

862

2004-2006

תקופת המחקר:

203-0459-06

קוד מחקר:

Subject: ASSESSMENT OF THE COLORED-NET TECHNOLOGY FOR IMPROVED PRODUCTIVITY AND FRUIT QUALITY IN APPLE

Principal investigator: YOSEPHA SHAHAK

Cooperative investigator: Yael GRINBLAT, ISRAEL DORON, AMOS NAOR, RRAEL STREN, SECKER ITZHAK, YUVAL COHEN, EUGENE GUSSAKOVSKI, SHLOMI KFIR

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

שם המחקר: בחינת טכנולוגיית הרשתות הצבעוניות לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בתפוח

חוקר ראשי: יוספה שחק

חוקרים שותפים: יעל גרינבלט, ישראל דורון, עמוס נאור, רפאל שטרן, יצחק סקר-אסקירה, יובל כהן, יבגני גוסקובסקי, שלומי כפיר

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

תקציר

המחקר עסק בכיסוי מטעי תפוח ברשת והשפעת תכונות הרשת ואופי סינון קרינת השמש על תפקוד המטע.

מטרת המחקר: לימוד ההשפעה של סינון מכוון של אור השמש, תוך שינוי הרכבו בעזרת רשתות צבעוניות נמוכות הצללה, על הפיזיולוגיה של עץ התפוח והתפקוד ארוך הטווח של המטע. זאת, תוך הבחנה בין ההשפעות התלויות בתכונות הכרומטיות-אופטיות הספציפיות של הרשת, לבין אלה הנובעות מעצם ההגנה הפיזית ע"י הרשת. המטרות היישומיות כללו איתור הרשת המיטבית לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בקטיף ובאחסון, הפחתת מכות שמש ונזקים חיצוניים אחרים בפרי, יצירת מיקרואקלים נוח יותר לעץ וסביבתו, שיפור מאזן המים בעץ וחסכון בהשקיה, הארכת חיי המטע, וביסוס נתונים לתחשיב כדאיות כלכלית.

מערך המחקר

במטע מסחרי בברעם נבחנו מאז 2002 רשתות צבעוניות מפזרות אור (אדומה, כחולה, אפורה, פנינה וצהובה ברמת הצללה התחלתית של 30%, וכן לבנה 15%), בהשוואה לרשת שחורה אשר איננה מפזרת אור ואיננה משנה את הרכבו הספקטראלי, ובהשוואה למטע הקונבנציונלי החשוף. הרשתות הצבעוניות פותחו ביחד עם חברת פולישק. המבנה גבוה, אופקי ופתוח בצדדיו. הכיסוי ברשת היה עונתי - החל מתחילת חנטה, ועד נובמבר. נבחנו שני זנים: סטארקינג (טופרד) וזהוב (סמוטי). המדידות כללו תאורה ומיקרואקלים, פעילות עלווה, פוטנציאל מים בגזע, צימוח וגטטיבי, פריחה, חנטה, פעילות דבורים, התפתחות הפרי (גודל, צבע, נזקים), נתוני קטיף ומיון, ואיכות פרי בקטיף ולאחר אחסון ממושך.

עיקרי התוצאות:

על בסיס המחקר הרב-שנתי ניתן לסכם מכלול משמעותי של יתרונות לכיסוי מטע תפוח ברשת:

- הגנה מפני פגעי אקלים: ברד, שרב אביבי, רוחות, מיתון תנודות יומיות קיצוניות. לכל אלה, ובמיוחד להגנה מרוח יש השלכות חיוביות על המיקרואקלים במטע, צריכת המים, ואיכות הפרי.
- שיפור גודל, איכות ויבול הם התועלות הדרמטיות ביותר מהרשת. זה בלט במיוחד בזהוב. על בסיס רב-שנתי התקבל ברשתות המצטיינות יותר יבול של פרי גדול ואיכותי, לעומת הביקורת ללא רשת.

- נמצאו הבדלים משמעותיים בין הרשתות השונות. רשת הפנינה, שהיא מפזרת האור הטובה ביותר בין הרשתות שנבדקו, הצטיינה לעומת שאר הרשתות במכלול של היבטים (הגנה מעקות, גודל פרי, יבול, איכות), והביאה בזהוב לתוספת של 1.5-2 טון לדונם לשנה ביבול הכללי וביבול של פרי גדול ואיכותי לעומת הביקורת החשופה. האדומה הסתמנה כ-2nd best בהיבטי פוריות, יבול וגודל בזהוב, ואילו השחורה, אשר איננה מפזרת אור, היתה הפחות מוצלחת מכל הרשתות, ואף גרמה לפרי קטן יותר ולהפחתת יבול לעומת הביקורת ללא רשת.
- נמצאה הגנה מצוינת מפני מכות שמש: מניעה כמעט מלאה של מכות שמש בשני הזנים ע"י רשתות של 30% הצללה; הפחתה חלקית ברשת 15%.
- לא מצאנו השלכות שליליות בהקשר הגה"צ או פעילות הדבורים המאביקות.
- הצימוח ונפח הנוף הוגברו ע"י הכיסוי ברשת, אך באופן מוגבל ובר תיקון.

מסקנות:

כיסוי נכון של מטע התפוח ברשת מביא למכלול של יתרונות: הקלה של עקות חום ויובש, שיפור ההטמעה, שיפור תנטה, שיפור גודל הפרי ואיכות חיצונית, מניעת מכות שמש. לאופן סינון הקרינה ע"י הרשת יש חשיבות רבה. לרשתות מפזרות האור (אלה המגבירות את מרכיב האור הדיפוזי במטע) יש יתרון על פני רשת שאינה מפזרת. מבחינת ההרכב הספקטראלי של האור המפוזר, הסתמן יתרון להעשרה באדום ו-FR יחסית לכחול ו-UV.

הוחל כבר ביישום מסחרי של תוצאות המחקר, אך במקביל מומלץ להמשיך במחקר ופיתוח בכיוונים הבאים: התאמת הטכנולוגיה לזנים שונים, אופטימיזציה ההשקיה תחת הרשת, גיזום ועיצוב בעץ, הגה"צ, הוזלת מבנה בית הרשת, פיתוח טכנולוגיה ידידותית לפריסה וגלילה עונתיים של הרשת, והמשך שיפור תכונות הרשת.

המחקר עסק בכיסוי מטעי תפוח ברשת והשפעת תכונות הרשת ואופי סינון קרינת השמש על תיפקוד המטע. מטרת המחקר: לימוד ההשפעה של סינון מכוון של אור השמש, תוך שינוי הרכבו בעזרת רשתות צבעוניות נמוכות הצללה, על הפיזיולוגיה של עץ התפוח והתפקוד ארוך הטווח של המטע. זאת, תוך הבחנה בין ההשפעות התלויות בתכונות הכרומטיות-אופטיות הספציפיות של הרשת, לבין אלה הנובעות מעצם ההגנה הפיזית ע"י הרשת. המטרות היישומיות כללו איתור הרשת המיטבית לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בקטיף ובאחסון, הפחתת מכות שמש ונזקים חיצוניים אחרים בפרי, יצירת מיקרואקלים נוח יותר לעץ וסביבתו, שיפור מאזן המים בעץ וחسכון בהשקיה, הארכת חיי המטע, וביסוס נתונים לתחשיב כדאיות כלכלית.

רשימת פרסומים

- 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. Proc. XXVI International Hort. Congress - Deciduous Fruit and Nut Trees (Webster, A.D., ed.) 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. Proc. 7th International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition (Cantliffe, D.J., Stoffela, P.J. and Shaw, N.L., eds.) Acta Hort. 659 (1): 143-151.

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., Ratner, K., Giller, Y.E., Zur, N. Or, E., Gussakovsky, E.E., Stern, R., Sarig, P., Raban, E., Harcavi, E., Doron, I. and Greenblat-Avron, Y. (2007) Improving solar energy utilization, production and fruit quality in orchards and vineyards by photoselective netting. Acta Hort., in press.

י. שחק, 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) 361-364.

י. שחק, ר. שטרן, י. גוסקובסקי, י. כהן, ש. כפיר, ע. נאור, י. דורון, י. גרינבלט-אברון, י. סקר (2004) בחינת טכנולוגית הרשתות הצבעוניות לשיפור האיכות והיבול בתפוח. דוח מסכם של מחקר הקדמי לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות.

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

ו. רשימת ספרות

Naor, A. (1998) Relationships between leaf and stem water potentials and stomatal conductance in three field-grown woody species. J. Hort. Sci. Bioch. 73: 431-436.

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.

שחק, י. (2003א) רשתות ציבעוניות: גישה טכנולוגית חדשה בחקלאות. עלון הנוטע, כרך 57 (חוברת שנה נ"ז שבט-אדר תשס"ג) פברואר: 81-84.

שחק, י. (2003ב) לגדל תפוחים תחת רשת צבעונית. סיכום שנת המחקר הראשונה. יבול שיא. מוסף לחקלאות מתקדמת. גליון 4 (ספטמבר) עמ' 26.

שחק, י., א. רבן, פ. סריג, א. אור, ס. לוריא, י. גוסקובסקי, ב. צ'לדיקס, ג. יבלונקה, ע. הרכבי, א. סטרומזה (2005) בחינת רשתות צבעוניות להבכרה ושיפור איכות ענבי מאכל. דוח מסכם למדען

הראשי של משרד החקלאות.

שחק, י. ק. רטנר, נ. צור, א. יורצקי, ר. גולן, ס. שייחט, ע. בר-און, ב. צילדקס, א. רבן (2007) כיסוי ענבי מאכל מזן 'SBS' ברשת: סיכום תוצאות המודל בעידן. עלון הנוטע 61 (מאי): 26-32.

ז. פרסומים מהמחקר הנוכחי

פרסומים בכתב

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. Proc. XXVI International Hort. Congress - Deciduous Fruit and Nut Trees (Webster, A.D., ed.) 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. Proc. 7th International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition (Cantliffe, D.J., Stoffela, P.J. and Shaw, N.L., eds.) Acta Hort. 659 (1): 143-151.

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., Ratner, K., Giller, Y.E., Zur, N. Or, E., Gussakovsky, E.E., Stern, R., Sarig, P., Raban, E., Harcavi, E., Doron, I. and Greenblat-Avron, Y. (2007). Improving solar energy utilization, production and fruit quality in orchards and vineyards by photoselective netting. Acta Hort., submitted.

י. שחק, 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) 361-364.

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

פרסומים בעל פה

• הרצאה בכנס ISHS על גידולים מוגנים באקלים של חורף מתון, קיסימי, פלורידה, מרץ

2004.

