

בחינת טכנולוגית הרשתות הצבעוניות לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בתפוח

המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן מוי"פ צפון	יוספה שחק רפי שטרן
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	יבגני גוסקובסקי
המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן מוי"פ צפון	יובל כהן
מוי"פ צפון	שלומי כפיר
מוי"פ צפון	עמוס נאור
ממ"ר נשירים-גרעיניים, שה"מ	ישראל דורון
מדריכת נשירים, שה"מ	יעל גרינבלט-אברון
אגף מיכון וטכנולוגיה, שה"מ	יצחק סקר-אסקירה
וכן קירה רטנר, שבתאי שפצייסקי ונפתלי צור, המכון למטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן	

מרץ 2004

תקציר

הדוח מסכם שתי שנות מחקר הקדמי שאושר ע"י המדען הראשי כבדיקת היתכנות. המטרות המקוריות של המחקר: א. לימוד הפוטנציאל של טכנולוגית הרשתות הצבעוניות להשפיע על הפיזיולוגיה של עץ התפוח ולשפר את התאורה והמיקרואקלים בסביבתו. ב. איתור הרשתות המצטיינות בשיפור הפוריות ואיכות הפרי (גודל, צבע, טעם). ג. בחינת פוטנציאל הפחתת מכות השמש בפרי. ד. לימוד השפעת הרשתות על מאזן המים בעץ כדי לחסוך בהשקיה. ה. גיבוש תחשיב כלכלי והמלצות למגדלים. עיקרי הניסויים והתוצאות: ב-2002 הוקם מבנה רשת אופקי מאוורר מעל כ-6 דונם מטע תפוח בברעם, בו נבחנו 6 רשתות לעומת ביקורות ללא רשת בשני זנים (זהוב וסטארקינג). בעיקבות התוצאות הטובות הוכפל ב-2003 שטח הניסוי. יצרנו חזרה שניה ל-4 רשתות נבחרות וכן הוספנו רשת שחורה 30% כבקורת. לצערנו ב-2003 סבל הסטארקינג מפוריות נמוכה ביותר, ואילו בזהוב לא בוצע הדילול כראוי ועומס היבול היה רב מדי. למרות זאת לפחות חלק מהתוצאות העקרוניות חזרו על עצמן. בשתי השנים הושגה הבנה ראשונית של השפעת הרשתות על סביבת העץ ותגובותיו. נמצאו השפעות חיוביות על פוטנציאל המים בגזע, קצב הטמעה, עצמת ואופי הצימוח, חנטה, גודל הפרי, צבע הפרי ומכות שמש. נמצאה שונות בתגובות לרשתות השונות, אך נחוץ עוד לימוד כדי לחדד מה נובע מסינון ספציפי של האור ומה מהשפעות פיזיקליות בלתי ספציפיות של הרשתות. בנושא מכות שמש לרשתות 30% יתרון ברור על רשתות 12% צל. תחשיב כלכלי ראשוני מצביע על פוטנציאל חיובי ריאלי לרשתות שישלבו הגנה עם שיפור איכות. המשך המחקר דורש: א. המשך הלימוד במתכונת הנוכחית לאישוש התוצאות במשך 5 עונות רצופות, כפי שמתחייב במטעים. ב. הרחבת והעמקת ההבנה של תגובות העץ וסביבתו. ג. הרחבת היבטי איכות הפרי, ובכלל זה עדשתיות, חיספוס, איכות פנימית ועמידות לאיחסון. ד. לימוד השפעת הרשתות על פעילות הדבורים המאביקות ועל היבטי הגנת הצומח. לסיכום: הגישה של רשתות צבעוניות היא חדשנית בקנה מידה ארצי ועולמי, והיא נבחנה כאן לראשונה בתפוח. התוצאות הראשוניות מאוד מבטיחות, הן ברמת ההבנה והן כלכלית-יישומית. הוגשה הצעה להמשך המחקר. עד מועד זה טרם התקבלה תשובה.

א. מבוא

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 חודרת 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 (Oren-Shamir et al., 2001) 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 ידינו, ביחד עם חב' פולישק, לפי דרישות המחקר.

מטרות המחקר: א. לימוד הפוטנציאל של טכנולוגית הרשתות הציבעוניות להשפיע על הפיזיולוגיה של עץ התפוח ולשפר את התאורה והמיקרואקלים בסביבתו. ב. איתור הרשתות המצטיינות בשיפור הפוריות ואיכות הפרי (גודל, צבע, טעם). ג. בחינת פוטנציאל הפחתת מכות השמש בפרי. ד. לימוד השפעת הרשתות על מאזן המים בעץ כדי לחסוך בהשקיה. ה. גיבוש תחשיב כלכלי והמלצות למגדלים. המחקר אושר במתכונת של בחינת היתכנות הקדמית למשך שנתיים.

ב. הניסויים והתוצאות בתקופת הדוח

1. העמדת הניסוי

ברעם א': באביב 2002 הקמנו במטע התפוח של קיבוץ ברעם מבנה רשת אופקי ומאוורר בגובה של כ-4.5 מ' מעל 8 שורות, במרכזן שתיים מהזן זהוב (סמוטי) ושתיים סטארקיג (טופרד) על כנת חשבי. המטע ניטע ב-1996. הוא מושקה במים מושבים של ברעם. הנטיעה היא צ-ד במירווחים 4.5X2 מ' (110 עצים לדונם). אורך השורות כ-190 מ'. המבנה מורכב מ-6 מיקטעי רשתות צבעוניות בחזרה אחת לכ"א: א. אדומה, כחולה, אפורה ופנינה ברמת הצללה של 30% בתחום PAR. רמת ההצללה הושגה ע"י התאמת צפיפות הסריגה במפעל (פולישק), ונבדקה על ידינו במכון וולקני ואח"כ בשטח המטע. כך גם ספקטרום מעבירות האור ופיזורו (ר' איור 1 בדוח 2002). ב. שתי רשתות ברד (מונופילמנט-משולבת לבנה ומשולבת אדומה-לבנה המכונה כאן ורודה) ברמת הצללה של כ-17%. סדר הרשתות מצפון לדרום: ורודה, כחולה, אדומה, לבנה, אפורה, פנינה. ג. שתי חזרות של ביקורת ללא רשת מוקמו האחת בצמוד לקצה הדרומי של מבנה הרשת בסמיכות לפנינה, והשניה במרחק 4 שורות ממזרח למבנה באמצעו. השיקולים בבחירת הרשתות התבססו על נסיון קודם בגידולים אחרים, ועל התצפית ההקדמית בתפוח שביצענו במלכיה ב-2001. כל מקטע מכסה כ-14 עצים לאורך השורה. לכל זן בכל טיפול סומנו בתחילת הניסוי 8 עצים (4 בכל שורה) בריאים בעלי מופע דומה במרכז הרשת, והם שימשו למעקב. הרשתות נפרסו בתחילת מאי 2002 (גמר פריחה) כדי לא להתערב בשלב ההאבקה, ונגללו הצידה בנובמבר מחשש לשלג. הכיסוי מחדש ב-2003 היה שוב בתחילת מאי. רשת הפנינה המקורית אשר מפזרת היטב את האור נמצאה כנוטה להתפורר, ולפיכך החלפנו אותה בפנינה שיוצרה בטכנולוגיה חדשה (רב שכבתית).

