

בחינת טכנולוגית הרשתות הצבעוניות לשיפור הפוריות ואיכות הפרי בתפוח

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

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, כל התהליכים ההתפתחותיים במחזור הגידול תלויים באור, ובכלל זה כמות האור, הרכבו הספקטראלי, ויעילות חדירתו אל חובו של נוף העץ. 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. צפוי 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 ספקטראליות 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. האם ניתן להפחית מכות שמש בפרי? ד. האם ניתן להשפיע בעזרת הרשתות על מאזן המים בעץ ולחסוך בהשקיה במקביל לשיפור היבול ואיכות הפרי? ה. גיבוש תחשיב כלכלי והמלצות למגדלים.

המחקר אושר במתכונת של בחינת היתכנות הקדמית למשך שנתיים, אשר 2002 היתה הראשונה מביניהן.

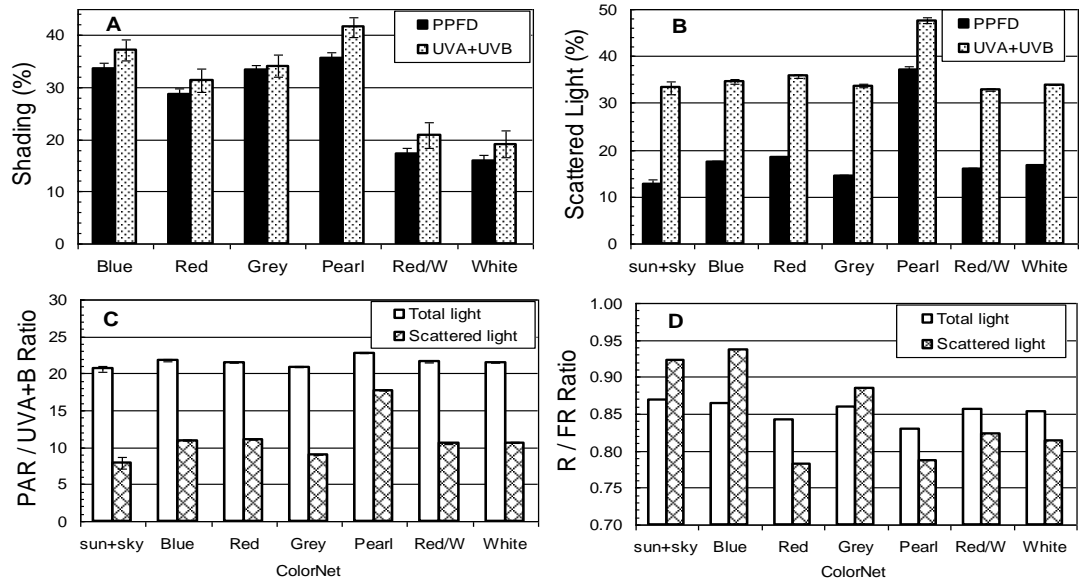
הניסויים והתוצאות בתקופת הדוח

1. העמדת הניסוי

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. הניטעה 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). 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 ההפריה, ונגללו הצידה בנובמבר מחשש לשלג. הכיסוי מחדש מתוכנן למועד סוף הפריחה ב-2003.