- הרצאה בכנס הבינלאומי להורטיקולטורה IHC2006, סיאול, קוריאה 08/06.
- הרצאות במכון למדעי החיים באוני' העברית גבעת רם 26/12/04, אוני' בן גוריון 23/05/06, הפקולטה לחקלאות 22/01/07,
- הרצאות בימי עיון למגדלי נשירים בראש פינה : 15/02/05, 31/01/06, 23/01/07
- הרצאה בסימפוזיון על גידולים חסויים באקלים ים תיכוני במסגרת אגרו-משוב, 1.3.2006
- קורס סינדקו למשתלמי חו"ל, 26/11/06

בחינת טכנולוגית הרשתות הצבעוניות לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בתפוח

Assessment of the Colored-Net Technology for Improving Productivity and Fruit Quality in Apples

מוגש לקרן המדע הראשי במשרד החקלאות ולמועצת הצמחים – ענף מטעים

ע"י

המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	יוספה שחק
מז"פ צפון	רפי שטרן
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	יובל כהן
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	יבגני גוסקובסקי
מז"פ צפון	עמוס נאור
מז"פ צפון	שלומי כפיר
ממ"ד נשירים-גרעיניים, שה"מ	ישראל דורון
מדריכת נשירים, שה"מ	יעל גרינבלט-אברון
אגף מיכון וטכנולוגיה, שה"מ	יצחק סקר-אסקירה
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	קירה רטנר
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	נפתלי צור
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	רעיה קורצנינסקי
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	עודד דגני

Yosepha Shahak, Fruit-Tree Horticulture, ARO, Bet-Dagan 50250. E-mail: shahaky@agri.gov.il

Raffi Stern, Mop-Zafon, MIGAL Bldg., Kiryat Shmona, P.O.Box 90000, Rosh Pina 12100. E-mail:

Yuval Cohen, Fruit-Tree Horticulture, ARO, Bet-Dagan 50250. E-mail: vhyuvalc@volcani.agri.gov.il

Eugene E. Gussakovsky, Fruit-Tree Horticulture, ARO, Bet-Dagan 50250. E-mail: gussak@agri.gov.il

Amos Naor, Mop-Zafon, MIGAL Bldg., Kiryat Shmona, P.O.Box 90000, Rosh Pina 12100. E-mail: amosnaor@research.haifa.ac.il

Shlomi Kfir, MIGAL Bldg., Kiryat Shmona, P.O.Box 90000, Rosh Pina 12100. E-mail: kfir@manara.co.il

Israel Doron, Extension Service (Shaham), Ministry of Agriculture, Bet-Dagan 50250. E-mail: isrdor@shaham.moag.gov.il

Yael Greenblat-Avron, Extension Service (Shaham), Ministry of Agriculture, Bet-Dagan 50250. E-mail: yael_gr@shaham.moag.gov.il

Itzhak Esqira, Dept. of Mechanization & Technology, Extension Service (Shaham), Ministry of Agriculture, Bet-Dagan 50250. E-mail: iseker@shaham.moag.gov.il

מאי 2007

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים אינם מהווים המלצות למגדלים


חתימת החוקרת הראשית

מרבית זני התפוח המסחריים בישראל מותאמים לגידול בארצות ממוזגות, אשר ישראל מהווה את גבול תפוצתם הדרומי. היבול הנמוך ובעיות הצבע נובעים, בחלקם, מתנאי אקלים שאינם אופטימליים: טמפרטורות גבוהות בקיץ ובסתיו, העדר מנות קור בחורף ועקות חום באביב. אלה משפיעים על ההתעוררות, חיוניות הפרחים, נשירה, והתפתחות הפרי. בנוסף על כך, עצמת הקרינה בארץ לרוב אינה אופטימלית. מצד אחד חלקי העלווה והפרי החיצוניים חשופים לנזקים הנובעים מעודפי קרינה (אור וחום). מצד שני בחובו של הנוף עצמת האור היא גורם מגביל, שכן עיקר הקרינה בארץ היא קרינה ישירה אשר נבלעת ע"י העלווה החיצונית ואינה חוזרת ביעילות לתוך הנוף. צפי שהפיכת הקרינה הישירה לדיפוזית תשפר. בנוסף, מרבית התהליכים הפיזיולוגיים מושפעים, כ"א באופן שונה, ע"י תחומים שונים של ספקטרום האור. לפיכך, שינוי מכוון של ספקטרום האור יכול לזרז או לעכב תהליכים עליהם אנו רוצים להשפיע. טכנולוגית הרשתות הצבעוניות היא טכנולוגיה חדשה בחקלאות, והיא פיתוח ישראלי מקורי. הרעיון הבסיסי שלנו היה לייצר רשתות בעלות תכונות ספקטרליות ופיזור אור כאלה שישרו ספציפית תגובות פיזיולוגיות בעלות יתרונות כלכליים לגידול המכוסה, ובנוסף ישמשו להגנה פיזיקלית מפני פגעי טבע ולשיפור המיקרואקלים. פיתוח הרשתות נעשה על ידי חב' פולישק, בשיתוף פעולה איתנו, ותוך כדי התקדמות המחקר בעשור האחרון.

במחקר בחנו גישה של כסוי המטע ברשת אשר תשלב שלושה אלמנטים בו זמנית: סינון פוטוסלקטיבי של קרינת השמש אשר יעודד תגובות פיזיולוגיות בעלות יתרון חקלאי-כלכלי, ביחד עם שיפור המיקרואקלים והפחתת עקות סביבתיות, וביחד עם הגנה מפני פגעי טבע. כאן נבחנה הגישה לראשונה במטעי תפוח, גידול שעד תחילת המחקר לא היה נהוג לכסות אותו. תשתית המחקר הוקמה במסגרת ניסוי הקדמי שהיווה בדיקת התכונות. הדוח מתייחס לשלוש שנות תכנית המחקר המלאה, אך כולל גם נתוני יבול וצימוח מצטברים של 5 שנים (המחקר ההקדמי + המחקר הנוכחי).

מטרות המחקר כפי שהוגדרו בהצעת המחקר: המטרה הלימודית: הבנת ההשפעה של סינון מכוון של אור השמש תוך שינוי איכותו, בעזרת רשתות צבעוניות נמוכות הצללה, על הפיזיולוגיה של עץ התפוח (התמינות, חנטה, נשירה, התפתחות הפרי ודגם הצימוח) והתיפקוד ארוך הטווח של המטע. זאת, תוך כדי הבחנה בין ההשפעות התלויות בתכונות הכרומטיות-אופטיות הספציפיות של הרשת, לבין אלה הנובעות רק מעצם ההגנה הפיזית ע"י הרשת. מטרות יישומיות: (א) איתור הרשת המיטבית לשיפור הפוריות ואיכות הפרי (גודל, צבע ואיכות פנימית) בקטיפ ובאיחסון. (ב) הפחתת מכות שמש ונזקים חיצוניים אחרים בפרי. (ג) שיפור מאזן המים בעץ וחיסכון בהשקיה. (ד) יצירת מיקרואקלים נוח יותר לפעילות הדבורים המפרות. (ה) הארכת חיי המטע (אשר תיבחן ברבות השנים). (ו). גיבוש תחשיב כלכלי והמלצות למגדלים.

ב. מהלך ושיטות העבודה

הרכב בית הרשת

חלק א' נבנה ב-2002 וחלק ב' ב-2003. כל חלק מכסה 8 שורות (באורך 190 מ') שבמרכזן שתי שורות זהוב (סמוטי) ושתיים סטארקינג (טופרד) על כנת חשבי. בכל אחד מן החלקים 6 יחידות רשת שונות. כולן רשתות רפיה סרוגה מתוצרת פולישק בדרגת הצללה של 30% בתחום PAR, למעט הלבנה שהיא משולבת-מונופילמנט ב-15% הצללה התחלתית. בחלק א' (מצפון לדרום): שחורה (אשר באה החל מ-

2004 במקום הורדה 15% שכיסתה חלק זה בעונות 2002-3), כחולה, אדומה, לבנה-מונו, אפורה ופנינה. הרשתות כיסו זאת במשך 5 עונות ברציפות את אותם חלקי מטע, למעט השחורה (3 עונות ברציפות). בחלק ב' יצרנו ב-2003 חזרה שנייה ל-5 רשתות ה-30% (אפורה, שחורה, פנינה, אדומה וכחולה) והן כיסו משך 4 עונות רציפות את אותם חלקי מטע. רשת ניסיונית אחת (אדומפנינה) נוסתה ב-2003 מתוך מחשבה שהיא תשלב בהשפעתה את שתי הרשתות המצטיינות עד אז – הפנינה והאדומה. היא לא הניבה תוצאות ייחודיות, ולפיכך החלפנו אותה ברשת חדשה אחרת שפותחה במהלך המחקרים שלנו – רשת צהובה 30%, אשר הניבה תגובות ייחודיות במספר גידולים אחרים (גפן מאכל, צמחי נוי ועוד, ר' שחק וח' ברשימת הספרות). סדר הרשתות בחלק ב' ב-2004-5-6 (מצפון לדרום): אפורה, שחורה, צהובה, פנינה, כחולה ואדומה. שלוש ביקורות ללא רשת: בקורת דרום ממוקמת מדרום לחלק א', בקורת צפון מערב ובקורת דרום מערב ממוקמות ממערב לחלק א' (ר' נספח).

פריסת הרשתות: ככלל, פרסנו את הרשתות מדי שנה בסמוך לסיום הפריחה (סוף אפריל – תחילת מאי), וגללנו הצידה בסוף אוקטובר – תחילת נובמבר. זאת, למעט ניסיון חד פעמי של כיסוי לפני פריחה ב-2005 בשלוש רשתות של חלקה ב' (פנינה, אדומה וכחולה) לבחינת שאלת ההשפעה על פעילות הדבורים.

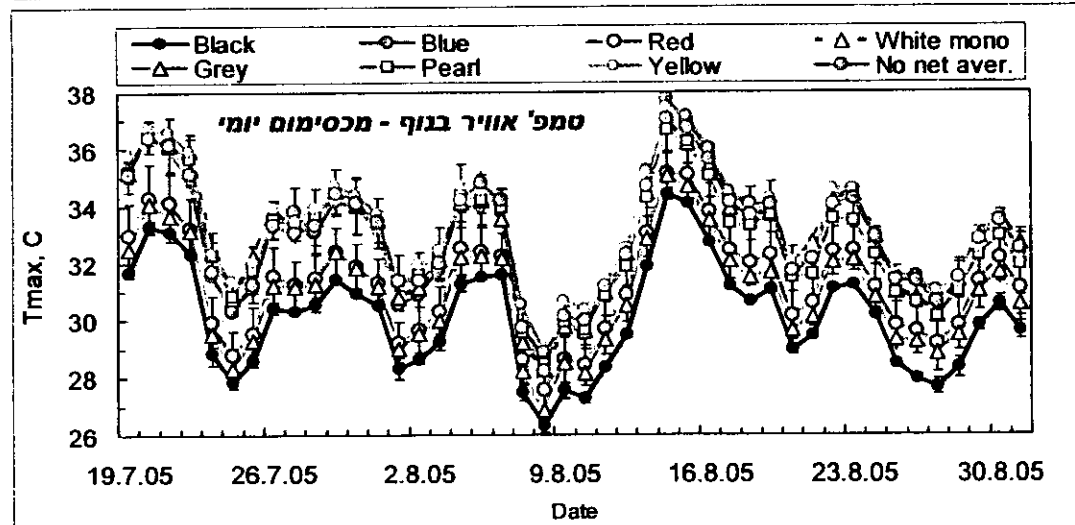
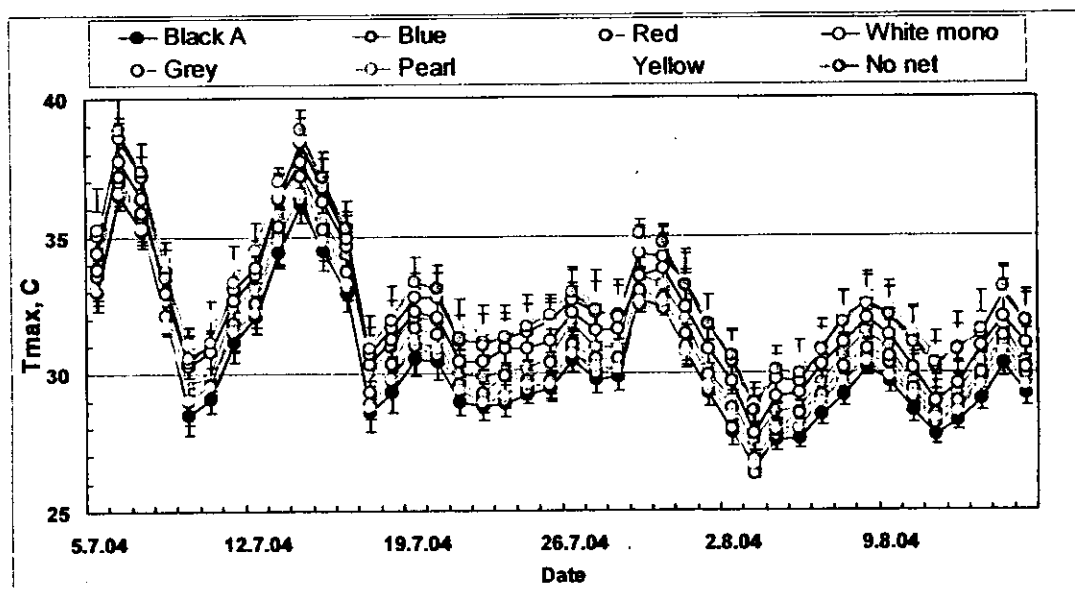
ג. תוצאות