ברעם ב': באביב 03 הכפלנו את המבנה לכוון מזרח. גם במרכז מבנה ב' שתי שורות זהוב ושתיים סטארקינג. מקטע הביקורת חדש סומן ממערב למבנה א'. הרכב הרשתות (כולן ברמת הצללה התחלתית של 30%) בברעם ב' בסדר מצפון לדרום: אפורה, שחורה (מונופילמנט), פנינאדומה (רשת נסיונית חדשה שאמורה לשלב בין תכונות האדומה לפנינה), פנינה (חדשה), כחולה ואדומה. מסיבות טכניות נפרסו הרשתות בתחילת יוני, חודש לאחר ברעם א'.

טבלה 1. סדר הרשתות מצפון לדרום:

				בקורת מערב (2003)			
ברעם א'	ורודה	כחולה	אדומה	לבנה 12%	אפורה	פנינה 30%	בקורת דרום
05/02	15%	30%	30%		30%		
ברעם ב'	אפורה *	* שחורה	פנינאדומה	פנינה 30%	כחולה	אדומה	-
06/03	30%	30%	30%		30%		

* ב-2002 ביקורת מזרח היתה באזור זה.

ב. 2. מדדי תאורה ומיקרואקלים

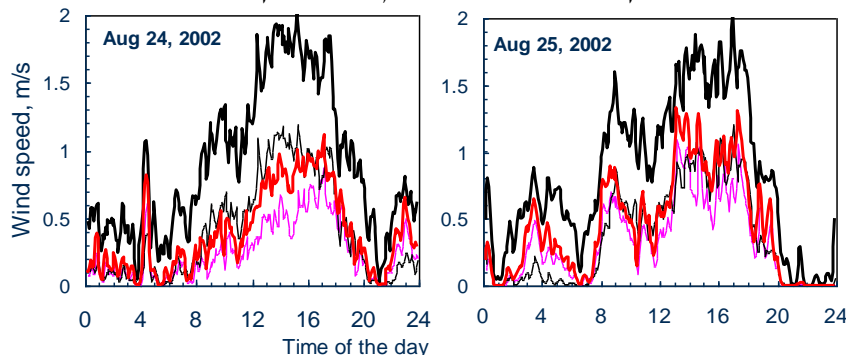
ספקטרום האור ופיזור תחת הרשתות נמדדו שוב בספטמבר 2003 (ר' גם דוח 2002). אחוזי ההצללה בתחום PAR תאמו באופן סביר את הספציפיקציות של היצרן בתחילת העונה, אך בסופה השתנו בצורה לא אחידה עקב הצטברות אבק. מתוך מה שמדדנו עד כה בניסויי הרשת השונים בארץ, ההשפעה היחסית של האבק גבוהה יותר ברשתות ממשפחת הלבנות (כאן הלבנה-ברד והפנינה) לעומת הצבעוניות האחרות. כאן רשתות המונופילמנט הלבנה והורודה עלו מ-12% ו-15% צל (PAR) ל-22% ו-23% בהתאמה. רשתות ה-30% עלו ל-35-37%. הפנינה הגיעה עד 40% עם האבק.

טבלה 2. ניתוח ספקטרה של קרינה ישירה ומפוזרת תחת הרשתות בברעם א' ו-ב'. המדידה נעשתה בצהרי יום בהיר (11 בספטמבר 03) בעזרת ספקטרטר נייט OO USB בגובה של 1.5-2 מ' מתחת לרשתות. הערכים שבטבלה מחושבים מאינטגרציה של הספקטרה בתחומים הבאים: PAR 400-700, UV 305-380, כחול 410-470, אדום 640-680, אדום רחוק 690-750 ננומטר. הערכים הם ממוצעי 9 ספקטרה שנמדדו בכל רשת.

רשת	% הצללה בתחום PAR	% אור מפוזר מסה"כ PAR	יחס אדום/אדום רחוק		יחס כחול/אדום		PAR/UV	
			מפוזרת	קרינה כוללת	מפוזרת	קרינה כוללת	מפוזרת	קרינה כוללת
ללא רשת	-	18.0±0.7	0.71±0.01	0.72±0.00	1.53±0.02	1.10±0.01	12.5±0.1	24.0±0.1
לבנה (א)	23.1±2.6	20.6±0.8	0.66±0.00	0.71±0.00	1.26±0.00	1.06±0.00	15.4±0.2	25.1±0.2
ורודה (א)	24.0±1.0	18.8±0.5	0.64±0.00	0.71±0.00	1.26±0.01	1.06±0.00	14.5±0.2	25.1±0.1
כחולה (א)	36.7±1.7	18.8±0.5	0.64±0.01	0.71±0.00	1.72±0.02	1.13±0.01	15.4±0.4	25.4±0.2
כחולה (ב)	35.2±0.9	19.4±0.3	0.65±0.01	0.71±0.00	2.05±0.02	1.19±0.01	15.8±0.3	25.6±0.3
אדומה (א)	32.8±1.1	20.5±0.5	0.62±0.00	0.70±0.00	1.05±0.01	1.02±0.00	15.8±0.4	25.4±0.1
אדומה (ב)	35.6±0.7	23.5±0.3	0.64±0.00	0.69±0.00	0.79±0.01	0.93±0.00	16.5±0.1	25.1±0.1
אפורה (א)	36.6±1.1	19.3±0.3	0.67±0.00	0.71±0.00	1.39±0.01	1.08±0.00	14.3±0.3	24.8±0.3
אפורה (ב)	38.9±1.6	19.8±0.7	0.68±0.00	0.71±0.00	1.38±0.01	1.08±0.00	14.2±0.1	24.4±0.2
פנינה חד' (א)	40.3±1.3	28.1±0.6	0.62±0.00	0.68±0.00	0.91±0.01	0.98±0.00	23.2±0.7	27.9±0.2
פנינה חד' (ב)	40.6±2.0	32.7±1.2	0.63±0.00	0.69±0.00	0.95±0.00	0.97±0.00	25.7±0.7	28.7±0.3
פנינאדומה (ב)	33.8±1.6	23.5±0.5	0.63±0.00	0.69±0.00	0.73±0.01	0.92±0.00	17.0±0.2	25.4±0.2
שחורה מש(ב)	28.6±0.9	17.8±0.1	0.69±0.00	0.71±0.00	1.46±0.01	1.09±0.00	12.9±0.1	24.1±0.1

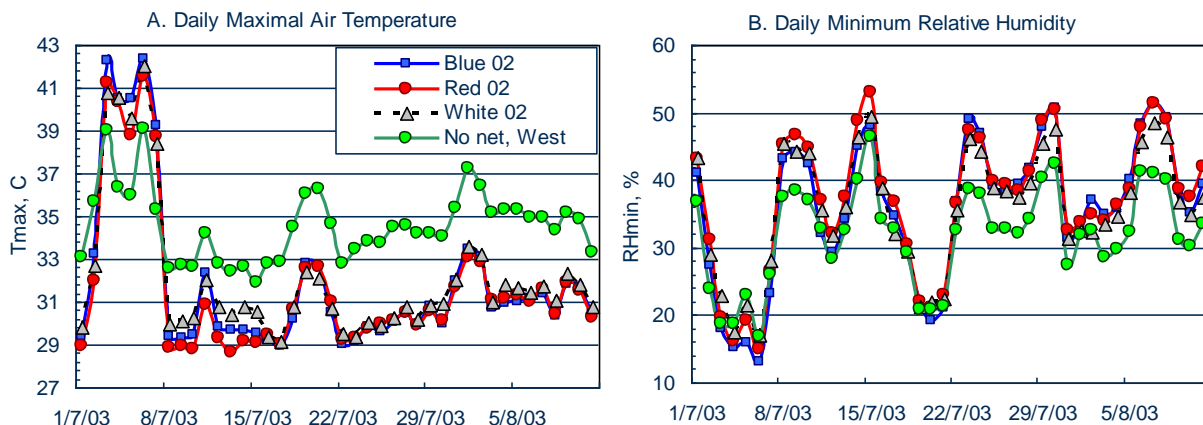
ליחס בין עצמת האור באדום לעומת אדום רחוק, וכן לתכולה היחסית של כחול ושל UV מייחסים חשיבות בבקרת תהליכים פוטומוורפוגנטיים. טבלה 2 מראה כי ההבדלים בין הרשתות מתבטאים בעיקר ביחס כחול/אדום וכן UV/PAR, ובעיקר באור המפוזר. האור הדיפוזי נחשב כאור מועיל יותר ומזיק פחות למטע לעומת קרינה ישירה.