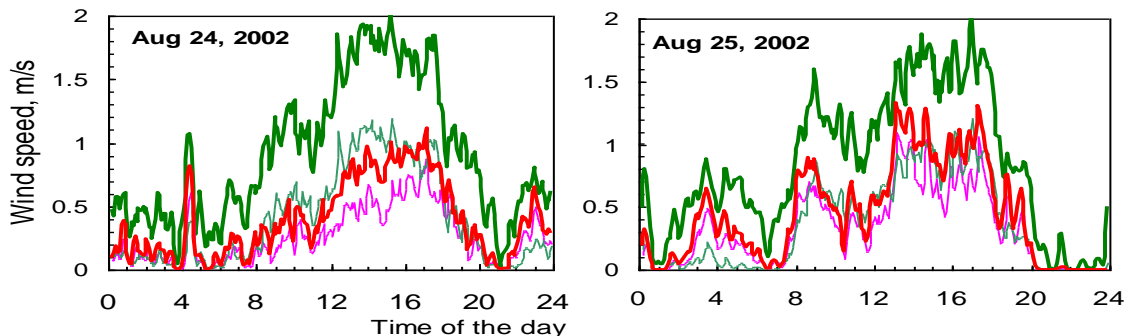
2. מדדי תאורה ומיקרואקלים

עיבוד של מדידות ספקטרום האור ופיזורו תחת הרשתות כפי שנמדד באמצע עונת הפרי מסוכם באיור 1. אחוזי ההצללה בתחום PAR תאמו באופן סביר את הספציפיקציות של היצרן, למעט רשת הברד אשר עלתה מ-12% לכ-17% עקב הצטברות אבק. מתוך מה שמדדנו עד כה בניסויי הרשת השונים, ההשפעה היחסית של האבק גבוהה יותר ברשתות ממשפחת הלבנות (כאן הלבנה-ברד והפנינה) לעומת הצבעוניות האחרות. אחוזי ההצללה הגבוהים יותר בתחום ה-UV לעומת PAR נובעים מבליעה ספציפית של תחום זה ע"י הרשתות, ובמיוחד ע"י הפנינה (איור A1). למרות צפיפות הרשתות הנמוכה, מרבית הרשתות הצבעוניות (למעט האפורה) מגבירות באופן ניכר את תכולת האור הדיפוזי מתוך סה"כ הקרינה. במיוחד בולטת הפנינה, אשר בייצורה הוכנסו אלמנטים מפזרי אור. גם בתחום ה-UV ניתן לראות הגברת האור המפוזר ע"י הרשת הכחולה והאדומה (ר' גם Oren-Shamir et al. 2001), ויותר מכל ע"י הפנינה, למרות שבתחום זה מרכיב האור בקרינה הטבעית המפוזר הוא מלכתחילה גבוה לעומת PAR (איור B1, C1). ליחס עצמת האור באדום לעומת אדום רחוק מייחסים חשיבות בבקרת תהליכים פוטומוורפוגנטיים. כפי שניתן לראות באיור D1 יחס FR\IR תחת הפנינה והאדומה נמוך לעומת האור הטבעי והרשתות האחרות. כלומר, יש בהם העשרה מסויימת ב-FR לעומת R. האור הדיפוזי נחשב כאור מועיל יותר ומזיק פחות למטע לעומת קרינה ישירה. בשנה הבאה יש בכוונתנו לאפיין את חדירת האור והתפלגותו בתוך נוף העץ הלכה למעשה תחת כל רשת, כדי לוודא שאכן חודר יותר אור אל חובו של הנוף והאם עדיין ניכרת בו השונות הספקטרלית הנובעת מתכונות הרשת.



איור 1. ניתוח התכונות האופטיות של הרשתות בניסוי ברעם. A. ההצללה חושבה מאינטגרל הספקטרה של כלל הקרינה (ישירה ומפוזרת) תחת כל רשת בתחום PAR (400-700nm) או UV (300-380nm) כאחוז מעצמת הקרינה ללא רשת. B. התכולה היחסית של אור מפוזר מכלל הקרינה תחת כל רשת בתחום PAR או UV. C. יחס עצמת הקרינה (ביחידות $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) בתחום PAR לעומת UV תחת כל רשת. D. יחס עצמת הקרינה באדום (640-680) לעומת אדום רחוק (700-750nm). הברים מציינים SE (n=6-9). המדידות נעשו בצהרי יום בהיר (7/7/2002) בגובה של כ-1.5 מ' מתחת לרשתות, בעזרת ספקטרומטר CI-700 מתוצרת CID, וושינגטון ארה"ב, תוך שימוש בדיפיוזר ומתקן לאוריאנטציה מקבילה לקרני השמש מתוצרת בית. לצורך מדידות הקרינה הדיפוזיית הוצב דיסק אטום במרחק 50 ס"מ מהדיפיוזר.