ג.1. טמפרטורת אוויר תחת הרשתות

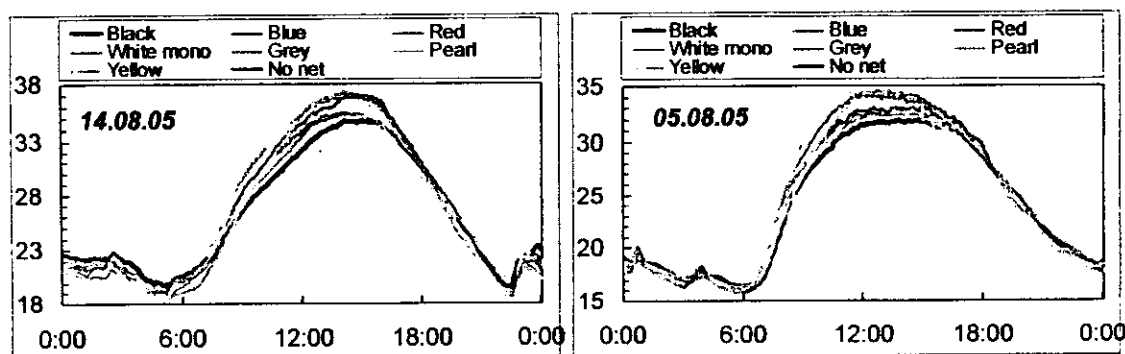
כללית, במרבית העונה טמפרטורות המכסימום היומיות, כפי שנמדדו במרכז טוף העץ, היו נמוכות מן הביקורת (הפרש של 1.5-2.5 מ"צ, איור 1). במקביל, הלחות היחסית הייתה גבוהה בכ- 5-8% יותר תחת הרשתות. בטמפי' המינימום היומית לא נמצאה שונות בין הרשתות לביקורת. מבין הרשתות, טמפי' המכסימום שנמדדו בעצים שתחת השחורה, האפורה, האדומה והפנינה היו בדי"כ נמוכות יותר מאשר תחת הצהובה, הכחולה, והלבנה 15%. בנוסף על ערכי המכסימום היומיים עצמם, יש להתייחס גם לקצב ההתחממות, אשר הוא מהיר יותר בביקורת יחסית לרשתות, גם ברשתות שלא נבדלו בטמפי' המכסימום מהביקורת (איור 2). חשוב לזכור כי הטמפרטורות שנמדדו כאן הן תוצאה משולבת של ההשפעה הישירה של הרשת על המיקרואקלים, ביחד עם השפעה עקיפה דרך גודל וצפיפות הנוף שבתוכו נתלו ההובואים.

ג.2. טמפרטורת העלווה והפרי תחת הרשתות

בצילום עצי הזזהוב הניסיוניים בעזרת מצלמה תרמית הבחנו בהבדלים בין העצים תחת הרשתות לעומת הביקורת, אך לא בין הרשתות, במגבלת הרזולוציה של המצלמה. איור 3 מדגים צילום עץ מייצג תחת רשת לעומת עץ ביקורת. ניתן, בעיקרון, להבחין בשלושה מרכיבים תרמיים: העלווה, השלד והפירות. הפרי מופיע בצבעים הבהירים ביותר (כלומר טמפי' גבוהה ביותר), שכן אין לו יכולת צינון עצמית. לעומת זאת העלווה, אשר מצננת את עצמה בתהליך הטרנספירציה, נראית בצבעים כהים יותר. הענפים, גם אלה שלא ניתן להבחין בהם בתמונה הרגילה, נראים היטב בתצלום התרמי שכן הטמפי' שלהם גבוהה מן העלווה. בהשוואה בין עץ מכוסה לעץ חשוף ניתן לראות, כי הצבעים של כל שלושת המרכיבים כהים יותר (B3), לעומת הביקורת (A3). הן העלווה והן הפרי חמים יותר בעץ הביקורת.

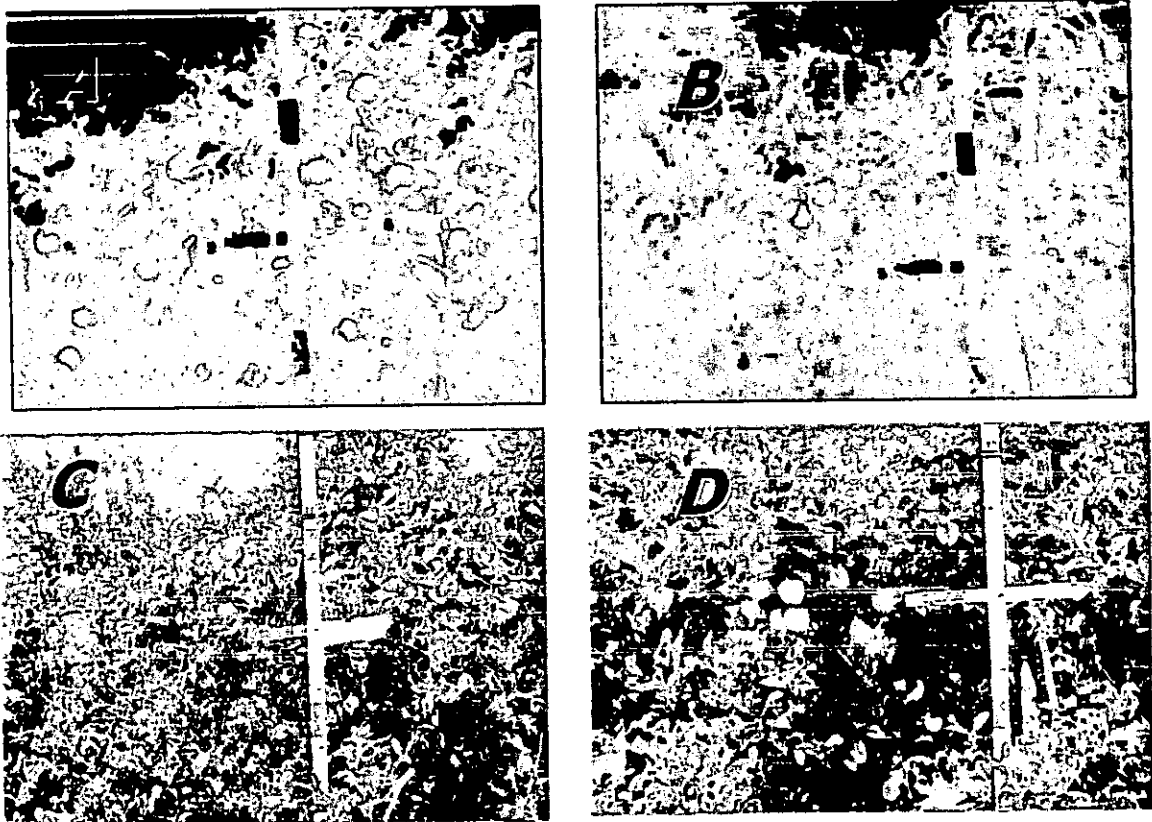


איור 1. טמפרטורות מכסימום יומיות בנף העץ תחת הרשתות ובביקורת, ביולי-אוגוסט 2004 ו-2005. ממוצע 3 יחידות חבו לטיפול. החובואים נתלו בגובה 1.5 מ' מהקרקע, בתוך נוף העץ.



איור 2. עקום יומי של טמפ' האוויר בנף תחת הרשתות והביקורת ביום של טמפ' ממוצעת לעונה (5.8.05) וביום חם מהממוצע (14.8.05). כל עקום הוא ממוצע של 3 יחידות חבו לטיפול.

Temp. range: <- 24 26 28 30 32 34 -> °C



איור 3. תצלום תרמי של טף עץ טיטסי תחת הרשת האטורה ועץ בקורת ללא רשת (A ו-B, בהתאמה) במקביל לתצלום רגיל (C ו-D, בהתאמה). הצילום התרמי נעשה ב-14.8.04 בהנחיית ויקטור אלחנתי.

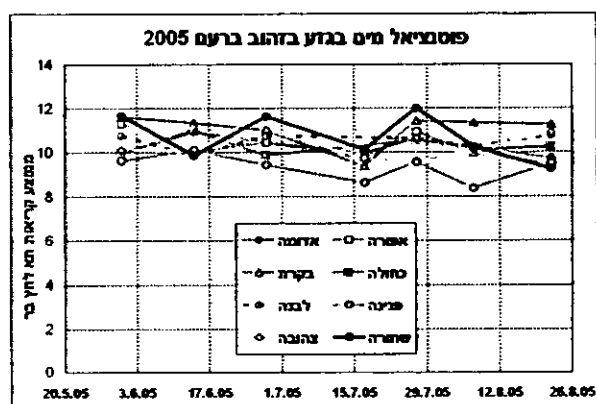
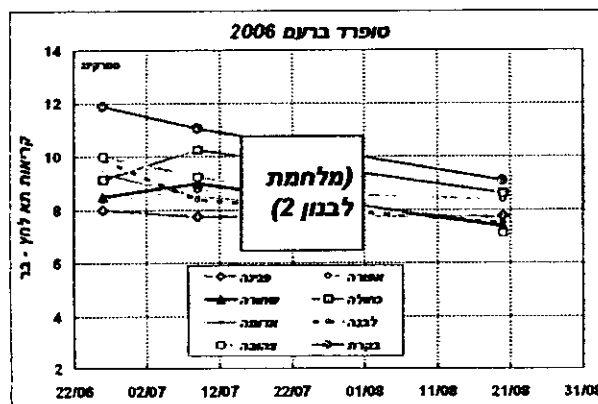
ממדידות טמפרטורת הפרי שנעשו בעזרת אסדח IR ניתן לראות כי הרשתות מפחיתות את טמפרטורת סליפת הפרי באופן ניכר ומובהק (טבלה 1). עיקר ההשפעה היא על הפרי החשוף לשמש: הפחתה של כ-5-6 מ"צ לעומת הביקורת. זה בשעות הבוקר. והוא אחה"צ. ההפרשים בין פירות מוצלים בביקורת לעומת הרשתות היה זניחים. ההבדלים. לכאורה. בין הרשתות השונות בשעות הבוקר נובעים מהשתנות טמפרטורות הסביבה בשעות הבוקר. ואכו. במדידות של אחה"צ טמפי הפרי ברשתות השחורה. כחולה. אפורה ופנינה לא נבדלו זה מזה. באדומה ובלבנה טמפי הפרי היתה גבוהה יותר. אך עדיין נמוכה באופן מובהק מהביקורת. התוצאות עומדות בהתאמה ליעילותן של הרשתות במניעת מכות שמש.