משטר הרוחות קובע במידה רבה את מאזן המים בעץ. החלשת עצמת הרוח מעל הנוף עשויה להפחית את איבוד המים מהקרקע ומן העצים. ערכנו מדידה של מהירות הרוח מעל הנוף כדי לאמוד באופן ראשוני את יעילות הרשת במבנה האופקי הפתוח שהוקם בברעם. המדידה נעשתה במרכז מבנה הרשת (תחת הרשת הכחולה) לעומת ביקורת מזרח. כפי שמודגם באיור 1, מהירות הרוח בגובה נוף העץ תחת הרשת לא נבדלה מזו שנמדדה בבקורת, שכן העצים עצמם שוברים רוח ביעילות. לעומת זאת, בגובה של 1.5 מ' מעל הנוף נמדדה בבקורת מהירות רוח גבוהה באופן ניכר לעומת קצה הנוף, ואילו תחת הרשת מהירות הרוח בגובה היתה דומה לזאת שבקצה הנוף. מעבר לאפקט העקרוני של החלשת מפל הרוח מעל הנוף ע"י רשת הפרוסה מעל המטע, לא צפויים הבדלים בין הרשתות הצבעוניות, למעט בגין צפיפות סריגה שונה.



איור 1. מהירות הרוח תחת הרשת לעומת בקורת ללא רשת (בקורת מזרח). קו שחור עבה = בקורת, סנסור בגובה 1.5 מ' מעל הנוף; שחור דק = בקורת, סנסור בגובה הצמרת. אדום עבה = 1.5 מ' מעל הנוף תחת הרשת; ורוד דק = בגובה הצמרת תחת הרשת. המדידה נעשתה בעזרת סנסורים של מהירות רוח A75-104 מתוצרת Comptus מחוברים לאוגרי נתונים Campbell CR-10x.

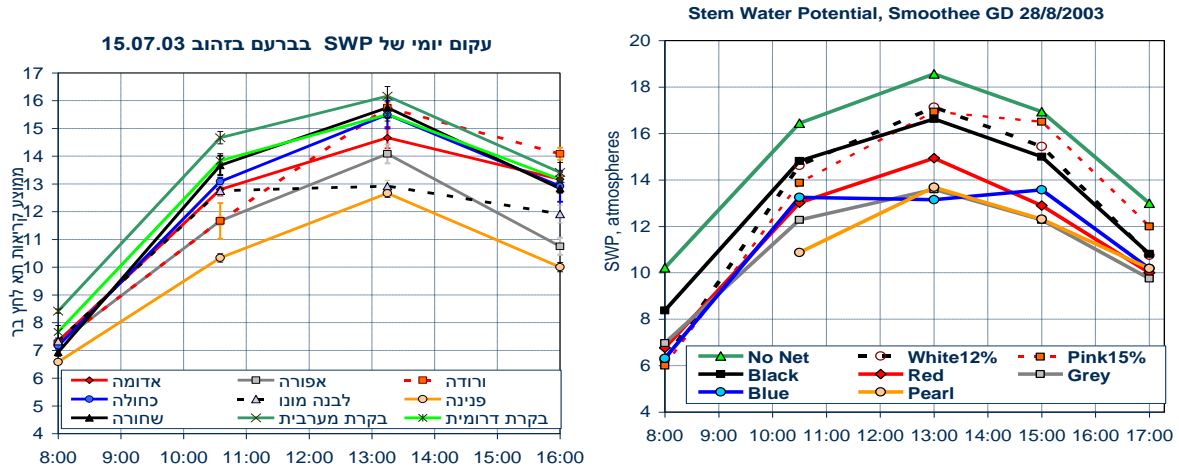
טמפרטורת ולחות האוויר היחסית נמדדו ברציפות בעזרת הובואים (ר' איור 2 לדוגמא). עקרונית, הרשתות הפחיתו את טמפ' המכסימום היומית באוויר שבקירבת הפרי, והעלו במקביל את הלחות היחסית לאורך כל התקופה (ר' גם איור 3 בדוח 2002). אולם במקרה של גל חום קיצוני ורוח חלשה עלול להכלא חום בתוך בית הרשת (ר' איור 2 בין 3-7/8/03), ואז הטמפרטורה עולה על הביקורת. הסיכון שבמצבים כאלה צריך להילקח בחשבון בתיכנון המבנה. ככל שהמבנה יהיה גבוה ומאוורר יותר כך יורחק האוויר החם מאזור הפרי ויקטן הסיכון של אפקט החממה.



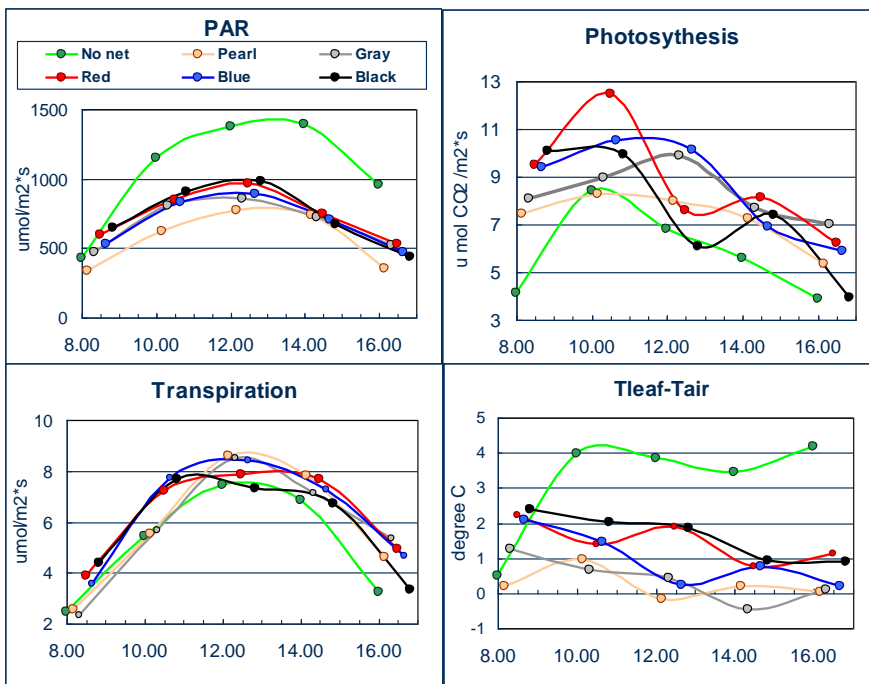
איור 2. טמפ' יומית מכסימלית (A) ולחות יחסית מינימלית באוויר (B) באמצע עונת גידול הפרי. מכשירי הובו ניתלו בתוך הנוף של 3 עצים בכל טיפול, מוגנים ע"י צלחת אלומיניום מפני קרינה ישירה. הערכים בגרף (ממוצע 3 הובו לכל טיפול וסטטית תקן) חושבו מתוך העקומות היומיות.