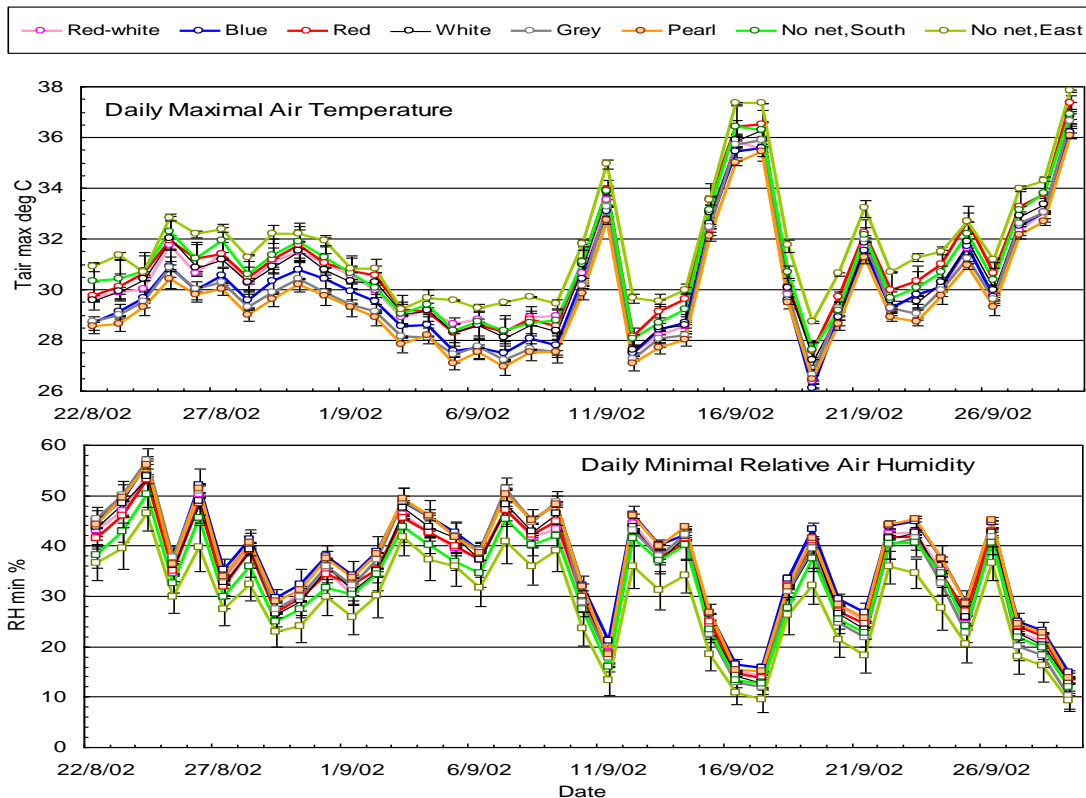
משטר הרוחות קובע במידה רבה את מאזן המים בעץ. החלשת עצמת הרוח מעל הנוף עשויה להפחית את איבוד המים מהקרקע ומן העצים. ערכנו מדידה של מהירות הרוח מעל הנוף כדי לאמוד באופן ראשוני את יעילות הרשת במבנה האופקי הפתוח שהוקם ברעם. המדידה נעשתה במרכז מבנה הרשת (תחת הרשת הכחולה) לעומת ביקורת מזרח. כפי שמודגם באיור 2, 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 2. מהירות הרוח תחת הרשת לעומת בקורת ללא רשת (בקורת מזרח). קו ירוק עבה = בקורת, סנסור בגובה 1.5 מ' מעל הנוף; ירוק דק = בקורת, 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.

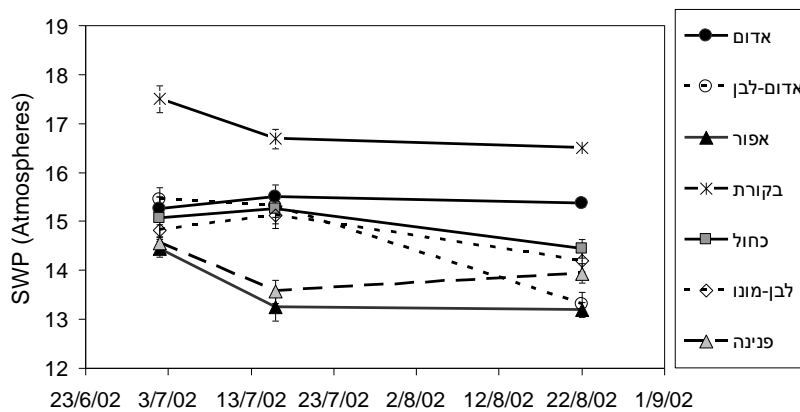
טמפרטורת ולחות האויר היחסית נמדדו ברציפות לאורך כל העונה בעזרת הובואים (ר' איור 3 לדוגמא). עקרונית, מרבית הרשתות הפחיתו את טמפי' המכסימום היומית והעלו במקביל את הלחות היחסית. בבקורת דרום נמדדו טמפי' נמוכות יותר מבקורת מזרח. זה נובע אולי מהקרבה הרבה יותר של בקורת דרום אל מבנה הרשת, או משפוע מסוים של פני השטח ההולך ויורד לכוון בקורת דרום, או מסיבה אחרת.

מבין הרשתות, הפנינה, האפורה והכחולה הפחיתו את טמפי' המכסימום בד"כ במידה רבה יותר מאשר האדומה, הורודה והלבנה.



איור 3. טמפי' יומית מכסימלית (A) ולחות יחסית מינימלית באויר (B) בסוף עונת גידול הפרי. מכשירי הובו ניתלו בתוך הנוף של 3 עצים בכל טיפול, מוגנים ע"י צלחת אלומיניום מפני קרינה ישירה. הערכים בגרף (ממוצעי 3 הובו לכל טיפול וסטיית תקן) חושבו מתוך העקומות היומיות.

פוטנציאל המים בגזע (SWP) הוא מדד טוב למצב המים בעץ ומידת עקת היובש היומית. כפי שניתן לראות באיור 4 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 הבאה מתוכנן מעקב יותר תדיר לאורך העונה, כמו גם עקום יומי כדי לחדד את ההבדלים, אם הם משמעותיים. כמו כן יהיה מעקב קפדני יותר על אחידות ההשקייה.