3.3. פוטנציאל המים בגזע

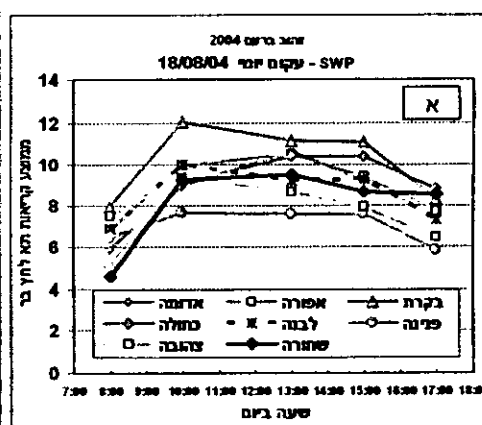
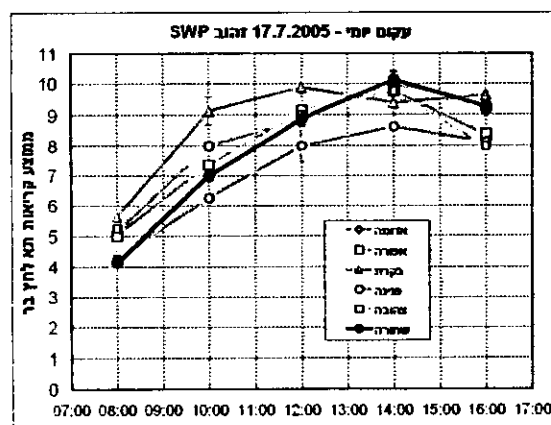
פוטנציאל המים בגזע (SWP) הוא מדד טוב למצב המים בעץ ולמידת עסת היובש היומית אליה נחשף העץ (Naor 1998). עקרונית. בכל עונות המחקר נמדדו תחת הרשתות ערכים נמוכים ב-1-3 אטמוספרות מו הביקורת. דבר המעיד על עסה מופחתת. זה היה נכון גם בשנות המחקר ההקדמי בהו בביקורת הערכים היו גבוהים מהמסובל עסב השקיה לא מיטבית. וגם כאשר בביקורת הערכים נעו בין 10-12 אטמ. כמסובל בתפוח. הפנינה בלטה בערכים נמוכים משאר הרשתות באופן קונסיסטנטי. ברשת השחורה נמדדו לעיתים ערכים גבוהים מו הביקורת. (איור 4). ההבדלים בלטו במיוחד במחצית הראשונה של היום (איור 5).

טבלה 1. טמפרטורת הפרי החשוף והמוצל בשעת בוקר ואחר הצהריים. המדידות נעשו בעזרת אקדח IR Datalogging/Printing IR Thermometer מודל 9811 מתוצרת AZ במרחק קבוע (20 ס"מ) מפני הפרי. נמדדו 10 פירות חשופים (2 פירות לעץ ב-5 עצים) ו-10 בצד המוצל של העץ. סדר המדידה החל מן הרשת השחורה כמופיע בטבלה, בכי"א פרי חשוף ופרי מוצל בזה אחר זה. אותיות שונות מעידות על מובהקות ררחה של $P < 0.05$

רשת	טמפרטורת קליפת הפרי (מ"צ)			
	בוקר (8:50 – 9:30)		אחה"צ (14:10 – 15:00)	
	פרי חשוף	פרי מוצל	פרי חשוף	פרי מוצל
שחורה	26.5 a	18.5 ab	32.3 a	28.8 ab
כחולה	28.3 bc	18.2 a	31.3 a	29.2 b
אדומה	28.6 bc	18.9 bc	34.6 b	28.7 ab
לבנה	30.0 cd	19.7 d	34.4 b	30.1 cd
אפורה	30.1 d	19.5 cd	32.6 a	28.3 a
פנינה	27.9 b	20.6 e	32.3 a	28.8 ab
צהובה	29.6 d	20.8 e	33.0 ab	29.9 c
ביקורת דרום	34.2 e	18.9 abc	38.8 c	30.2 cd
ביקורת מערב	36.0 e	22.8 f	38.5 c	30.4 cd



איור 4. פוטנציאל המים בגזע לאורך העונה תחת הרשתות ובביקורת בון זהוב-סמוטי (2005) וטופוד (2006). כל המדידות נעשו בצהריים בעזרת תא לחץ. כשעתיים לאחר החשכת עלי המדידה. לפרטי מדידה ר' דוח 2004. בתקופת מלחמת לבנון לא בוצעו מדידות עקב הסירבה לגבול.



איור 5. פוטנציאל מים בגזע: הדגמת עקום יומי בזהב כפי שנמדד ב-17.7.05 וב-18.8.04

4.2. פוטוסינתזה

מדידות ההשתנות היומית של קצבי ההטמעה והטרנספירציה בעלים חשופים נמדדו מספר פעמים בעונה. אך לא הניבו תוצאות חד-משמעיות (רי' דוחות שנים קודמות). בחלק מימי המדידות מצאנו עליה בקצב ההטמעה והטרנספירציה תחת חלק מן הרשתות לעומת הביקורת, אך במדידות אחרות התמונה לא היתה חד משמעית. אנו מניחים שזה נובע ממיגבלות השיטה של מדידת עלים בודדים, מהשונויות בתוך הנוף, ומתנאי הסביבה המשתנים. נראה כי לימוד השפעת הכיסוי והסינון הפוטוסלקטיבי על ההטמעה דורש מערכת למדידות ברמת העץ השלם, אשר איננה קיימת בארץ, והעמקה מעבר למסגרת המחקר הנוכחי.

5.2. צימוח וגטטיבי

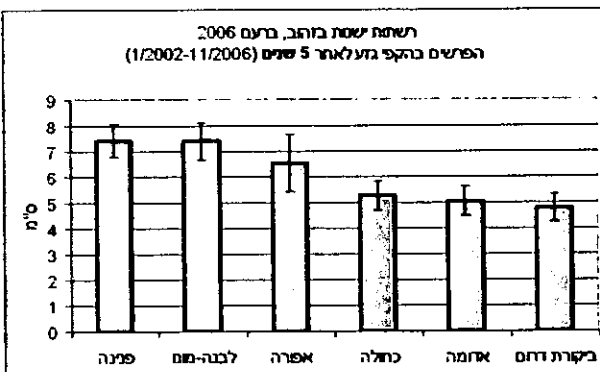
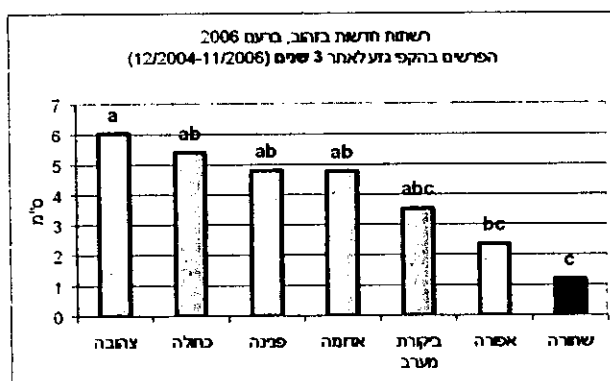
אחד החששות מהכיסוי ברשת היה השראת צימוח יתר. ואכן, בעין נראה נוף מפותח יותר תחת הרשתות. עקבנו אחר שני מדדים. משקל הגזם כמדד לצימוח החלק העצי של נוף העץ, והיקף הגזע המעיד על מאגר מוטמעים רב-שנתי בבסיס העץ.

עפ"י משקל הגזם המצטבר, כפי שנמדד ב-3 שנות המחקר הראשונות, נראה כי בזהוב, שהוא יותר פורה ופחות וגטטיבי, יש נטייה להגברת צימוח תחת הרשתות, אך ללא מובהקת סטטיסטית (טבלה 1). במקביל, התרחבות הגזע בעצי הזהוב תחת רשתות הפנינה והלבנה הייתה רבה יותר באופן מובהק לעומת הביקורת. בשאר הרשתות ניכרה מגמה דומה, אך פחותה מן הפנינה והלבנה וללא מובהקות לעומת הביקורת. הטופרד הוא יותר וגטטיבי ופחות פורה מן הזהוב. בשתיים מתוך 3 שנות המדידה יכול הטופרד היה נמוך במיוחד. זה ניכר בהשוואת הביקורות ללא רשת בין שני הזנים (טבלה 1). משקל הגזם בטופרד לא עלה תחת הרשתות, למעט בפנינה. במדד היקף הגזע התחיל להסתמן השנה יתרון ברשתות הפנינה והלבנה בהשוואה לביקורת, אך הוא עדיין לא מובהק סטטיסטית.

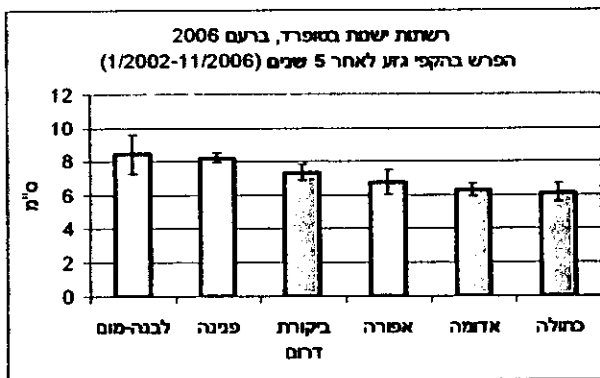
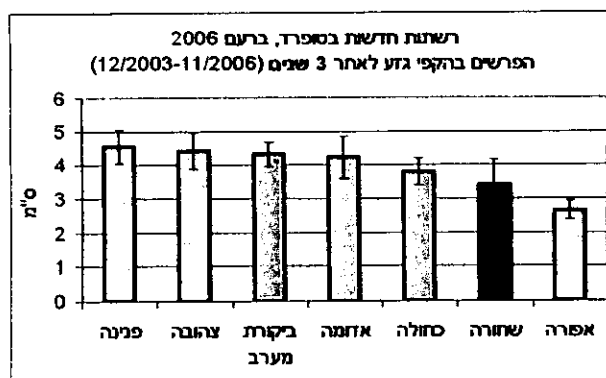
היקף הגזע: התוצאות המצטברות במשך 5 שנים במבנה א' ו-3 שנים במבנה ב' הראו גם הן מגמה של צימוח מוגבר של הגזע במרבית הרשתות, למעט השחורה והאפורה. עם זאת, ההבדלים בין הביקורות לרשתות בשני הזנים לא היו מובהקים סטטיסטית (איורים 6,7). נראה כי החשש להפרת האיזון ולצימוח פרוץ תחת הרשתות לא התממש. תוספת הצימוח המסוימת תחת הרשתות עשויה להיות חיובית, במיוחד בזנים פוריים, שכן היא משפרת את הפלטפורמה ומאפשרת לעצים לשאת יותר פרי ויותר גדול. ובכל מיקרה, ניתן לרסנו באמצעים אגרוטכניים מקובלים ולהתאימו לדרישות הזנים המכוסים.