3.3. פוטנציאל המים בגזע

פוטנציאל המים בגזע (SWP) הוא מדד טוב למצב המים בעץ ומידת עקת היובש היומית בה נתון העץ. ב-2002 מצאנו כי כל הרשתות הפחיתו את ערכי SWP (באטמוספרות) לעומת הביקורת ללא רשת (ביקורת דרום). באמצע יולי הערכים הנמוכים ביותר (משמע פחות עקת יובש) נמדדו תחת האפורה והפנינה. במדידת סוף אוגוסט היו אלה האפורה והורודה. בשנה השניה ההשקיה היתה אחידה יותר בכל חלקת הניסוי. הפעם מדדנו עקום יומי ביולי ובאוגוסט. בשני המועדים היתה הפחתה ברורה של עקת היובש לעומת הביקורות. באוגוסט, בתנאי עקה חזקה יותר ההבדלים היו יותר חדים. מבין הרשתות בלטו שוב הפנינה והאפורה לטובה. השחורה, אשר נבחנה כאן לראשונה, והרשתות נמוכות הצל היו פחות יעילות. ציויין כי עקב מיגבלות המדידה ניתן היה למדוד רק חזרה אחת מכל רשת. השחורה ממוקמת בברעם ב'. השאר ברעם א'.



איור 3. עקום יומי של פוטנציאל המים בגזע. נמדד ביולי (שמאל) ובאוגוסט (ימין) 2003 ב-3 עצי זהוב במרכז כל טיפול, 2 עלים לעץ, כפי שתואר ע"י Naor and Peres, 2001. העלים הוחשבו כשעה וחצי לפני כל מדידה. המדידות נעשו בעזרת תא לחץ. הברים מייצגים שגיאת תקן (n=6).



איור 4. עקום יומי של קצב ההטמעה (למעלה מימין), עצמת האור הנראה (שמאל), הפרש הטמפרטורה בין העלה לאוויר (למטה מימין) וקצב הטרגנספירציה (משמאל). נמדד בעלים חשופים בעזרת מד פוטוסינתזה נייד (CID) במקביל למדידת SWP (רי איור 3) ב-28/8/03. המספרים מייצגים ממוצעי 7 עלים לכל רשת. הערה: מדידת האור נעשתה ע"י אותו מכשיר ביחד עם מדידת הטרגנספירציה וקיבוע CO₂.

ב.4. פעילות העלווה

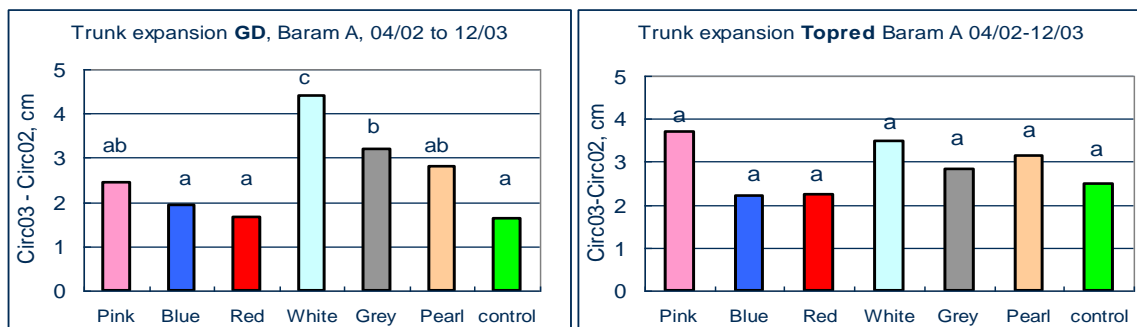
קצב הפוטוסינתזה בעלים חשופים לאור (בצד הדרומי של הנוף) נמדד בעזרת מד פוטוסינתזה נייד -CID- 510 תחת רשתות ה-30% בברעם א', השחורה בברעם ב' ובקורת דרום. איור 4 מדגים כי למרות שעצמת האור תחת הרשתות נמוכה מהביקורת, קצב ההטמעה גבוה יותר במרבית שעות היום והפיוניות פתוחות יותר (=הטרנספירציה גבוהה יותר). עלי הביקורת היו חמים בכ-4 מעלות יותר מהאוויר בשעות הבוקר והצהריים, באדומה ובשחורה רק ב-2 מעלות, ואילו באפורה, כחולה ופנינה טמפרטורת העלה והסביבה היו שוות. נמצאה שונות בין הרשתות בעקום הפוטוסינתזה היומי. באדומה ובשחורה נראתה התנהגות טיפוסית של שיא עיקרי בבוקר, ירידה בצהריים ושיא שני אחה'צ, כאשר הקצב באדומה עלה באופן מובהק על השחורה. בבקורת נמדד רק שיא אחד בשעה 10 בבוקר. באפורה השיא נמדד דווקא בצהריים. בכחולה ובפנינה היתה פעילות דומה בבוקר ובצהריים וירידה רק לקראת סוף היום. זה מימצא מעניין שדורש לימוד מעמיק יותר.

ב.5. צימוח וגטטיבי:

א. השלכת התאחרה תחת הרשתות. למשל ב-24/11/02 היו עצי הביקורת של הטופרד בשלכת כמעט מלאה, בעוד שתחת הרשתות כמחצית העלווה נראתה עדיין חיונית. בזהוב עצי הביקורת היו בשלכת חלקית, ואילו העצים תחת הרשתות היו עדיין ירוקים וחיוניים.

ב. קצב התעבות הגזע: המעקב צריך להיות רב-שנתי. בינתיים יש בידינו רק נתון ראשוני של ההפרש בהיקף הגזע בין אפריל 2002 לדצמבר 2003 אשר מראה כי בשני הזנים אין הבדל בין עצי הביקורת לבין הרשת האדומה והכחולה. בזהוב היתה התרחבות גזע מוגברת ברשת הלבנה ובאפורה (באופן מובהק), וכן בפנינה ובורודה (לא מובהק). המגמה בסטארקינג היתה דומה אך ללא מובהקות סטטיסטית.

ג. משקל הגזם: ככלל ניתן להסיק שהרשתות לא העלו את משקל הגזם באופן מובהק. בבקורת מזרח של שנה א' חלק מהעצים היו חלשים יותר, וזה התבטא בפחות גזם באופן מובהק בשני הזנים לעומת בקורת דרום והרשתות. אזור זה כוסה בשנה השניה (מבנה ברעם ב') ברשתות האפורה והשחורה (סימון * בטבלה 1 ו-2) ועדיין היה בו פחות גזם יחסית לביקורות ולשאר הרשתות.



איור 5. השוואת קצב התרחבות הגזע ברשתות השונות בברעם א'. היקף הגזע נמדד בנקודת גובה קבועה ב-15 עצים לטיפול בברעם א' באפריל 2002, ושוב באותה נקודה בדצמבר 2003. העמודות מיצגות את ממוצעי ההפרשים. אותיות שונות מעידות על שונות מובהקת ברמת $P > 0.05$.

