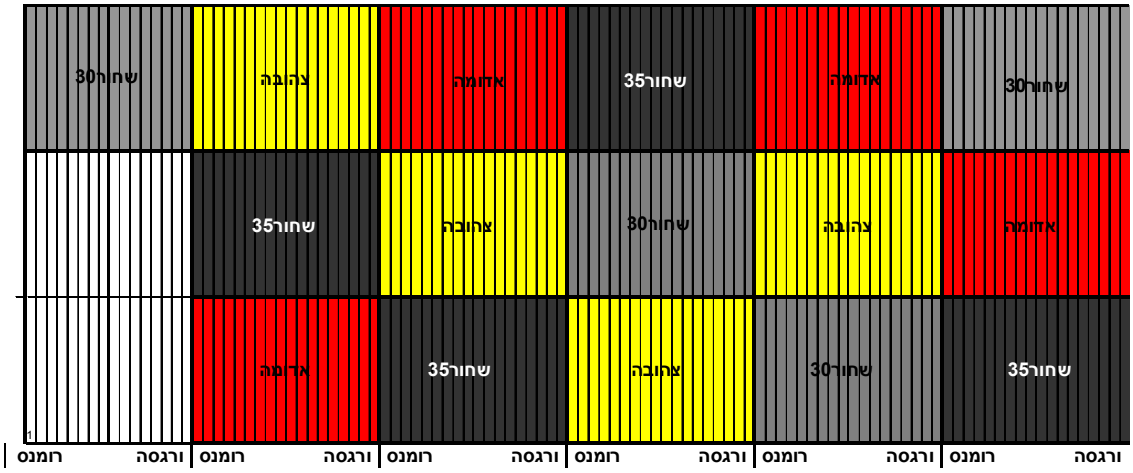
Fallik. E., Alakali-Tuvia, S., Parselan, Y., Aharon, Z., Elmann, A., Offir, Y., Matan, E., Yehezkel, H., Ratner, K., Zur, N. and Shahak, Y. (2008) Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing? Acta Hort., submitted.

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

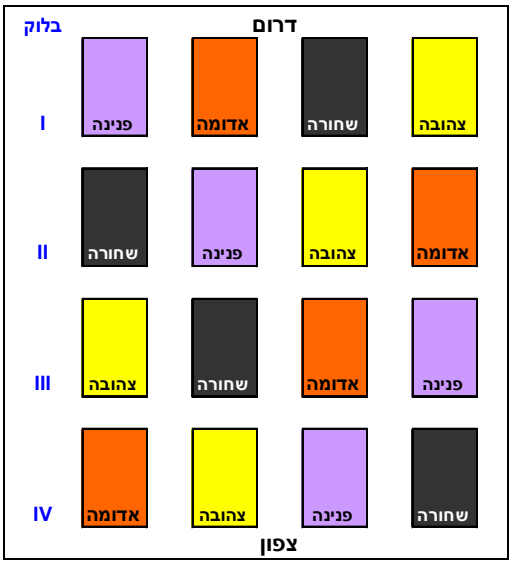
שחק, י. (2005) גישות חדשות בכסוי מטעים ברשת: רשתות צבעוניות. חקלאי ישראל 20 (אפר'): 56-50.

שחק, י., ח. יחזקאל, א. מתן, ד. בן יקיר, י. אופיר, י. פוסלסקי, י. מסיקה, ח. זוהר, ד. שמואל, א. סולפוי, ק. רטנר נ. צור (2006) רשתות צבעוניות משפרות יבול בפלפל. גן שדה ומשק, (אפריל) 40-37.