איור 4. פוטנציאל המים בגזע נמדד ב-4 עצי זהוב במרכז כל טיפול, 2 עלים לעץ, כפי שתואר ע"י Naor and Peres, 2001. העלים הוחשבו בבוקר ונמדדו בצהריים בעזרת תא לחץ. הברים מייצגים שגיאת תקן (n=8).

3. פעילות העלווה וצימוח וגטיבי

פוטוסינתזה נמדדה פעם אחת לשם בירור ראשוני. התוצאות המסוכמות בטבלה 1 מצביעות על פיוניות יותר פתוחות ושיפור קצב קיבוע CO₂ תחת הרשתות, ובמקביל צינון יעיל יותר של העלה. קצב ההטמעה תחת הכחולה היה נמוך (לא מובהק) מהאדומה והורודה. גם נושא זה דורש בדיקה מפורטת יותר, כולל עקום יומי, אשר מתוכננים לשנה הבאה.

טבלה 1. קצב ההטמעה ומוליכות פיוניות תחת הרשתות. המדידה נעשתה ב-21/08/2002 בון טופרד במכשיר נייד CI-510 מתוצרת CID ארה"ב, בעלים חשופים בין 9:30 ל-10:30. נימדדו רק שלוש רשתות (ורודה, אדומה וכחולה). הבקורת (הדרומית) נמדדה לפני הרשתות ושוב לאחריהן. הערכים יצאו זהים. עצמת האור היא חלק מסך המדדים שמתקבלים מהמכשיר בעת המדידה של כל עלה. היא לא מדידה מדויקת לקביעת אחוז הצל בכל רשת, אלא משמשת אינדיקציה שעקרונית כל המדידות נעשו בעצמת אור מרווה מבחינת הפוטוסינתזה. אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמת $P < 0.05$ בין העלים שנבדקו.

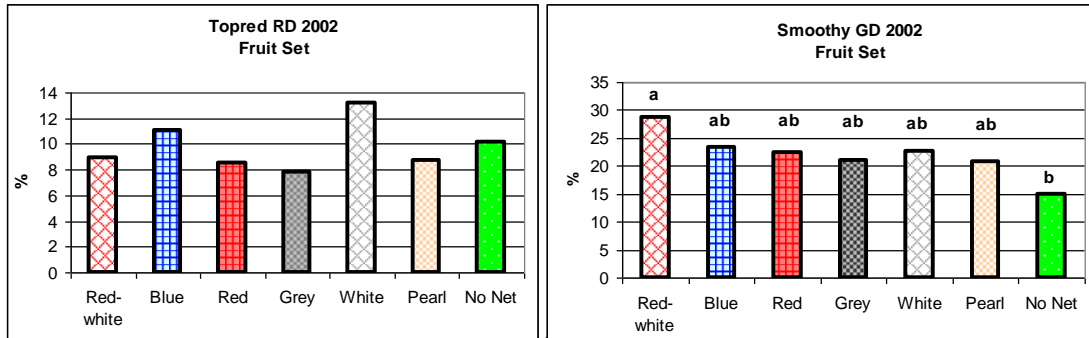
רשת	קצב הטמעה $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$	מוליכות פיוניות $\text{mmol/m}^2\text{s}$	טרנספירציה $\text{mmol/m}^2\text{s}$	עצמת PAR $\mu\text{E/m}^2\text{s}$	טמפי אויר מ"צ	טמפי עלה מ"צ	הפרש מ"צ	מס' עלים n
בקורת דרום	6.03 a	65.0 a	3.67 a	1730 d	37.8c	44.3 c	6.5 b	20
אדום-לבן 18%	10.73 c	107.9 b	4.45 c	1230 b	35.8 a	39.8 a	4.0 a	14
אדומה 30%	9.76 bc	96.3 b	4.95 bc	1460 c	36.6 b	41.1 b	4.5 a	8
כחולה 30%	8.70 b	98.9 b	3.86 ab	1140 a	36.0 a	40.6ab	4.6 a	6