טבלה 1. משקל גזם תלת-שנתי מצטבר (א) והתוספת בהיקף הגזע (ב) בטיפול חלק א' של בית הרשת בברעם. המדידות בוצעו ב-8 עצים לכל חזרה של כל טיפל, כפי שפורט בדוח שחק וח' 2003. הערכים בחלק ב' של הטבלה הם ההפרש בין קוטר הגזע שנמדד בנובמבר 04 לבין מדידת אפריל 02. אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמה של $P > 0.05$.

הרשת	א. משקל גזם מצטבר תלת שנתי (ק"ג לעץ)		ב. גידול היקף הגזע בשלוש עונות ראשונות (ס"מ)	
	זהוב	טופרד	זהוב	טופרד
בקורת דרום	6.8	12.4	2.78 c	4.34 a
אדומה 30%	8.5	12.1	3.34 bc	4.17 a
כחולה 30%	8.1	11.5	3.63 bc	4.03 a
אפורה 30%	9.7	10.4	4.61 abc	4.76 a
פנינה 30%	9.0	15.4	5.00 ab	5.47 a
לבנה 15%	8.9	10.5	5.71 a	5.67 a



איור 6. תוספת התיק הגזע המצטבר בזן זהוב במשך 5 שנים במבנה א' (ימין 6-2002) ו-3 שנים במבנה ב' (שמאל 6-2004). ההיקף נמדד בכל עצי הניסוי בנקודה קבועה בגזע אחת לשנה בחורף.



איור 7. תוספת התיק הגזע המצטבר בזן טופרד במשך 5 שנים במבנה א' (ימין 7-2002) ו-3 שנים במבנה ב' (שמאל). ההיקף נמדד בכל עצי הניסוי בנקודה קבועה בגזע אחת לשנה בחורף.

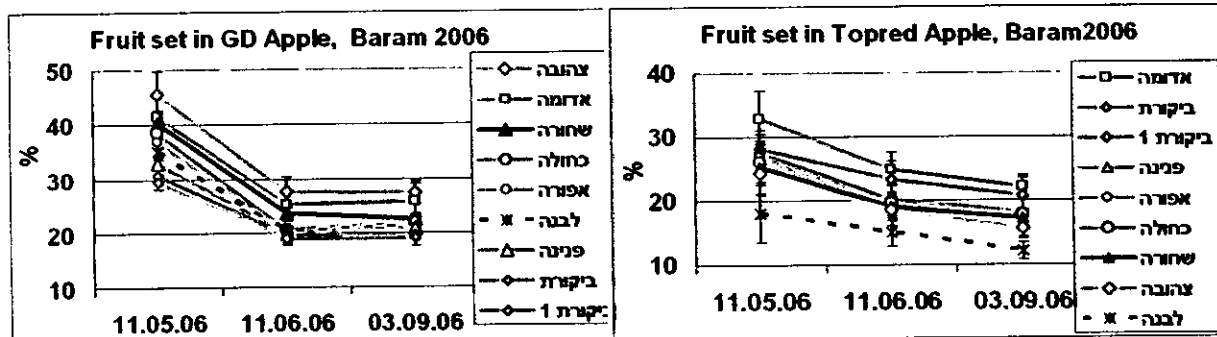
שלכת: כאן המקום להזכיר היבט נוסף, והוא השלכת. הבחנו במהלך שנות המחקר כי מועד השלכת תחת הרשתות מתאחר מדי שנה לעומת הביקורת בכ-2-3 שבועות. האומדן הויזואלי לא היה מדויק. הוא איפשר לראות הבדלים בין הרשתות לביקורת, אך לא בין הרשתות לבין עצמן. הארכת תקופת ההורקה של העלווה, כמו גם פעילות ההטמעה המשופרת במהלך העונה, עשויות שתיהן לתרום לגידול המוגבר של גזעי העצים תחת הרשת.

6.2. פעילות הדבורים המאביקות

באביב 2005 בו נבחנו השפעת פריסה מוקדמת של רשתות, הייתה במטע התפוח בברעם פעילות דבורים מאוד אינטנסיבית. לא נמצאה השפעה שלילית של הפריסה המוקדמת. תחת הרשתות הן עלו ושמוחו כמו בביקורת. ספרנו כ-12 – 14 דבורים לעץ לדקה, ללא הבדל בין הטיפולים השונים. מכאן, שאם בעתיד יסתמן יתרון לכיסוי טרם פריחה (או רציף לכל אורך השנה), הדבר לא יפגע בהאבקה ע"י הדבורים, ובתנאי שביט הרשת פתוח בצדדיו והרשת מותקנת לפחות 1.5 מ' מעל לנוף, כפי שהדבר נעשה בברעם. נזכיר עם זאת, כי לא הבחנו ביתרון לכיסוי המוקדם על גודל הפרי ואיכותו.

7.2. מעקב חנטה והשרדות חנטים

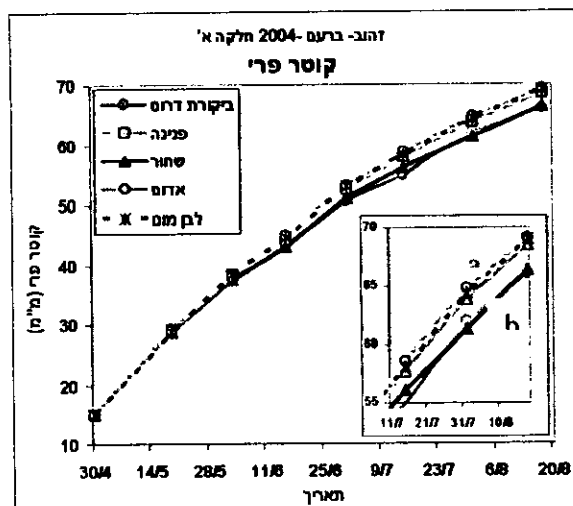
כללית ניתן לומר שההצלחה ע"י הרשתות לא פגעה בחנטה. בזהוב, כפי שמצאנו גם בניסוי ההקדמי, נמדד שיפור של החנטה והשרדות החנטים ע"י הכיסוי ברשת (איור 8). בלשו לטובה הרשת האדומה והצהובה. נזכיר, כי תוצאה דומה נמצאה באפרסק הרמוזה (שחק וח'ו', תוצאות שטרס פורסמו).



איור 8. חנטה והשרדות החנטים בזהוב (שמאל) ובטופרד (ימין). סומנו ענפים מורחים בגודל דומה, ונספרו הפרחים והחנטים שעליהם. חושב % הפרחים שחנטו ושרדו במועדים המצויינים.

8.2. התפתחות הפרי במהלך העונה

במעקב אחר התפתחות גודל הפרי על העץ, לא נמצא הבדל מזיד בין הטיפולים השונים עד הגיע החנטים לגודל של כ- 40 מ"מ (אמצע אפריל). מעבר לאותו מועד הלכו וגדלו הבדלים לטובת הרשתות הצבעוניות. התפתחות הפרי תחת הרשת השחורה, לעומת זאת, הייתה זהה לפרי הביקורת ללא רשת (איור 9). הקינטיקה העונתית עשויה להצביע על כי עיקר השפעת הרשתות הצבעוניות על גודל הפרי היא בשלב של התארכות התאים. נראה כי עיקר ההשפעה אינו נובע מעצם הכיסוי ברשת, אלא קשור בתכונות הרשתות הצבעוניות, שכן הרשת השחורה, באותה דרגת הצללה לא הביאה להגדלת פרי.



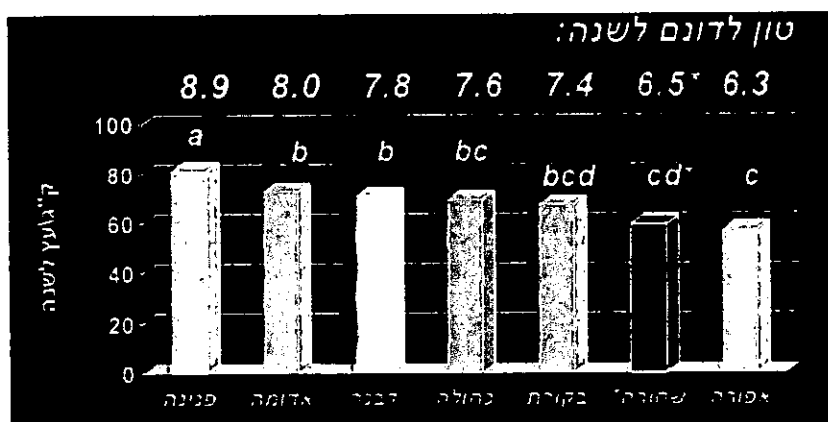
איור 9. התפתחות קוטר הפרי על העץ במהלך העונה. סומנו 8 פירות לעץ (על ענפים בעלי פרי יחיד), 5 עצים לחזרה וטיפול בחלקה א'. קוטר הפרי נמדד במועדים המצויינים.

9.2. תוצאות הקטיפים

9.2.1. זהוב - נתוני יבול מצטברים ארבע-שנתית

השונות בין עצי המדידה בשטח, והתלות בגורמי סביבה וממשק משתנים, ממסכים לעיתים על ההבדלים בין הטיפולים. אולם, איסוף נתונים רב-שנתי עשוי להבהיר את התמונה ולשפר את מובהקות התוצאות. כך למשל, בזהוב בשנת 2004 היה יבול נמוך במיוחד, עקב טעות בעיתוי ריסוס, ובעיקבות זאת שנת 2005 היתה שנת שפע גבוהה. בשנה זאת בא היתרון של הרשתות המצטיינות לידי ביטוי בולט במיוחד. אולם עקב הנטיה של זן זה לסרוגיות, זה בשנה העוקבת (2006), היה היבול נמוך ברשתות עוד יותר מן הביקורת.

חישוב ממוצע חמש-שנתי של התוצאות (בחלקה א') מאפשר קבלת תמונה אמينة, למרות הסרוגיות. ניתוח זה מראה כי הפנינה העלתה יבול באופן מובהק לעומת הביקורת, (איור 10). נזכיר, כי בניתוח הארבע-שנתי של 2005 הייתה תוספת מובהקת של 1.3 טון לדונם לשנה באדומה ובלבנה, ו-2.4 טון לדונם לשנה בפנינה, לעומת יבול הביקורת ללא רשת, שהיה 7.0 טון לדונם (ר' דוח 2005).



איור 10. יבול ממוצע לשנה על בסיס חמש-שנתי בון זהוב. הנתונים מתייחסים לעונות 2002-6 בביקורת וברשתות פנינה, אדומה, לבנה, כחולה ואפורה. עתוני השחורה הם תלת-שנתיים (2004-6). כולן במבנה א'.