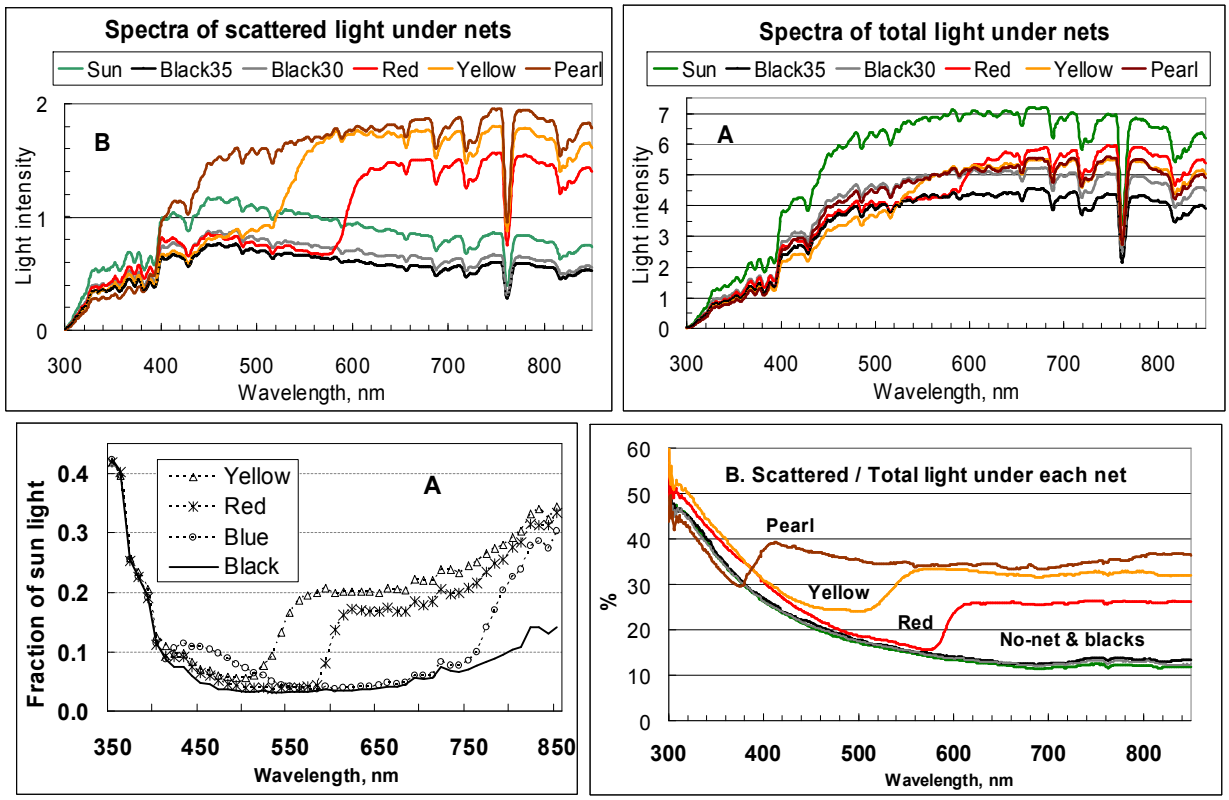
נספחים



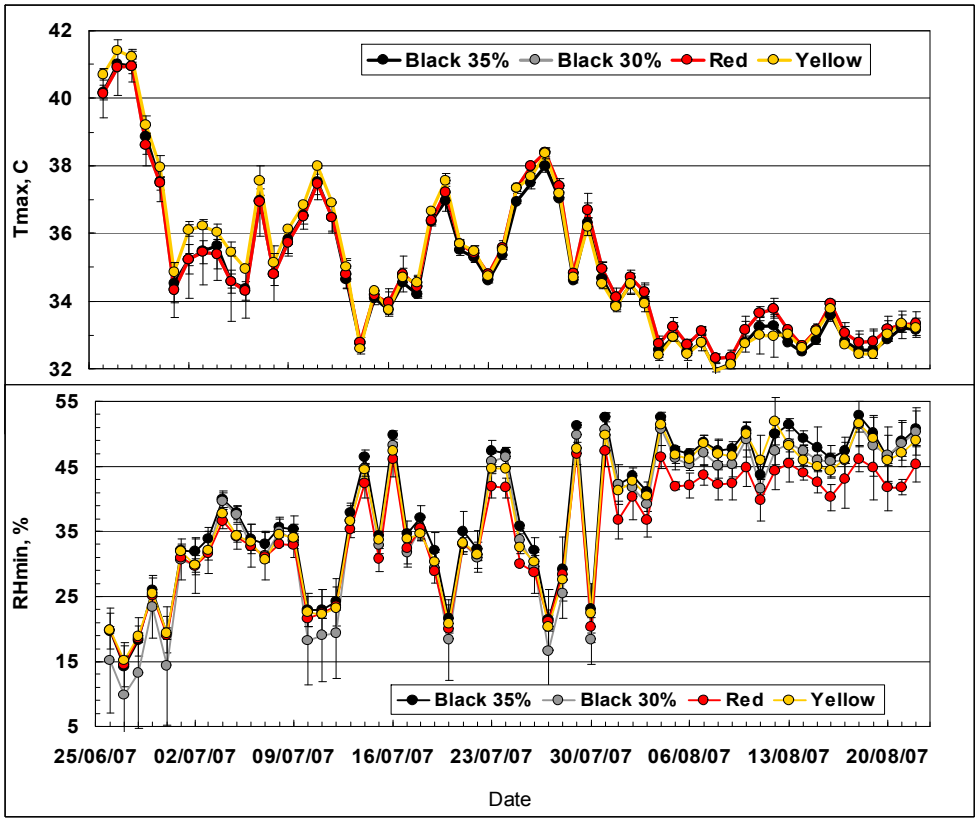
נספח 1. מערך הרשתות בבית הרשת של החלק הגידולי, ומראה תוך בית הרשת ביוני ובנובמבר 2007.