צימוח וגטיבי: עפי מעקב ויזואלי נראו הבדלים במופע העצים תחת הרשתות, אשר הלכו והתפתחו במהלך העונה. שני מדדים של עצמת הצימוח טרם נמדדו בעת כתיבת דו"ח זה – גידול שנתי בהיקף הגזע (נמדד רק בתחילת הניסוי) ומשקל הגזם. בביקור של צוות המחקר ב-24/11/02 בשטח היו כבר עצי הביקורת של הטופרד בשלכת כמעט מלאה, בעוד שתחת הרשתות כמחצית העלווה נראתה עדיין חיונית. יצויין כי מבין שתי הביקורות, עצי ביקורת מזרח (הרחוקה יותר מן הרשת) נראו קטנים יותר, ובשלכת מתקדמת יותר מבקורת דרום. בזהוב עצי הביקורת היו בשלכת חלקית, ואילו העצים תחת הרשתות היו עדיין ירוקים וחיוניים. ברשתות הפנינה, האדומה והאפורת בלטה עצמת צימוח חזקה ביותר, בורודה ובלבנה בינונית, ובכחולה פחות צימוח מהשאר. אופי הצימוח בשלושת הראשונות נראה שונה זו מזו, אך התקשינו להגדיר אותו. אנו עדיין בדילמה כיצד נכון לאפיין זאת כמותית.

4. התפתחות הפרי במהלך העונה

אחוז חנטה

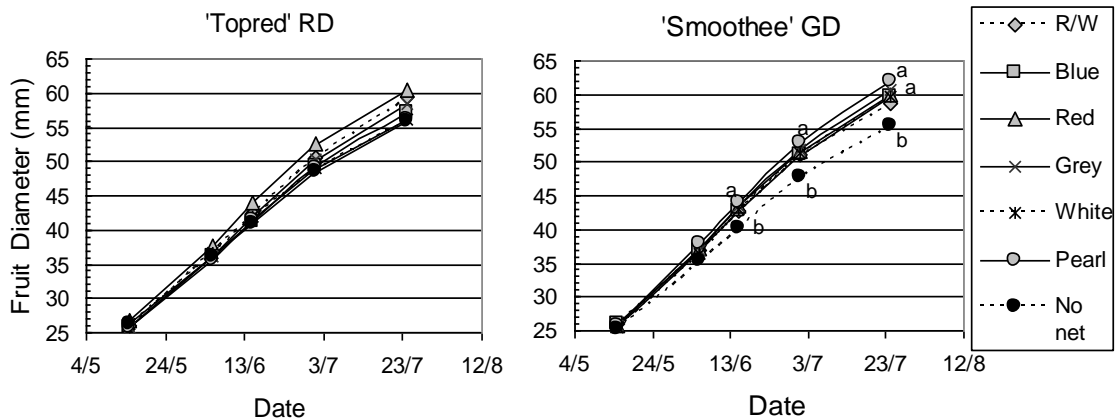
בטופרד, שהוא זן פחות פורה בד"כ, לא נמצאו הבדלים מובהקים באחוז החנטה בין הטיפולים השונים. בזהוב בכל הרשתות היה ממוצע אחוז החנטה גבוה מן הביקורת (דרום), אך רק ברשת הורודה היתה השונות מובהקת (על בסיס עצים בודדים כחזרות, איור 5). כיון שהרשתות נפרסו לאחר הפריחה, המדידה משקפת בעיקר את השרדות החנטים, ולא את תהליך החנטה עצמו.



איור 5. אחוז החנטה בסוף העונה. בליין טופרד ובטופרד במהלך העונה תחת הרשתות. קוטר הפרי נמדד ב-40 פירות מסומנים בכל טיפול (8 פרחים). ספירת החנטים נעשתה ב-1 ביולי וחושבה כאחוז ממספר הפרחים ההתחלתי. המובהקות הסטטיסטית (ברמת 5%) מתייחסת ל-5 העצים.

גודל הפרי במהלך העונה

הבדלים בקוטר הפרי נמדדו כבר מתחילת העונה, והם הלכו והתבלטו במהלכה. בזהוב ההבדלים בין הרשתות לביקורת היו מובהקים (איור 6), אך לא בין הרשתות לבין עצמן. בטופרד ההבדלים לא היו מובהקים. עם זאת ניתן לראות שהשונות בין הטיפולים נשמרה קבועה לאורך כל העונה. למשל בטופרד הפרי הגדול ביותר נמדד תמיד תחת האדומה ובהוב תחת הפנינה. זה אולי מרמז על השפעה כבר בשלב חלוקת התאים. נשקול בדיקה אנטומית בהמשך והגדלת המידגם לשיפור, אם יתאפשר תקציבית.