ג.2.9. זהוב – השפעת הרשתות על גודל הפרי

איור 11 משווה את התפלגות גודל הפרי בפנינה ובלבנה יחסית לשחורה ולביקורת בון זהוב. ניתן לראות כי לרשת השחורה 30% יש נטייה להקטין פרי, במיוחד כאשר היבול גבוה. לעומת זאת הפנינה 30% הסיטה את שיא העקומה ב-5 מ"מ כלפי מעלה גם בשנות שיא וגם בשפל. הלבנה 15% גם היא משפרת גודל, אך במידה שונה בכל שנה.

בהשוואת ממוצע היבול השנתי של פרי גדול (> 70 מ"מ) בכל הרשתות על בסיס חמש-שנתי, ניתן לראות הגדלה מובהקת ע"י הפנינה (תוספת של 1.3 טון לדונם לשנה פרי גדול). מכאן, שתוספת היבול הכללית נובעת מהגדלת הפרי ע"י הרשת. נזכיר כי בממוצע הארבע שנתי (2002-5) הייתה תוספת מובהקת של יבול פרי גדול בשלוש רשתות: בפנינה 2.1, בלבנה 1.1, ובאדומה 1.0 טון לדונם לשנה יותר מהביקורת (ר' דוח 2005).

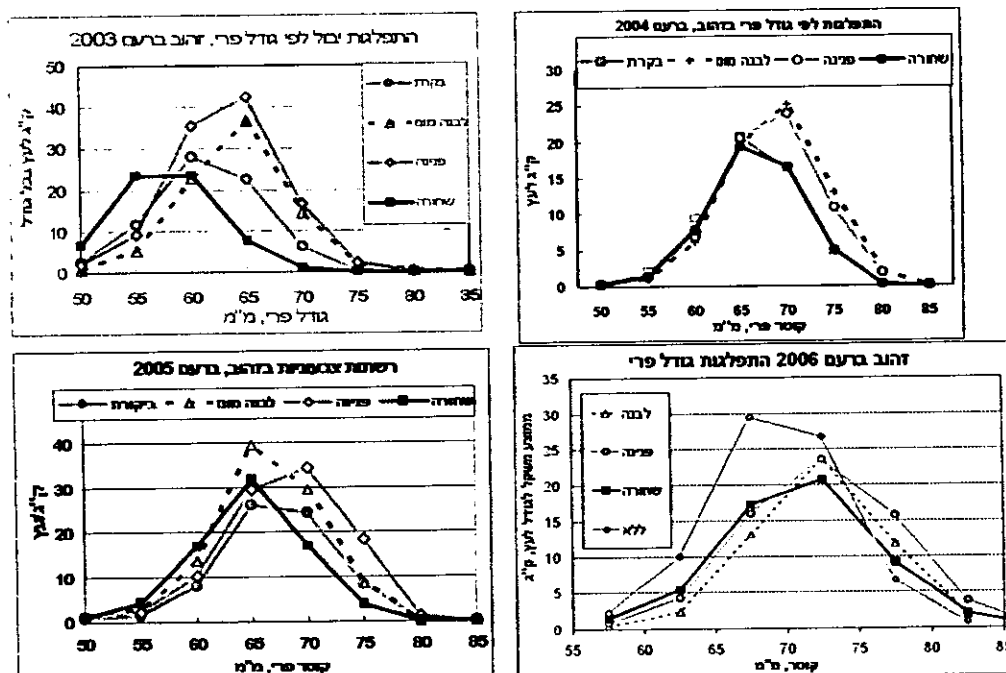
התוצאות מבססות את המסקנה כי בון זהוב תגובת גודל הפרי לכיסוי ברשת תלויה במידה רבה באופי סינון האור ע"י הרשת המכסה.

ג.3.9. יבול וגודל פרי בטופרד

יבול: בתחילת המחקר היה יבול נמוך מאוד בון זה, ולפיכך נתייחס לשנתיים האחרונות. ב-2005 ברשת הלבנה-15% נמצאה מגמת הגדלה (לא מובהקת) של היבול הכללי, יחסית לביקורת. היא נבעה מהגדלת הפרי (ר' בהמשך). בשאר הרשתות הייתה מגמה (מובהקת רק באפורה) של פחיתה ביבול הכללי (איור 8). ב-2006 המגמה התחדדה, והפעם גם בלבנה. ברשת זאת, כמו גם בשחורה ובאפורה הייתה פחיתה מובהקת ביבול לעומת הביקורת (איור 9).

גודל פרי: ב-2005 התבלטה רק הרשת הלבנה-15% בהגדלה מובהקת של הפרי (ביחד עם הגדלת היבול, איורים 8, 10). ב-2006 גודל הפרי עמד בהתאמה הפוכה לעומס היבול, ולא נמצאה השפעה ייחודית של

אף אחת מן הרשתות מעבר לכך. גודל הפרי הקטן יותר התקבל בטיפולים עם היבול הגבוה יותר: הביקורות ורשת הפנינה והכחולה (איורים 8, 10). נציין בהקשר זה, כי בטופרד, בשונה מזהוב, אין יתרון כלכלי-שיווקי להגדלת הפרי.



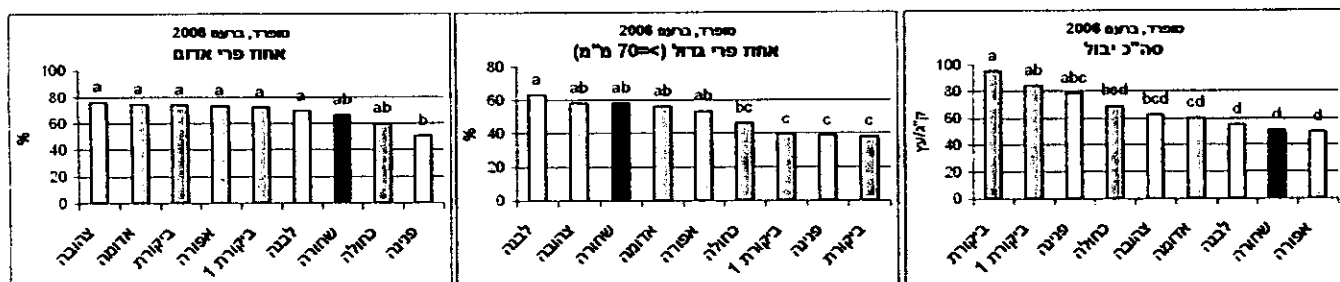
איור 11. התפלגות היבול לפי קוטר הפרי בזן זהוב בארבע שנים עוקבות ברשת הפנינה, השחורה, הלבנה וללא רשת. כל הפרי של כל עץ עבר מיון בנפרד במערך בית האריזה.



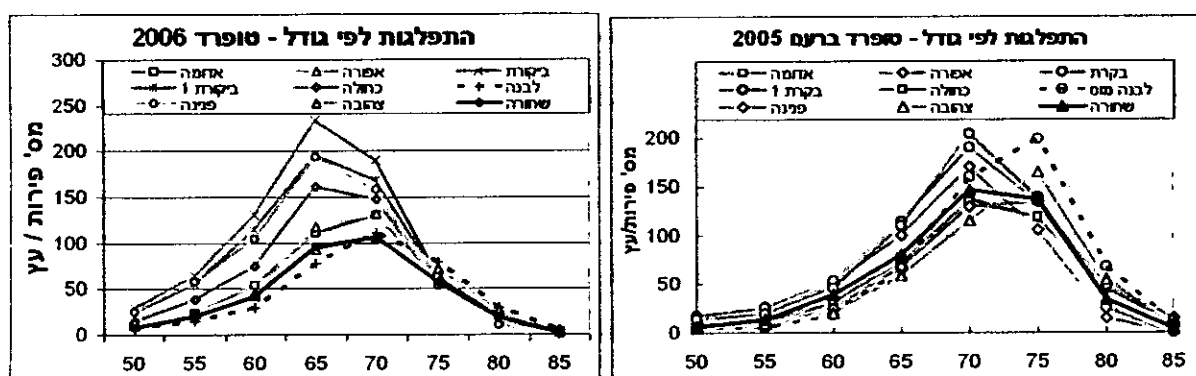
איור 12. ממוצע חמש-שנתי של יבול פרי גדול (> 70 מ"מ) בזן זהוב. הפרטים כמו באיור 5.



איור 8. טופרד 2005: יבול כולל (ימין) ופרי גדול (שמאל). עצי המדידה מוינו בנפרד ונחשבו כחזרות. אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמת $P > 0.05$.



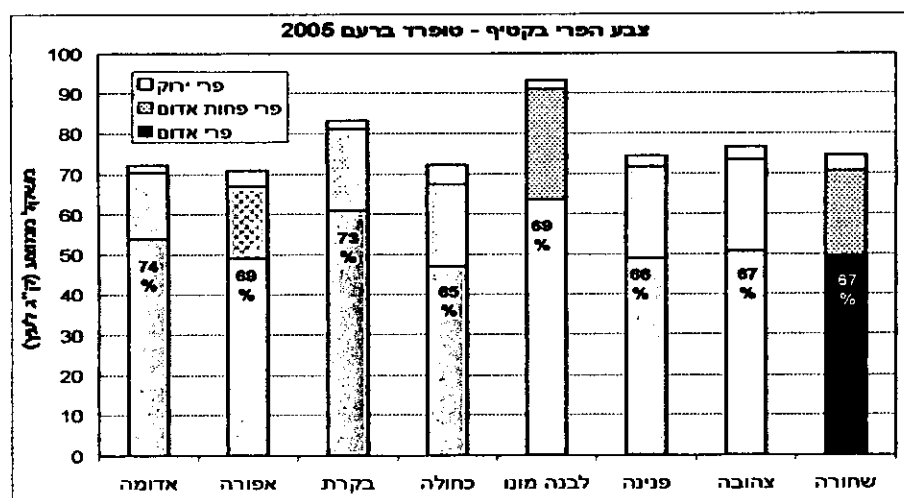
איור 9. סופר 2006: יבול כולל (ימין), 96 פרי גדול (אמצע) ו-96 פרי אדום (שמאל). עצי המדידה מוינו בנפרד ונחשבו כחזרות. אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמת $P < 0.05$. "ביקורת 1" כוללת שני מקטעים סמוכים. "ביקורת 2" כוללת גם מקטע שלישי מרוחק יותר.



איור 10: התפלגות היבול (מספר פירות לעץ) לפי קוטר הפרי בטופרד ב-2005 (ימין) ו-2006 (שמאל).