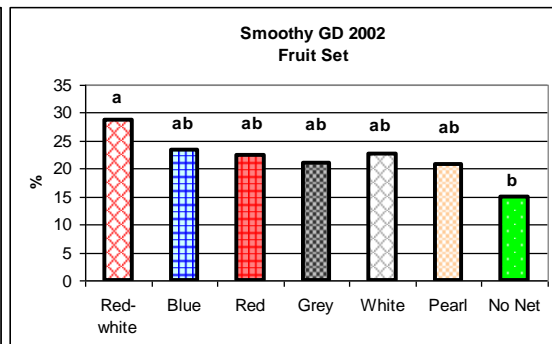
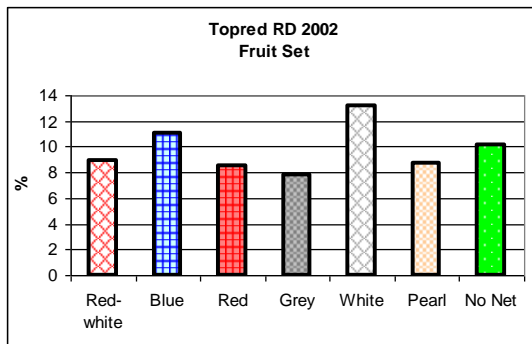
ב.6. התפתחות הפרי במהלך העונה

אחוז חנטה

בזהוב בכל הרשתות היה ב-2002 ממוצע אחוז החנטה גבוה מן הביקורת (דרום), אך רק ברשת הורודה היתה השונות מובהקת (על בסיס עצים בודדים כחזרות, איור 6 בדוח 2002). כיון שהרשתות נפרסו לאחר הפריחה, המדידה משקפת בעיקר את השרדות החנטים, ולא את תהליך החנטה עצמו. בטופרד, שהוא זן פחות פורה בד"כ, לא נמצאו בשנה הראשונה הבדלים מובהקים באחוז החנטה בין הטיפולים השונים. ב-2003 החנטה היתה מאוד ירודה בזן זה ולא ניתן היה לבצע את הבדיקה.

טבלה 3. משקל הגזם בשנה ראשונה (02/03/03) ושניה (11/02/2004). כל עץ נגזם לפי הנוהל המסחרי המקובל, ונשקל בנפרד: 16 עצים לכל רשת לכל זן בברעם א' (כולל בקורת דרום); 5 עצים לטיפול (וביקורת מערב) בברעם ב'. אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמה $P > 0.05$. *מיקום בקורת מזרח הוסט בשנה שניה לצד המערבי של ברעם א', עקב בניית מבנה ברעם ב'.

רשת	זהוב א' 03	זהוב א' 04	זהוב ב' 04	טופרד א' 03	טופרד א' 04	טופרד ב' 04
פנינה	1.83 a	4.63 a	3.94 a	2.36 a	6.85 a	6.74 abc
אפורה	2.19 a	4.56 a	2.07 b*	2,34 a	4.55 b	3.51* c
ורודה	1,59 a	4.42 a	-	2.21 a	6.06 ab	-
לבנה	1.74 a	4.33 a	-	2.00 a	5.05 ab	-
אדומה	1.90 a	4.23 a	3.65 a	2.30 a	5.43 ab	7.01 ab
כחולה	1.80 a	4.20 a	3.78 a	2.21 a	4.97 ab	8.94 a
פנינאדומה	-	-	2.95 ab	-	-	5.34 bc
שחורה	-	-	2.50 ab*	-	-	4.14* bc
בקורת דרום	1.20 ab	3.54 a	-	2.34 a	5.76 ab	-
בקורת מזרח*	0.47 b	-	-	0.56 b	-	-
בקורת מערב	-	-	3.54 a	-	-	5.26 bc



איור 6. אחוז החנטה בשני הזנים. בכל זן סומנו 1000 פרחים לטיפול (5 עצים, בכ"א 4 ענפים, על כ"א 10 פקעי פריחה, על כ"א 5 פרחים). ספירת החנטים נעשתה ב-1 ביולי 02 וחושבה כאחוז ממספר הפרחים ההתחלתי. המובהקות הסטטיסטית (ברמת 5%) מתייחסת ל-5 העצים.

גודל הפרי במהלך העונה

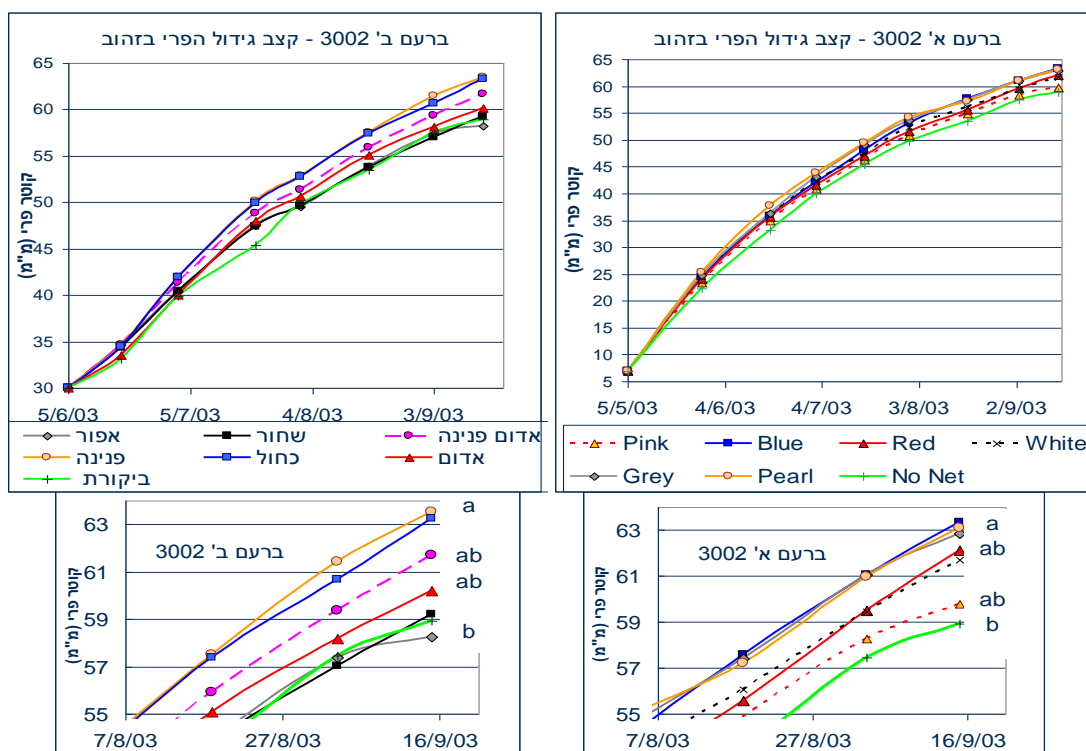
ב-2002 מצאנו הבדלים בקוטר הפרי כבר מתחילת העונה, והם הלכו והתבלטו במהלכה. בזהוב ההבדלים בין הרשתות לביקורת היו מובהקים, אך לא בין הרשתות לבין עצמן. בטופרד ההבדלים לא היו מובהקים, אך השונות בין הטיפולים נשמרה קבועה לאורך כל העונה. למשל הפרי הגדול ביותר נמדד בזהוב תמיד תחת הפנינה ובטופרד תחת האדומה. זה אולי מרמז על השפעה כבר בשלב חלוקת התאים. ב-2003 מדדנו רק זהוב, אשר כזכור היתה בו בעיתיות של דילול לא מספיק ולא במועד הנכון. נזכיר שוב כי בברעם ב' הרשתות נפרסו חודש אחרי ברעם א'. איור 6 מראה כי בדומה לשנה הראשונה, גם השנה הגדילו הרשתות את קצב גידול הפרי. סדר הגדלת הפרי היה:

בברעם א': פנינה, כחולה, אפורה < אדומה ולבנה < ורודה < בקורת.