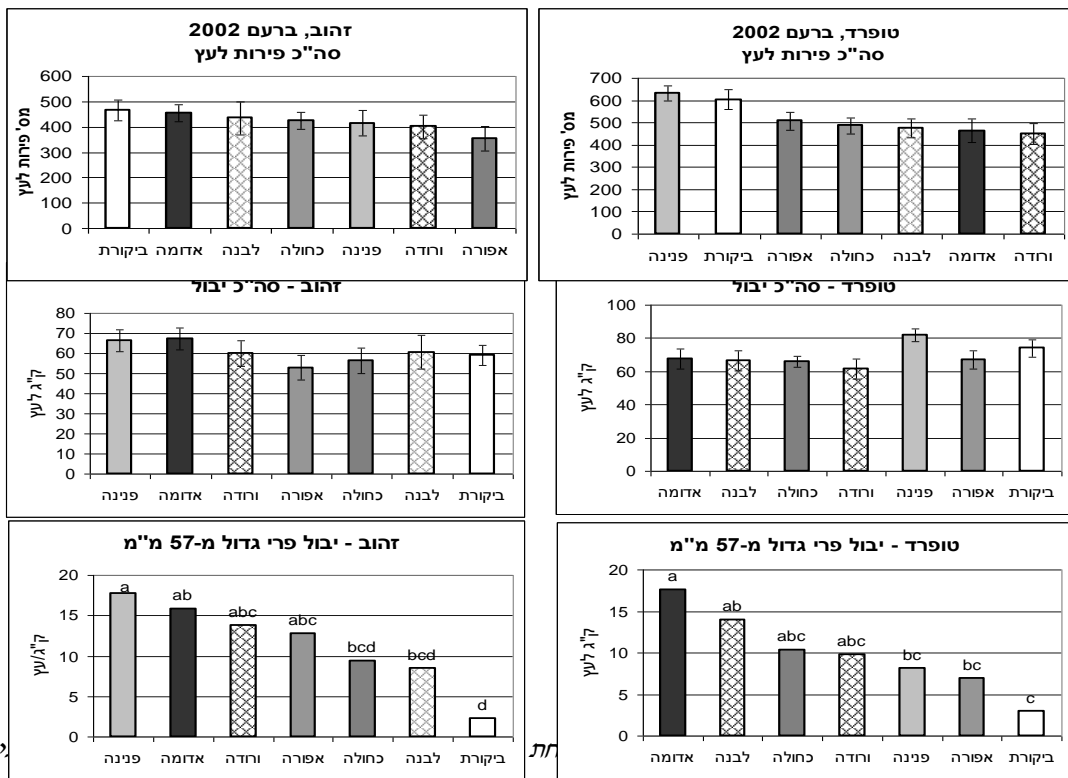
איור 6. התפתחות גודל הפרי בזהוב ובטופרד במהלך העונה תחת הרשתות. קוטר הפרי נמדד ב-40 פירות מסומנים בכל טיפול (8 פירות לעץ ב-5 עצים מרכזיים) במועדים המצויינים. אותיות שונות מציינות שונות ברמת מובהקות של 5%.

5. יבול וגודל פרי בקטיפ

הקטיפ בוצע כולו ביום אחד, ב-10 בספטמבר. 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, וביין לבין ביקורת דרום (איור 7, 4 הגרפים העליונים). בביקורת מזרח נראו העצים חלשים והכילו משמעותית פחות פירות לעץ. בקורת זאת לא נכללת בהשוואה המובאת להלן, מחשש שהיא לא משקפת את מרבית המטע המסחרי.

לעומת זאת, נמצאו הבדלים מאוד דרמטיים בגודל הפרי שנקטף. יבול הפרי הגדול (75 מ"מ ומעלה) עלה ממוצע של 3 ק"ג לעץ בבקורת של שני הזנים עד ל-18 ק"ג לעץ בטיפול הפנינה או האדומה (בזהוב או בטופרד, בהתאמה; איור 7, שני הגרפים התחתונים). כלומר, הגדלה של פי 6 (!) בפרי הגדול, או תוספת של כ-1700 ק"ג פרי גדול לדונם. בהתאמה למעקב במהלך העונה, הרשת שהשרתה את הגודל המירבי היא שונה בשני הזנים. בזהוב, בנוסף לפנינה גם תחת האדומה והורודה התוצאות היו גבוהות מן הבקורת באופן מובהק. ניתוח התפלגות היבול בכל גודל (איור 8) מראה הסטה של עקום התפלגות הגדלים ע"י הרשתות לכוון הפרי הגדול על חשבון הפרי הקטן. בזהוב כל הרשתות הסיטו את הפיק לכוון הפרי הגדול, כאשר מתוכן בכחולה ובלבנה ההשפעה היתה פחותה. בטופרד השונות בין הרשתות היתה גדולה יותר. שוב, בהתאמה למעקב העונתי. עפי מיקום הפיק ניתן לדרג את הטיפולים בסדר יורד של אפקט הגדלת הפרי: אדומה < ורודה, לבנה, כחולה < אפורה ופנינה < בקורת.