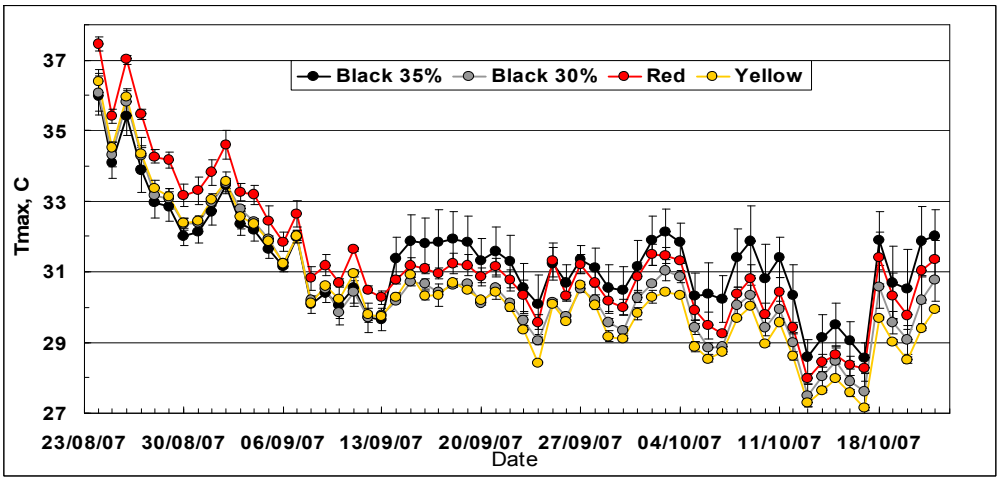
נספח 2. מערך מנהרות הרשת והמראה בשטח, 2007.