בברעם ב': פנינה וכחולה < פנינאדומה < אדומה < ביקורת, שחורה ואפורה.

בשתי החזרות של הפנינה והכחולה הפרי הגיע לאותו קוטר בסוף העונה (ממוצע 63.2 מ"מ לעומת 58.9 בבקורת). כלומר הדחיה בפריסת הרשת מתחילת מאי (ברעם א') לתחילת יוני (ברעם ב') לא השפיעה לרעה על הגדלת הפרי ע"י הרשת. אבל ייתכן שעומס הפרי המוגזם היווה גורם מגביל בשנה זאת. נושא מועד הכיסוי ברשת צריך להבחן בעתיד.

מידת החזרה של תוצאות בשתי השנים: התוצאה המיטבית בזהוב תחת הפנינה חזרה על עצמה בשתי החזרות של 2003, כמו גם ב-2002. זאת למרות שהשנה מדובר בפנינה בעלת תכונות שונות במקצת מהפנינה של 2002: קצת פחות פיזור אור (אך עדיין יותר מכל שאר הרשתות), ויותר בליעה בתחום ה-UV. הכחולה לא הצטיינה בשנה הראשונה. אם יש לה השפעה ממתנת צימוח מסויימת גם בתפוח, כפי שמצאנו בצמחי נוי, אז ייתכן שב-2003 עמוסת היבול זה נתן יתרון לטובת הפרי. התוצאה הירודה בבגודל הפרי באפורה ב', בשונה מאפורה א' ב-2003 נובעת אולי מחולשת חלק מעצי הניסוי אשר תוארה למעלה בברעם ב'. אם זה נכון, אז גם לגבי השחורה עלול לעלות ספק. זה מחייב הקמת חזרה נוספת לשחורה בהמשך המחקר. כל האמור למעלה מחזק את הצורך במעקב רב שנתי רציף. שתי עונות אין בהן די להסקת מסקנות.



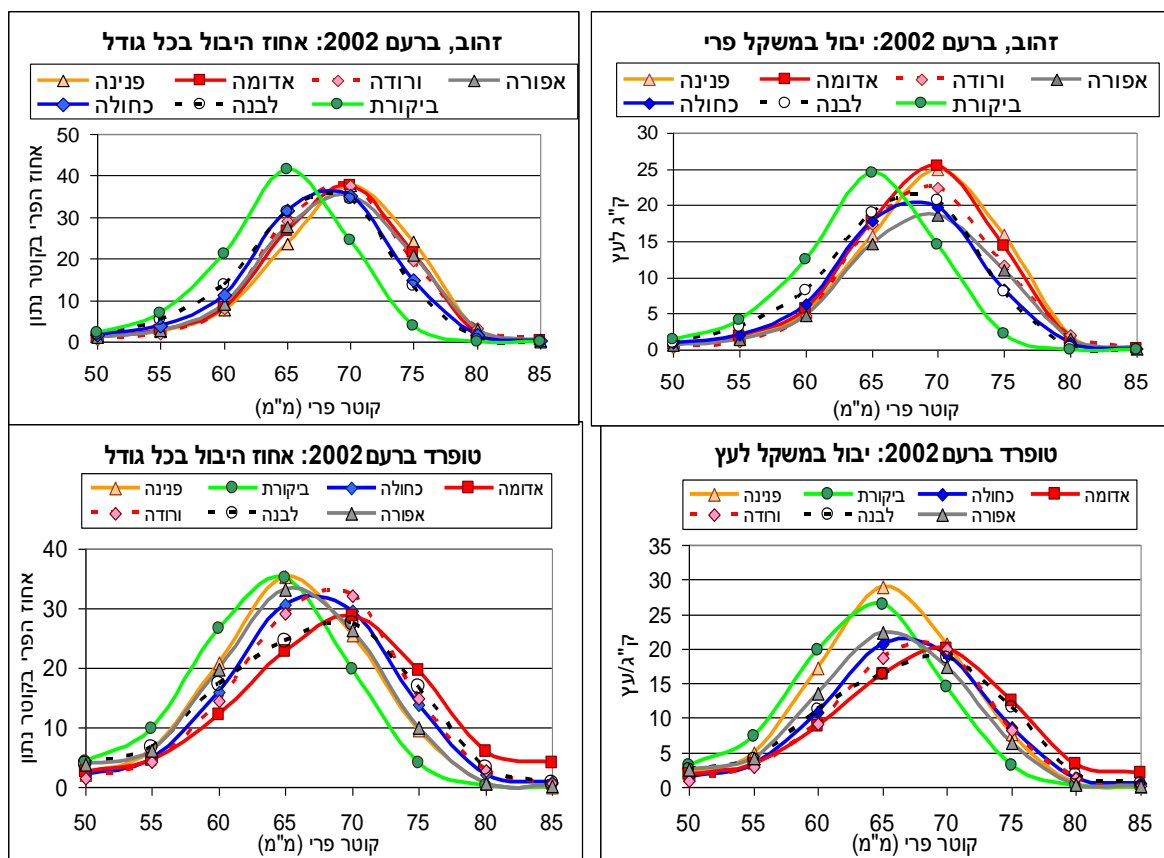
איור 7. התפתחות גודל הפרי בזהוב במהלך עונת 2003 תחת הרשתות בברעם א' (מימין) וב' (שמאל). קוטר הפרי נמדד ב-40 פירות מסומנים בכל טיפול (8 פירות לעץ ב-5 עצים מרכזיים) במועדים המצוינים. האיורים התחתונים הם הגדלה של נתוני סוף העונה. אותיות שונות מבטאות מובהקות ברמת 0.05.

7.7. יבול וגודל פרי בקטיפ

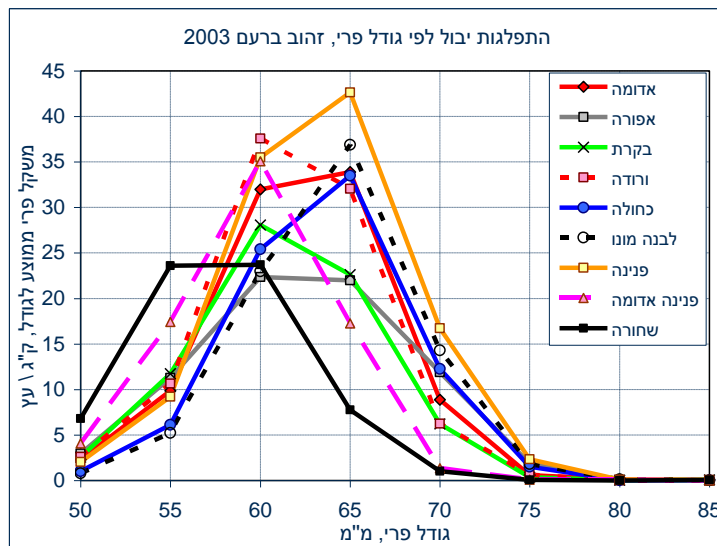
בשנה הראשונה בוצע הקטיפ כולו ביום אחד, ב-10 בספטמבר 2002. בכל טיפול של כל זן נקטפו 8 עצים. יבול כל עץ מויין בנפרד בבית האריזה ברעם. בניתוח הסטטיסטי התחשבנו בכל עץ כחזרה. לא נמצאה שונות מובהקת בסה"כ היבול (הן במספר פירות לעץ והן במשקל לעץ) בין הרשתות, ובין לבין ביקורת דרום. בביקורת מזרח נראו העצים חלשים והכילו משמעותית פחות פירות לעץ. בקורת זאת לא

נכללה בהשוואה, מחשש שהיא לא משקפת את מרבית המטע המסחרי. היבול בשני הזנים היה כ-7 טון לדונם.