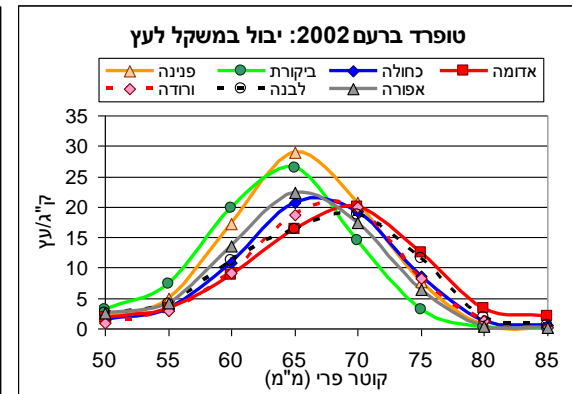
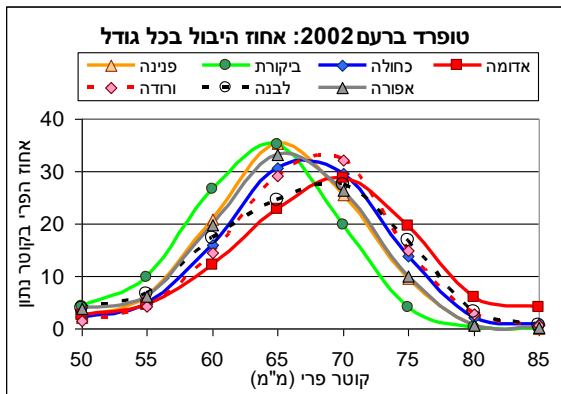
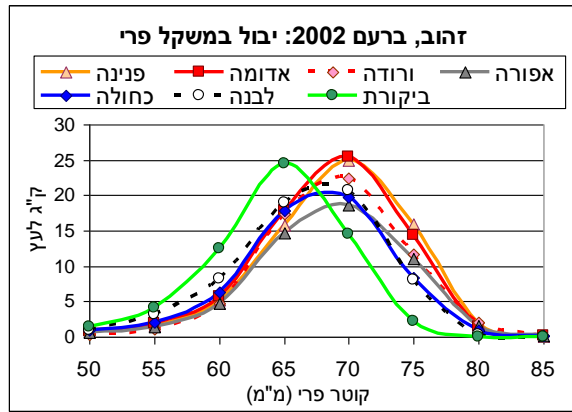
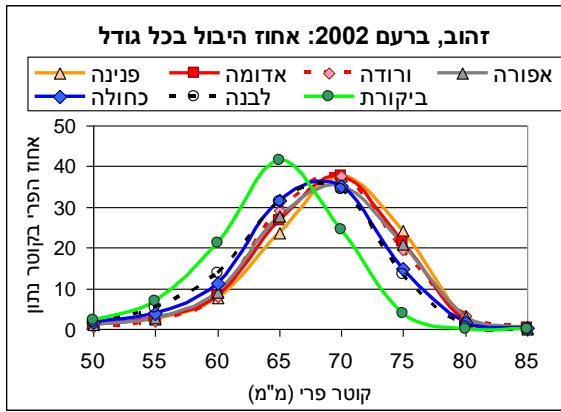
תחשיב של המשמעות הכספית של הגדלת הפרי, אשר נעשה על בסיס התמורה לכל גודל (ממוצעי 01-2000 שניתנו ע"י ביאיר פירות גולף) העלה תוספת של כ-8000 ש"ח לדונם בשער המטע בשני הטיפולים המירביים (רשת הפנינה והאדומה), מעל התמורה הממוצעת בבקורת. בטופרד חושבה תוספת של כ-2000 ש"ח בטיפול המירבי (פנינה), שכן בשונה מהזהוב כאן היתה העדפה לקוטר של 70 מ"מ, ומעליו התחיל המחיר לרדת. נסתייג ונזכיר כי היבול השנה (7 טון לדונם) היה גבוה מן הממוצע. חשוב לראות מה יקרה בעונות הבאות ומה תהיה השפעת הרשתות על סירוגיות. יש להתייחס לתחשיב כאומדן ראשוני ותו לא.



ליאת תקן

חת

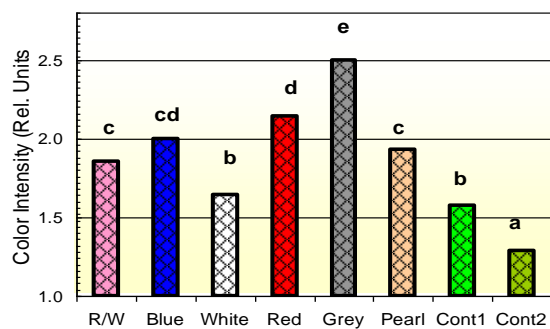
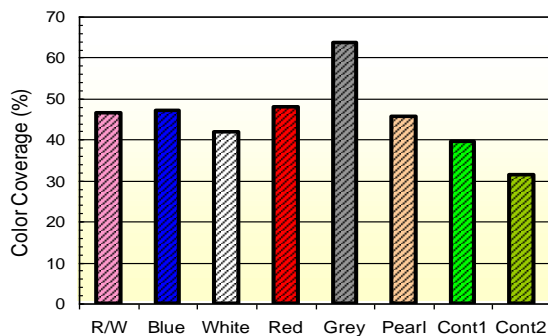
איור 7 והאות



איור 8. התפלגות גודל הפרי בזהוב (למעלה) וטופרד (למטה). חושב על בסיס משקל פרי לעץ מכל גודל (ימין) או באחוזי המשקל בכל גודל משה"כ משקל הפרי לעץ (שמאל).