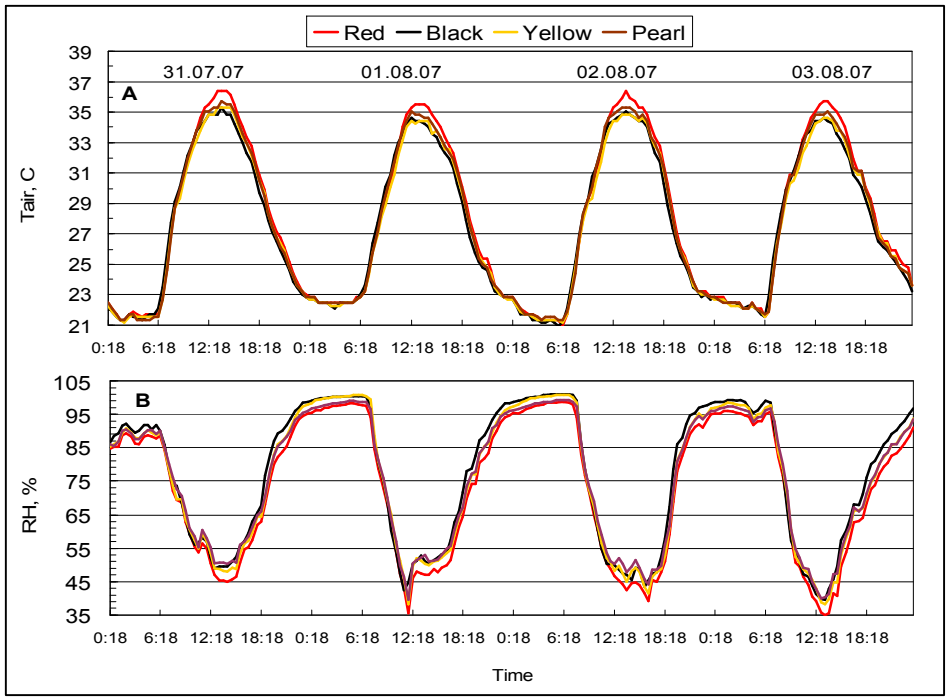
נספח 3 . ספקטרה של החזר אור השמש משטח פני הרשתות (A), ושל התכולה של אור המפוזר יחסית לכלל האור מתחת לכל רשת (B). החזר האור נמדד בעזרת ספקטרומטר Ocean Optics כאשר פני הסנסור מופנים כלפי יחידות רשת (1X1 מ') שהונחו אופקית מעל בד שחור, במרחק וזוית קבועים. הוא מבוטא כחלק היחסי מכלל האור שהגיע את הרשת (מדידה עם סנסור כלפי השמש) בכל אורך גל. החלק היחסי של האור המפוזר (B) נמדד במרחק של 1.5 מ' מתחת לכל רשת, כאשר הסנסור מכוון במקביל לקרני השמש, עם (למדידת אור מפוזר) ובלי (אור מלא) דיסק החוסם את הקרינה הישירה מפני הסנסור. נמדד בעזרת LiCor 1800.



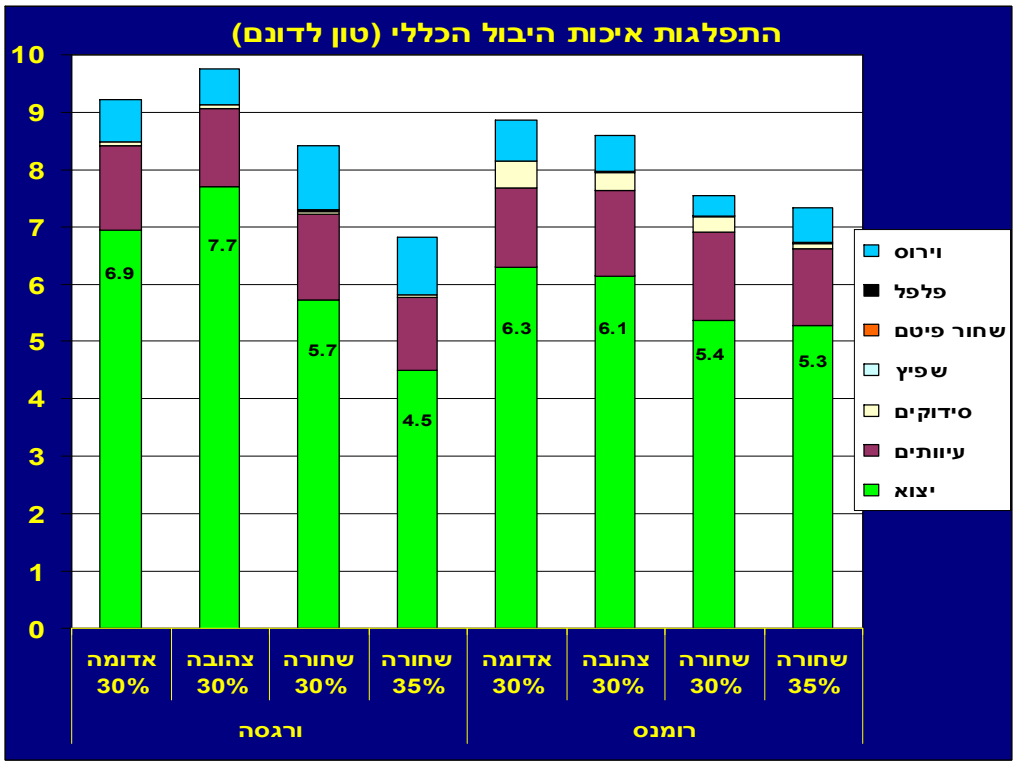
נספח 4: טמפ' מכסימום יומית (למעלה) ולחות יחסית מינימלית (למטה) בקרבת הנוף תחת הרשתות השונות בבית הרשת בתחילת העונה (יוני-אוג' 07). כל נקודה היא ממוצע של 3 הובואים.