נמצאו הבדלים מאוד דרמטיים בגודל הפרי שנקטף. יבול הפרי הגדול (75 מ"מ ומעלה) עלה מממוצע של 3 ק"ג לעץ בבקורת של שני הזנים עד ל-18 ק"ג לעץ בטיפול הפנינה (בזהוב). כלומר, הגדלה של פי 6 (!) בפרי הגדול, שמשמעותה הגדלה של כ-1.7 טון פרי גדול לדונם. בזהוב, בנוסף לפנינה גם תחת האדומה והורודה התוצאות היו גבוהות מן הבקורת באופן מובהק. עקום התפלגות היבול לפי גודל הפרי הראה הסטה ע"י הרשתות לכוון הפרי הגדול על חשבון הפרי הקטן (איור 8). כל הרשתות הסיטו את הפיק לכוון הפרי הגדול, כאשר מתוכן בכחולה ובלבנה ההשפעה היתה פחותה. בטופרד השונות בין הרשתות היתה גדולה יותר. גם כאן, כמו בזהוב, היתה התאמה למעקב העונתי. עפ"י מיקום הפיק ניתן לדרג את הטיפולים בסדר יורד של אפקט הגדלת הפרי ב-2002: אדומה < ורודה, לבנה, כחולה < אפורה ופנינה < בקורת.



איור 8. התפלגות היבול לפי גודל הפרי בזהוב (למעלה) וטופרד (למטה) ב-2002. חושב על בסיס משקל פרי לעץ מכל גודל (ימין) או באחוזי המשקל בכל גודל מסה"כ משקל הפרי לעץ (שמאל).



איור 9. התפלגות היבול לפי גודל הפרי בזהוב ב-2003. בטיפולים הכפולים (ביקורת והאדומה, כחולה, פנינה ואפורה) הערכים הם ממוצעי כל עצי הניסוי משתי החזרות. בורודה, לבנה, שחורה ופנינאדומה הערכים הם ממוצעי 8 עצים בחזרה אחת.

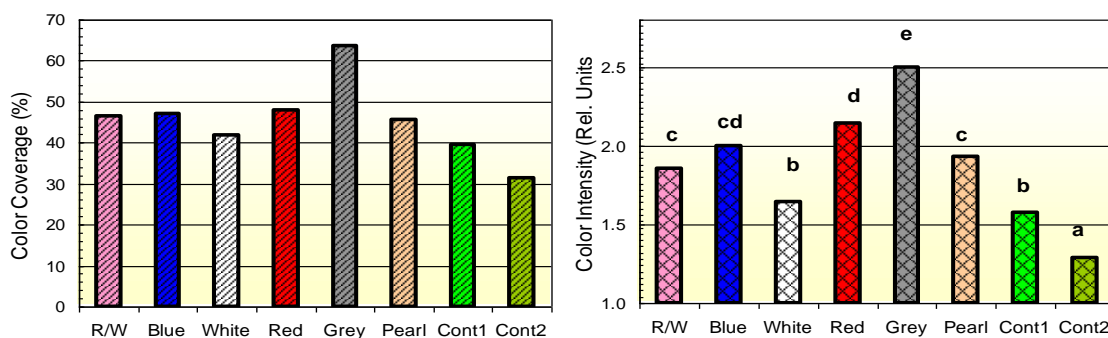
תחשיב של המשמעות הכספית של הגדלת הפרי, אשר נעשה על בסיס התמורה לכל גודל (ממוצעי 01-2000 שניתנו ע"י ביאיר פירות גולן) העלה תוספת של כ-8000 ש"ח לדונם בשער המטע בשני הטיפולים המירביים (רשת הפנינה והאדומה), מעל התמורה הממוצעת בביקורת. בטופרד חושבה תוספת של כ-2000 ש"ח בטיפול המירבי (פנינה), שכן בשונה מהזהוב כאן היתה העדפה לקוטר של 70 מ"מ, ומעליו התחיל המחיר לרדת.

בשנת 2003 ממוצע גודל הפרי בזהוב היה באופן כללי קטן בכ-5 מ"מ לעומת השנה הקודמת, כצפוי מהדילול הלקוי. הרשת היחידה בה היה יותר פרי קטן לעומת הביקורת היתה השחורה. בהתייחס להתפלגות היחסית של היבול בכל רשת, ולא לעומס היבול עצמו, ניתן לראות (מיקום השיאים באיור 9), כי ההגדלה היחסית של הפרי היתה בסדר הבא:

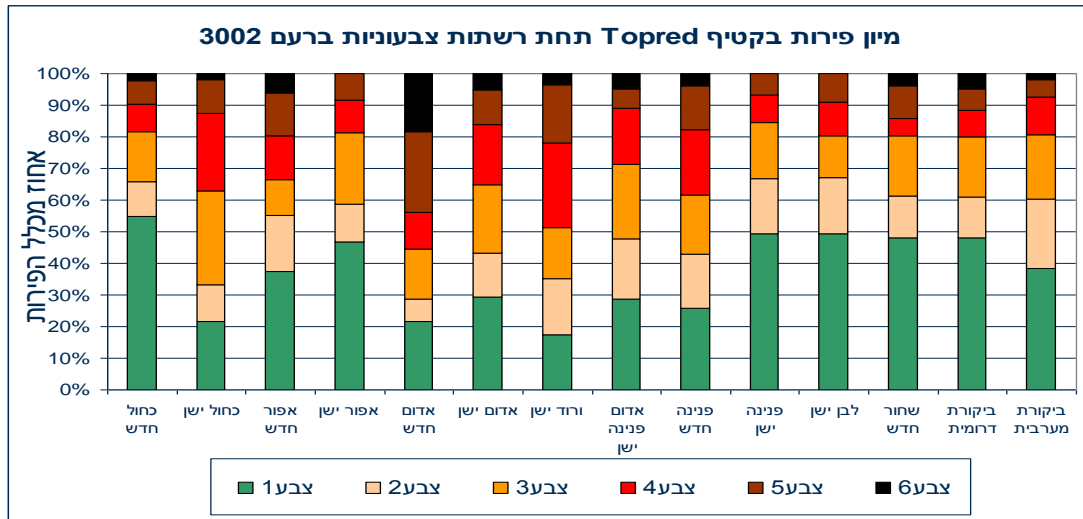
פנינה, כחולה, לבנה < אדומה < אפורה < בקורת, ורודה, פנינאדומה < שחורה

8.ב. צבע הפרי במהלך העונה ובקטיף

במהלך העונה הראשונה נמדדו הבדלים בהתפתחות הצבע האדום בטופרד, כאשר מבין הרשתות בלט במיוחד הפרי תחת האפורה, ואחריו באדומה לעומת הביקורת (איור 10). בין שתי הביקורות גם במדד הצבע בקורת דרום היתה טובה מבקורת מזרח. ואולם, עד מועד הקטיף ההבדלים היטשטשו, אם כי נשארה מגמה דומה. תוצאה מעניינת התקבלה גם בזהוב, כאשר במיון בית האריזה אובחנה לחי ורודה ב-5.5% מהפרי של רשת הפנינה. בשאר הרשתות ובביקורות היה רק בין 0-0.5% פרי כזה.