6. צבע במהלך העונה ובקטיף

במהלך העונה נמדדו הבדלים בהתפתחות הצבע האדום בטופרד, כאשר מבין הרשתות בלט במיוחד הפרי תחת האפורה, ואחריו באדומה לעומת הביקורות. בין שתי הביקורות גם במדד הצבע בקורת דרום היתה טובה מבקורת מזרח. ואולם, עד מועד הקטיף ההבדלים היטשטשו, אם כי נשארה מגמה דומה (מימצאים שלא מובאים כאן). 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 9. עצמת הצבע האדום (ימין) ואחוזי שטח הפרי המכוסה באדום (שמאל) בטופרד באמצע העונה פרטים – ר' רפרנס למטה..

7. מכות שמש

מתוך ספירת פרי פגוע שנעשתה באמצע העונה על עצי הניסוי וכן מתוצאות בית האריזה עולה כי הרשתות מספקות הגנה טובה מפני מכות שמש, וכי יעילותן תלויה בעיקר באחוז ההצלחה. הרשתות של 30% מנעו באופן משביע רצון את מכות השמש בזהוב, ואילו רשת הברד הלבנה היתה פחות יעילה. מגמה דומה נמצאה שנה קודם לכן בגרני בניסוי ההקדמי. 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 מפזור האור הרב האופייני לה, או מאחוז הצללה גבוה במיקצת מ-30% עקב השפעת אבק רבה יותר לעומת הצבעוניות האחרות. דרושה בדיקה נוספת.

טבלה 2. מכות שמש בזהוב בברעם 2002 ובגרני סמיט במלכיה 2001. ספירת פירות פגועים על העץ נעשתה בסוף יולי 02. חלק מפירת אלה לא שרד עד בית האריזה. התוצאות מגרני התקבלו בניסוי ההקדמי.

רשת	זהוב 2002 בברעם		גרני 2001 במלכיה
	ספירת פירות לעץ בעונה נזק חמור	בינוני	
בקורת	19.8 a	20.6	40.3 a
לבנה "12%"	3.9 b	0	27.5 b
ורודה 17%	0	0	--
אדומה 30	0	0	19.7 c
כחולה 30	0	0	15.5 c
אפורה 30	0	0	--
פנינה 30	0	0	12.6 c

מסקנות והשלכותיהן על המשך המחקר

בשנת המחקר הראשונה התקבלו תוצאות מאוד מעניינות אשר עשויות להיות להן השלכות כלכליות מרחיקות לכת. אולם, כיון שהגישה היא חדשה הן בקנה מידה ארצי והן עולמי, וכיון שהיא נבחנת כאן לראשונה בתפוח, מובן שעונת מחקר אחת היא 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. ג. הוספת יחידת רשת שחורה שאינה משנה את איכות האור לשם השוואה וביסוס הייחוד של הצבעוניות ד. הגדלת מספר החזרות לרשת. עד כה איפשר היקף המימון רק חזרה אחת לכל רשת, וזה בעוכרינו. ה. צימצום רשתות נחותות תוך התקדמות המחקר, אם יהיה מוצדק. משתמע מכך הצורך בהמשך המימון למספר שנים נוספות, תוך הגדלת מסגרת התקציב כדי שתאפשר תוספת למבנה והגדלת היקף המדידות.

תודות

למוטי פרס, מדריך שרות שדה באזור, על הפיקוח על ההשקיה וניטור המים; ליורם לוצטי, לצוות המטע ולבית האריזה של ברעם, על שיתוף הפעולה הנלהב; לנורית בר-סיני על עיבוד הנתונים, לאהרון משה, משה עגיב ומוטקה אלקלעי טכנאי מו"פ צפון על עבודתם המסורה; לחברת פולישק ובמיוחד לזרי גל ולרז גנילויין על שיתוף הפעולה המתמשך (עם חלק מהחוקרים), ועל ייצור הרשתות ותרומתן למחקר; ולאורי דורמן מנהל מו"פ צפון ויו"ר מועצת הפירות ואלקנה בן ישר מנהל תחום נשירים במו"פ על התמיכה והסיוע.