ג.9.4. צבע הפרי

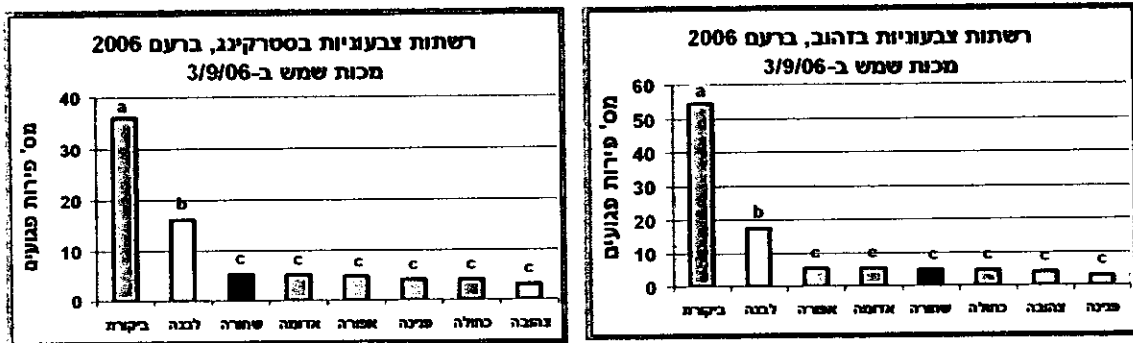
בזו זהוב הבחנו בשכיחות גבוהה יותר של לחי ורודה בפרי מרשת הפנינה. הנושא לא נבדק מעבר לכך. בטופרד רמת הצבע הייתה טובה למדי. בכל הטיפולים. במיון הפרי במערך בית האריזה נמצא אחוז הפרי האדום הגבוה ביותר בביקורת וברשת האדומה (73-74%). לעומת כל שאר הטיפולים (65-69%), ר' איור 11. במדגמי פרי שנלקחו ע"י יובל כהן לא נמצאו הבדלים מובהקים.



איור 11. התפלגות צבע הפרי בטופרד 2005 ע"י מיון במערך בית האריזה.

ג.9.5. מכות שמש

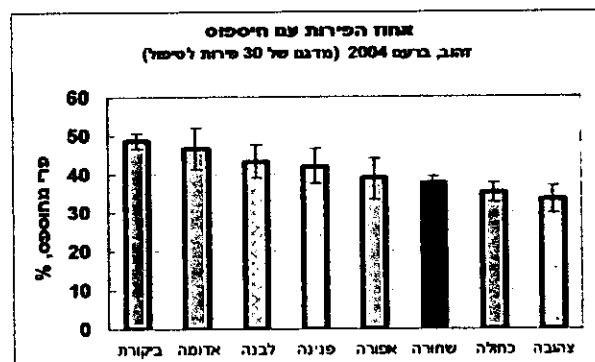
בכל שנות המחקר נתנו הרשתות שברמת הצללה 30% מענה טוב לבעיית מכות השמש בזהוב, ואילו הרשת הלבנה 15% סיפקה הגנה חלקית. ב-2006 התקבלו תוצאות דומות גם בזן טופרד. שמלכתחילה הוא פחות רגיש לעודפי קרינה לעומת הזנים הירוקים. איור 12 מדגים את ספירת הפירות הפגועים על העץ טרם קטיף. תוצאות המיון במערד בית האריזה (6% פרי פגוע מסה"כ הפרי) היו דומות. המסקנה היא שמניעת מרוח שמש אינה חלופה רחוקות הרשת אלא ראחוז ההצללה.



איור 12. מכות שמש – מספר פירות לשץ ערב קטיף בזן זהוב (ימין) וטופרד (שמאל).

ג.9.6. חספוס

נושא החספוס הוא אחת הבעיות המטרידות בזן זהוב. לא ידוע עדיין מה גורם לחספוס וכיצד להתמודד איתו. השנה ערכנו לראשונה אומדן חספוס בפרי בניסוי הרשתות. כפי שניתן לראות באיור 13. חלק מן הרשתות הפחיתו את אחוז הפרי המחספוס. במדגם 2004 הרשת האהובה בלטה לטובה. הנושא דורש לימוד מעמיק יותר.



איור 13. אחוז פרי הזהוב בעל פגמי חספוס. נדגמו 30 פירות מכל חזרה של כל רשת בעת הקטיף.

ג.9.7. איכות הפרי בקטיף ובאחסון

נדגם פרי בגודל 70 מ"מ מ-4 עצים מסומנים (חזרות) בכל חלקה והובא למעבדה ביום הקטיף. קורר במשך לילה. נעטף למחרת בפוליאטילן ואוחסן במשך 8 חודשים ב-0°C באוויר מבוקר ($1.5\% O_2 + 2\% CO_2$). ביום הקטיף נדגמו 10 פירות/חזרה לבדיקת צבע רקע, קשיות, עמילן, כ.מ.מ. וחומצה. ביום ההוצאה

מקירור נדגמו 20 פירות/חזרה להערכת האיכות החיצונית וב- 10 מהם נבדקו צבע, קשיות, כ.מ.מ. וחומצה. שאר 20 הפירות לחזרה הועברו לחיי מדף ב- 20°C וכעבור שבוע ימים נערכה בדיקה דומה לבדיקה בהוצאה מקירור.

ההשפעה הבולטת בקטיף הייתה דחיית הבשלת הפרי בעסבות הכיסוי ברשת, בעיקר ברשת הפנינה (טבלה 2). הדחייה התבטאה בצבע יותר כהה (L) ופחות צהוב (b), פירוק עמילן יותר איטי ורמת חומציות יותר גבוהה. בהשוואה לפרי הביקורת. פרי מהרשתות השחורה והאדומה לא נבדל מהביקורת בצבע ובחומציות ולא נבדל מפרי של רשת הפנינה בבהירות (צבע L) ובפירוק העמילן. מכאן נראה כי עיכוב ההבשלה אינו קשור ביכולת הרשת להגדיל פרי. מקובל לקטוף במדד עמילן של 3-4 (כפי שאכן היה בביקורת). לאור תוצאה זו, הדומה לתוצאות שקבלנו בשנה קודמת רק בפנינה, נראה אפשר היה לחכות עוד כשבוע ולהשיג שיפור גדול עוד יותר בגודל הפרי ברשתות.

לאחר 8 חודשי אחסון לא נמצאו הבדלים בצבע הפרי ובקשיות, אך נשמרו ההבדלים בחומציות (טבלה 3). רמת הכ.מ.מ. עלתה בכל הפירות, אך הייתה גבוהה יותר בפרי שגדל מתחת לרשתות. שיעור הריקבון היה אפסי, למעט מתחת לרשת האדומה. איכות הפרי הפנימית הייתה טובה בכל הטיפולים ובמהלך חיי המדף לא חלו שינויים מהותיים בכל המדדים שנבדקו.

טבלה 2 - מצב ההבשלה של פרי הזהוב בקטיף 1.9.2004

סוג הרשת	צבע הרקע			קשיות (לי"כ)	עמילן (1-10)	כ.מ.מ. (%)	חומצה (%)
	b	a	L				
בקורת	39.4b	-19.1	74.7a	15.4	3.3a	14.4	0.47b
פנינה	40.7a	-20.1	72.5b	15.3	2.1b	14.3	0.56a
שחור	39.9b	-19.3	72.4b	15.3	1.7b	14.3	0.52ab
אדום	39.6b	-19.5	71.8b	15.5	2.1b	14.5	0.46b
מובהקות	0.023	ל.מ.	0.009	ל.מ.	0.000	ל.מ.	0.007

טבלה 3 - אחסון פרי הזהוב מקטיף 2004: איכות הפרי, החיצונית והפנימית, בהוצאה מקירור.

הרשת	איכות חיצונית		איכות פנימית		
	מכות שמש (%)	ריקבון (%)	קשיות (לי"כ)	כ.מ.מ. (%)	חומצה (%)
בקורת	7.9a	0b	12.7	15.0b	0.35b
פנינה	0b	0b	12.9	15.7a	0.39a
שחור	0b	0b	13.1	15.7a	0.38ab
אדום	0b	2.5a	13.1	15.8a	0.36b
מובהקות	0.000	0.073	ל.מ.	0.053	0.048

טבלה 4. איכות מדגמי פרי מקטיף 2005 ביום הקטיף (זהוב 1.9.05, טופרד 5.9.05).

הזן	הרשת	קשיות	עמילן	כ.מ.מ. (%)	חומצה (%)	כסוי אדום (%)
זהוב	ביקורת	14.15	3.5	12.93	0.388 ab	
	פנינה	14.18	3.19	12.70	0.374 b	
	אדומה	13.93	3.28	12.55	0.367 b	
	שחורה	14.23	3.58	12.15	0.402 a	
	מובהקות	ל.מ.	ל.מ.	ל.מ.	0.036	
טופרד	ביקורת	13.80	6.02 a	12.65	0.179 b	94.1 ab
	פנינה	13.38	3.90 b	12.65	0.215 a	90.6 b
	אדומה	13.63	2.88 c	11.43	0.191 ab	91.3 b
	שחורה	13.68	4.33 b	11.65	0.199 ab	97.0 a
	מובהקות	ל.מ.	0.000	ל.מ.	0.085	0.013

בסטיף 2005 לא נמצאה האפלה מובהקת ברשתות לעומת הביקורת בזן זהוב. לעומת זאת בזן טופרד נמצא הבדל ניכר מאוד בין הביקורת, אשר על פי מדדי העמילן והחומצה נקטפה באיחור רב, לבין הרשתות (טבלה 4). מבין הרשתות, האדומה האפילה ביותר. במדד צבע הפרי (% כסוי באדום), מדגמי הרשתות לא נבדלו באופן מובהק מן הביקורת. התוצאה לטובת השחורה בהשוואה לאדומה ולפנינה (טבלה 4 עמודה שמאלית) איננה תואמת את תוצאות המיון בבית האריזה וגם לא את מדגמי יובל כהן. לסיכום נושא האיחסון, ניתן לומר כי לכיסוי המטע ברשת, כפי שבוצע כאן, אין השפעה בולטת על כושר האיחסון. לא לטובה ולא לרעה.

ד. מסקנות והשלכותיהן

במחקר המתואר כאן עשינו פריצת דרך משמעותית בלימוד ההשפעה של כיסוי מטע התפוח ברשת ובהבנת ההשלכות של טיב הרשת ואופי סינון קרינת השמש על ביצועי הגידול.

- כללית מצאנו כי כיסוי נכון של מטע התפוח ברשת יכול להשרות מכלול של יתרונות: הקלה של עקות חום ויובש, שיפור ההטמעה, שיפור חנטה, הגדלת הפרי, שיפור איכות חיצונית, מניעת מכות שמש.
- בתנאי בית הרשת אותם גיבשנו בראשית המחקר, ובכלל זה בית רשת פתוח, גבוה ומאוורר, החששות מתגובות שליליות כמו צימוח נמרץ מדי, פגיעה בפוריות, פגיעה בצבע הפרי או באיכותו בקטיף ובאיחסון, התפרצות מזיקים או מחלות, כל אלה התבדו.
- התוצאה היישומית של ממצאי המחקר היא שיפור משמעותי בתמורה הכלכלית מהמטע: יבול גבוה יותר של פרי איכותי, הקטנת הפחת, שמירה על סטנדרטים גבוהים ויציבים באיכות הפרי באופן רב שנתי, הארכת חיי המטע הפורה (צפי המתבסס על 5 שנות המחקר, אך זורש ביסוס), ואולי תועלות נוספות שטרם מוצו. מתחשיב ראשוני עולה כי ניתן לכסות את עלות ההקמה של בית הרשת תוך 2-1 עונות (תלוי בזנים ובגורמים נוספים). תחשיב מהימן יותר צריך להיעשות ע"י גורמים מתאימים.