איור 10. עצמת הצבע האדום (ימין) ואחוז שטח הפרי המכוסה באדום (שמאל) בטופרד באמצע עונת 2002 פרטים – ר' רפרנס למטה.



איור 11. מיון טופרד 2003 לפי צבע בבית האריזה פירות גולן. ישן = ברעם א'. חדש = ברעם ב'. דרגה 6 = אדום מלא; דרגה 1 = ירוק.

בעונת 2003 היבול הנמוך הגביל את מעקב הצבע המידגמי. בחלק מעצי הניסוי היו רק פירות בודדים. כל הפרי שנקטף נשלח לביאיר פירות גולן למיון פרטני. אם משווים את אחוז הפרי בעל הצבע העז (דרגה 4+5+6) לעומת הצבע החלש (1+2+3) ניתן לראות מגמת יתרון לאדומות. בשתי הביקורות, בשחורה, בלבנה, בכחולה החדשה ובאפורה הישנה הצבע החזק היווה רק 20% מהפרי, ואילו בפנינאדומה 30%, בורודה 50%, באדומה הישנה 35% ובאדומה החדשה 55% מהפרי.

ב.9. מכות שמש

מתוך ספירת הפרי הפגוע שנעשתה באמצע עונת 2002 על עצי הניסוי וכן מתוצאות בית האריזה עולה כי הרשתות מספקות הגנה טובה מפני מכות שמש, וכי יעילותן תלויה בעיקר באחוז ההצללה. הרשתות של 30% מנעו באופן משביע רצון את מכות השמש בזהוב, ואילו רשת הברד הלבנה היתה פחות יעילה. מגמה דומה מצאנו בניסוי ההקדמי בגרני סמיט ב-2001. יחד עם זאת, נראית מגמה של שוני מסויים (אם כי לא מובהק) בין רשתות ה-30%. בשני הניסויים היו פחות מכות שמש תחת הפנינה ויותר באדומה (טבלה 2). יעילות הפנינה, אם היא אמיתית, עשויה לנבוע מפיזור האור הרב האופייני לה, או מאחוז הצללה גבוה במיקצת מ-30% עקב השפעת אבק רבה יותר לעומת הצבעוניות האחרות. דרושה בדיקה נוספת.

טבלה 4. מכות שמש בזהוב בברעם 2002 ובגרני סמיט במלכיה 2001. ספירת פירות פגועים על העץ נעשתה בסוף יולי 02. חלק מפירות אלה לא שרד עד בית האריזה. התוצאות מגרני התקבלו בניסוי ההקדמי.

רשת	זהוב 2002 בברעם		בבית האריזה % מהפרי	גרני 2001 במלכיה בבית האריזה % מהפרי
	ספירת פירות לעץ בעונה בינוני	נזק חמור		
בקורת	19.8 a	20.6	7.3 a	40.3 a
לבנה "12%"	3.9 b	0	4.6 ab	27.5 b
ורודה 16%	0	0	2.3 b	--
אדומה 30	0	0	1.7 b	19.7 c
כחולה 30	0	0	1.5 b	15.5 c
אפורה 30	0	0	0.8 b	--
פנינה 30	0	0	0.4 b	12.6 c

ב.10. איכות הפרי בקטיף

ב-2003 דגמנו בעת הקטיף פרי והעברנו לרות בן אריה לבדיקת הבשלה אשר בוצעה בו ביום. נדגמו 5 פירות לעץ, 5 עצים לרשת מטיפולי ברעם א', וכן שחורה ופנינאדומה מברעם ב'. התוצאות לא היו חד משמעיות. בטופרד פירות הפנינה הראו באופן מובהק האפלה (עפיי תכולת סוכר, עמילן, חומצה ומוצקות) שאמדנו אותה בכשבע או יותר. לפי זה ניתן היה לקטוף בטיפול זה מאוחר יותר, ולקבל פרי גדול עוד יותר. זאת היתה בחינה ראשונית. יש לחזור עליה בהמשך המחקר ולהגדיל את המידגמים.

ג. מסקנות והשלכותיהן על המשך המחקר

דיווחים קודמים על הצללה בתפוח העידו על השפעות שליליות של פגיעה בגודל הפרי ובפוריות. הם נעשו ברשתות שחורות (20% הצללה ומעלה), ובחלקם בתנאי אקלים שונים משלנו. במחקר ההקדמי ברשתות הצבעוניות לא רק שלא נמצאו עד כה השפעות שליליות, אלא שמצאנו מיגוון רחב של השפעות חיוביות. בין היתר נמצא שיפור חנטה תחת חלק מהרשתות הנבחנות, שיפור העמידות לעקת היובש בקיץ (עפ"י פוטנציאל המים בגזע, מוליכות הפיוניות וטמפרטורת העלה), שיפור פעילות העלווה (קצב הפוטוסינתזה), שיפור חיוניות העצים ודחיית השלכת, מניעת מכות שמש בפרי, השפעות מעניינות על צבע הפרי, ומעל הכל - הגדלה דרמטית של הפרי בשני הזנים. הגדלת הפרי עשויה לנבוע מזרוז חלוקת התאים או מהגברת התארכות התאים או משניהם גם יחד. מהתוצאות שהתקבלו עד כה מסתמן כי ההשפעה החיובית של הרשתות מתחילה כבר בשלב הראשון של התפתחות החנט, דהיינו בשלב חלוקת התאים. מבין הרשתות היו שהתבלטו במדדים מסויימים (למשל גודל הפרי) לעומת האחרות, ואילו במדדים אחרים לא היתה שונות מובהקת ביניהן. עדיין מוקדם להסיק חד משמעית מה מבין ההשפעות הוא ספציפי לתכונות הרשת וסינון האור, ומה נובע מעצם ההגנה שמספק הכסוי ברשת.

כיון שהגישה היא חדשה הן בקנה מידה ארצי והן עולמי, וכיון שהיא נבחנה כאן לראשונה בתפוח, מובן שזאת רק תחילת הדרך. המשך המחקר דורש: א. המשך הלימוד במתכונת הנוכחית לאישוש התוצאות במשך 4-5 עונות רצופות, כפי שמתחייב במטעים. ב. הרחבת והעמקת ההבנה של תגובות העץ וסביבתו, בכדי שנוכל להגיע לתועלת המירבית מהרשתות. ג. הוספת חזרה שניה לרשת השחורה (אשר אינה משנה את איכות האור אלא רק את כמותו) לשם השוואה וביסוס הייחוד של הצבעוניות. ד. בחינת השפעת הרשתות הצבעוניות על פעילות הדבורים המאביקות, ועל מרכיבי הגנת הצומח. ה. בחינת הפוטנציאל לחסכון בהשקיה, בנוסף על שיפור התמורה למ"ק מים. ו. אופטימיזציה של מועד הכיסוי ברשת ושל מבנה בית הרשת.