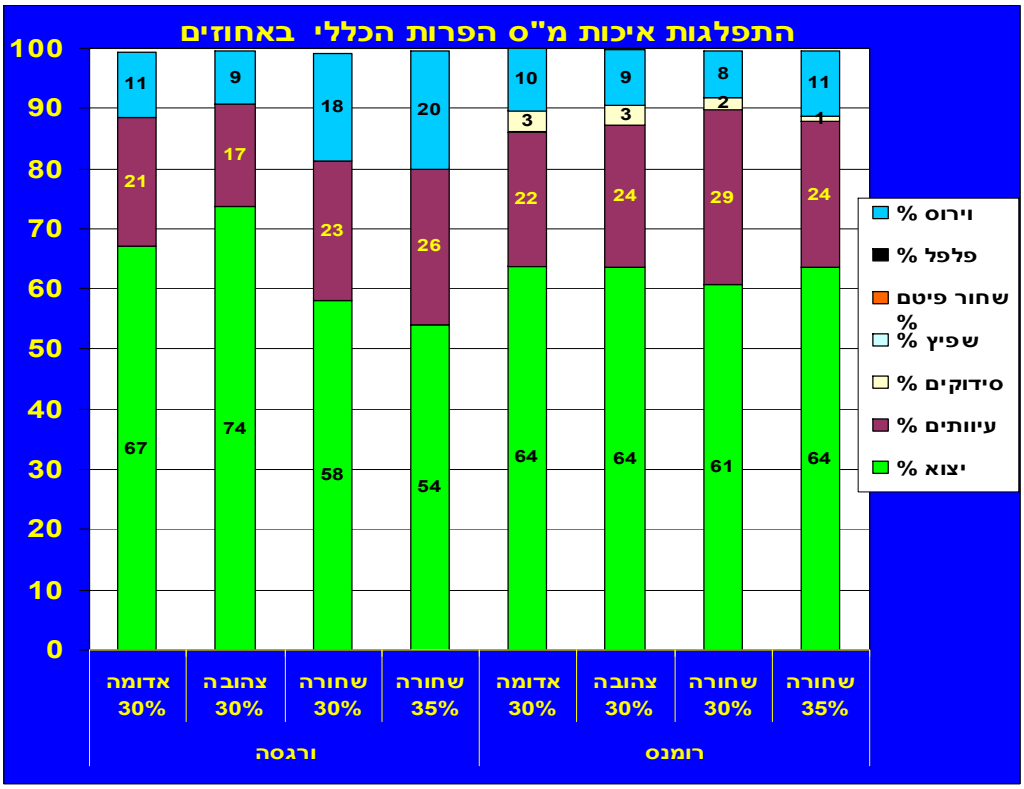
נספח 5. טמפ' מכסימום יומית בבית הרשת בתקופת אוג'-אוקט' 2007.



נספח 6. רישום רציף של טמפ' אויר (A) ולחות יחסית (B) במינהרות הרשת ב-31.7.07-3.8.07. ממוצעי 3 יחידות הובו לטיפול. הנתונים נאגרו כל 20 דקות.



נספח 7. התפלגות היבול (טון לדונם) של כל עונת 2007 בבית הרשת על פי מדדי האיכות\פגמים השונים.



נספח 8. התפלגות היבול (באחוזים מכלל היבול) של עונת 2007 בבית הרשת על פי מדדי האיכות\פגמים השונים.