- לאופן סינון הקרינה ע"י הרשת יש חשיבות רבה. לרשתות מפזרות האור (אלה המגבירות את מרכיב האור הדיפוזי במטע) יש יתרון בולט על פני רשת שאיננה מפזרת. כך, הפנינה שהיא הרשת המפזרת ביותר שפיתחנו, הצטיינה במספר מדדים, ואילו הרשת השחורה (באחוז הצללה דומה) נמצאה כנחותה ביותר. מבחינת ההרכב הספקטראלי של האור המפוזר, מסתמן יתרון לרשתות הגורמות להעשרה יחסית באדום ו-FR, ואו הקטנה בתכולה היחסית של כחול ו-UV, דוגמת הפנינה, אדומה, וצהובה. מסקנות אלה מתבססות על תוצאות המחקר המדווח כאן, כמו גם מחקרים מקבילים בעצי פרי אחרים (אפרסק, אגס, שסק, גפן, ר' מאמרי רביו של שחק וח' בהמשך).
- זנים שונים עשויים להגיב באופן שונה. כאן זה הודגם ע"י ההשוואה בין זהוב לטופרד. ממה זה נובע? כדי לענות על כך יש לחפש מהו הגורם המגביל בכל זן. לטופרד (סטארקינג) עצמת צימוח חזקה ופוריות נמוכה בהשוואה לזהוב. בזהוב, שהוא פורה מאוד, פעילות הנוף עשויה להוות גורם מגביל להתפתחות הפרי. במיוחד בתנאי הממשק ועומס הפרי המקובלים בברעם. מכאן, שבזהוב יש מקום רב יותר לשיפור בעזרת הרשתות. ואכן, הזהוב נהנה מהכסוי ברשתות, ויש עדיפות ל-30% הצללה על פני 15%. לעומת זאת, בטופרד 30% זה כנראה קצת יותר מדי הצללה. אולי עקב עצמת הצימוח שיוצרת יותר הצללה עצמית. בעת בחירת הרשת המיטבית יש, לפיכך, להתחשב באופי הזנים המרכיבים את המטע.
- היישום של תוצאות המחקר החל כבר בהיקפים מסחריים, אך במקביל אנו ממליצים להמשיך במחקר ופיתוח.
- כיווני המשך מומלצים: לימוד הפיזיולוגיה שמאחורי התגובות הבולטות; התאמת הטכנולוגיה לזנים שונים ולמטעים משולבים; אופטימיזציה ההשקייה תחת הרשת; התאמת הגיזום ועיצוב העץ למטע המכוסה; ניצול הכיסוי ברשת והסינון הפוטוסלקטיבי לשיפור הגה"צ והפחתת חמרי הדברה; הוזלת מבנה בית הרשת ופיתוח פתרון ידידותי לפריסה וגלילה עונתיים של הרשת להפחתת ימי עבודה; וכן המשך שיפור תכונות הרשת.

ה. תודות

לחברת פולישק שתרמה את כל הרשתות לניסוי, ולרז גניליון, יוסי אופיר וזרי גל מפולישק על שיתוף הפעולה המתמשך. תודה למוטי פרס על מעורבותו בנושא ההשקיה ומצב המים בעץ, ולרות בן אריה על בצוע מדגם האיכות בקטיף ובאחסון. תודה לצוות המטע בברעם על שיתוף הפעולה ועל הרוח הטובה, ולכל טכנאי מויפ צפון וטכנאי מנהל המחקר החקלאי שביצעו בנאמנות את המדידות ואיסוף הנתונים. המחקר מומן ע"י המדען הראשי של משרד החקלאות וע"י מועצת הצמחים ענף המטעים.

ו. רשימת ספרות

- Naor, A. (1998) Relationships between leaf and stem water potentials and stomatal conductance in three field-grown woody species. *J. Hort. Sci. Bioch.* 73: 431-436.
- Rajakapase, 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.

שחק, י. (2003א) רשתות ציבעוניות: גישה טכנולוגית חדשה בחקלאות. עלון הנוטע, כרך 57 (חוברת פברואר): 81-84. (שנה נ"ז שבט-אדר תשס"ג)

שחק, י. (2003ב) לגדל תפוחים תחת רשת צבעונית. סיכום שנת המחקר הראשונה. יבול שיא. מוסף לחקלאות מתקדמת. גליון 4 (ספטמבר) עמ' 26.

שחק, י., א. רבן, פ. סריג, א. אור, ס. לוריא, י. גוסקובסקי, ב. צילדיקס, ג. יבלונקה, ע. הרבני, א. סטרומזה (2005) בחינת רשתות צבעוניות להבכרה ושיפור איכות ענבי מאכל. דוח מסכם למדען הראשי של משרד החקלאות.

שחק, י. ק. רטנר, נ. צור, א. יורצקי, ר. גולן, ס. שייחט, ע. בר-און, ב. צילדיקס, א. רבן (2007) כיסוי ענבי מאכל מזן 'SBS' ברשת: סיכום תוצאות המודל בעידן. עלון הנוטע 61 (מאי): 26-32.

ז. פרסומים מהמחקר הנוכחי

פרסומים בכתב

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. Proc. XXVI International Hort. Congress - Deciduous Fruit and Nut Trees (Webster, A.D., ed.) 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. Proc. 7th International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition (Cantliffe, D.J., Stoffela, P.J. and Shaw, N.L., eds.) Acta Hort. 659 (1): 143-151.

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., Ratner, K., Giller, Y.E., Zur, N. Or, E., Gussakovsky, E.E., Stern, R., Sarig, P., Raban, E., Harcavi, E., Doron, I. and Greenblat-Avron, Y. (2007). Improving solar energy utilization, production and fruit quality in orchards and vineyards by photosensitive netting. Acta Hort., submitted.

י. שחק, 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) 361-364.

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

פרסומים בעל פה

- הרצאה בכנס ISHS על גידולים מוגנים באקלים של חורף מתון, קיסימי, פלורידה, מרץ 2004.
- הרצאה בכנס הבינלאומי להורטיקולטורה IHC2006, סיאול, קוריאה 08/06.
- הרצאות במכון למדעי החיים באוני' העברית גבעת רם 26/12/04, אוני' בן גוריון 23/05/06, הפקולטה לחקלאות 22/01/07.
- הרצאות בימי עיון למגדלי נשירים בראש פינה: 15/02/05, 31/01/06, 23/01/07.
- הרצאה בסימפוזיון על גידולים חסויים באקלים ים תיכוני במסגרת אגרו-משוב, 1.3.2006.
- קורס סינדקו למשתלמי חו"ל, 26/11/06.

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה
לימוד ההשפעה של סינון מכוון של אור השמש, תוך שינוי הרכבו בעזרת רשתות צבעוניות נמוכות הצללה, על הפיזיולוגיה של עץ התפוח והתפוקה אורך הטווח של המטע. זאת, תוך הבחנה בין ההשפעות התלויות בתכונות הכרומטיות-אופטיות הספציפיות של הרשת, לבין אלה הנובעות מעצם ההגנה הפיזית ע"י הרשת. המטרות היישומיות כללו איתור הרשת המיטבית לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בקטיף ובאיחסון, הפחתת מכות שמש ונזקים חיצוניים אחרים בפרי, יצירת מיקרואקלים נוח יותר לעץ וסביבתו, שיפור מאזן המים בעץ וחסכון בהשקיה, הארכת חיי המטע, וביסוס נתונים לתחשיב כדאיות כלכלית.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח
במטע מסחרי בברעם נבחנו מאז 2002 רשתות צבעוניות מפורות אור (אדומה, כחולה, אפורה, פנינה וצהובה ברמת הצללה התחלתית של 30%, וכן לבנה 15%), בהשוואה לרשת שחורה אשר איננה מפורת אור ואיננה משנה את הרכבו הספקטרי, ובהשוואה למטע הקונבנציונלי החשוף. הזנים: סטארקינג (טופרד) וזהוב (סמוטי). המדידות כללו תאורה ומיקרואקלים, פעילות עלוה, פוטנציאל מים בגזע, צימוח וגטטיבי, פריחה, חנטה, פעילות דבורים, התפתחות הפרי (גודל, צבע, נזקים), נתוני קטיף ומיון, ואיכות פרי בקטיף ולאחר אחסון ממושך. מצאנו כי כיסוי מטע התפוח ברשת יכול להשרות מכלול של יתרונות: הקלה של עקות חום ויובש, שיפור ההטמעה, שיפור חנטה, הגדלת הפרי, שיפור איכות חיצונית, מניעת מכות שמש. אופיינו וכומתו התגובות לכיסוי המטע, ומידת התלות שלהן בתכונות הרשת ובאופי סינון הקרינה.
3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.
לאופן סינון הקרינה ע"י הרשת יש חשיבות רבה. לרשתות מפורות האור (אלה המגבירות את מרכיב האור הדיפוזי במטע) יש יתרון על פני רשת שאינה מפורת. מבחינת ההרכב הספקטראלי של האור המפורז, יש משמעות להעשרה יחסית באדום ו- FR ואו להפחתה יחסית של תחום הכחול ו- UV ע"י הרשתות הפוטוסלקטיביות. התגובה של זנים שונים לסינון הברני תלויה בתכונותיהם הגנטיות. תוצאות המחקר הן ברות יישום מיידי, וגם מהוות בסיס להמשך מחקר.
4. הבעיות שנתרו לפתרון ואו השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן.
הוחל כבר ביישום מסחרי של תוצאות המחקר, אך במקביל מומלץ להמשיך במחקר ופיתוח בכיוונים הבאים: התאמת הטכנולוגיה לזנים שונים, אופטימיזציה ההשקיה תחת הרשת, גיוס ועיצוב בעץ, הגה"צ, הוזלת מבנה בית הרשת, פיתוח טכנולוגיה ידדיתית לפריסה וגלילה עונתיים של הרשת, והמשך שיפור תכונות הרשת.
5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח – יש לפרט: פרסומים – כמקובל במיילוגרפיה, פטנטים – יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון – יש לפרט מקום ותאריך.
Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A. Atzmon, I., Doron, I., and Greenblat-Avron, Y. (2004). ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. <i>Acta Hort.</i> 636: 609-616. Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Gal E. and Ganelevin R. (2004). ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. <i>Acta Hort.</i> 659 (1): 143-151. Rajapakse, N.C. and Shahak, Y. (2007) Light quality manipulation by horticulture industry. In: <i>Light and Plant Development</i> (G. Whitelam and K. Halliday, eds.), pp 290-312, Blackwell Publishing, UK. Shahak, Y., Ratner, K., Giller, Y.E., Zur, N. Or, E., Gussakovsky, E.E., Stern, R., Sarig, P., Raban, E., Harcavi, E., Doron, I. and Greenblat-Avron, Y. (2007). Improving solar energy utilization, production and fruit quality in orchards and vineyards by photoselective netting. <i>Acta Hort.</i> , submitted.
י. שחק, 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. <u>עלון הנוטע</u> , כרך 58 גיליון 8 (אוגוסט) 361-364. שחק, י. (2005) גישות חדשות בכסוי מטעים ברשת: רשתות צבעוניות. <u>חקלאי ישראל</u> 20 (אפריל): 50-56. וכן הרצאות רבות (אשר המקום צר מלפרטן) בכנסים בינלאומיים, במוסדות אקדמיים בארץ, בימי עיון למגדלים ומדריכים, ובפני משתלמי חו"ל. 6. פירסום הדוח – ללא הגבלה.