

דו"ח סופי לתוכנית 203-0796-12

שימוש ברשתות להגנה, שיפור יבול ואיכות פרי בנן אור 1

The use of photosensitive nets in Or mandarin

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

אבי צדקה, יוספה שחק, נפתלי צור, קירה רטנר, לודמילה שליזרמן, המחלקה לעצי פרי, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
שבתאי כהן, המכון למדעי הקרקע, המים ואיכות הסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
בועז גלעדי, מאיר פיינצק, מהדרין פרי-אור

Avi Sadka, Department of Fruit Trees Sciences, Institute of Plant Sciences, ARO, The Volcani Center
P.O. Box 6, Bet Dagan, Israel

יולי 2013

אייר תשע"ב

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים
הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר: _____

רשימת הפרסומים שנבעו מהמחקר:

- ישי וקסמן, נפתלי צור, קירה רטנר, לודמילה שליזרמן, יורי גילר, וולודיה גרבשניקוב, בועז גלעדי, שבתאי כהן, יוספה שחק ואבי צדקה (2013). רשתות צבעוניות ככלי למיתון המיקרואקלים בפרדס. עלון הנוטע, שנה ס"ו, גיליון מס' 4: 44-48.
- Y. Wachsmann, N. Zur, Y. Shahak, K. Ratner, Y. Giler, L. Schlizerman V. Garbinshikof, B. Giladi, M. Faintzak, S. Cohen and A. Sadka (2013) Photosensitive anti-hail netting for improved citrus productivity and quality. Acta Horticulturae, In press.
- Y. Wachsmann, N. Zur, Y. Shahak, S. Cohen, K. Ratner, Y. Giler, L. Schlizerman, B. Giladi, M. Faintzak, S. Kanonich and A. Sadka (2008). Photosensitive, anti-hail, netting for improved citrus productivity and quality. Proceedings of the International Society of Citriculture, 1: 821.

תקציר

הצגת הבעיה: אחת הדרכים להתמודד במטע עם שינויי אקלים גלובליים הנה שימוש ברשתות, המביאות לשיפור ניכר של המיקרואקלים. מעבר לכך, לכיסוי ברשת יש השפעה דיפרנציאלית על העץ והפרי, כאשר האתגר המחקרי הוא לחפש את הכיסוי הטוב ביותר לכל גידול. מטרת המחקר: בחינת השפעת רשתות פוטו-סלקטיביות (צבעוניות) על הקליף אור 1, שהנו זן הדגל של ענף ההדרים. שיטות: כוסו כ-16 דונם בארבע רשתות, לבנה, שקופה, אדומה וצהובה בעלי תכונות העברה ופיזור אור ידועות. במסגרת המחקר, בוצע מעקב אחרי פרמטרים שונים, הכוללים פרמטרי יבול, פרמטרי פריחה, פרמטרים גידוליים, פרמטרים פיסיוולוגים ומיקרו-אקלים.

תוצאות עיקריות: מאחר ומדובר בניסוי במסגרת תוכנית המשך (התוכנית המקורית מומנה בין השנים 2008-2011, והנוכחית בין השנים 2009-2012), נראה לנו נכון יותר לסכם את כלל תוצאות המחקר בדו"ח זה, ולא להתרכז רק בתוצאות מ-3 השנים האחרונות. כמו כן, מוצגים גם נתוני יבול ואיכות פרי משנת 2013, שאינה חלק מהניסוי. כצפוי ממחקרים קודמים, הרשתות הקטינו עצמת הרוח, ומיתנו טמפרטורה. כמו כן, נמדדה העלאה של הלחות היחסית, במיוחד תחת הרשתות הכהות, צהובה ואדומה. למיתון המיקרואקלים הייתה כנראה השפעה מטיבה על הפיזיולוגיה של העץ, אשר התבטאה בהגברת הפתיחה של הפיוניות, ועליה ביכולת ההטמעה של העץ. שינויים אלו לוו בעלייה ניכרת בגודל הנוף, כאשר האפקט היה הגבוה ביותר תחת הרשתות הכהות, צהובה ואדומה. כל הרשתות הביאו לעליה ביבול לעומת עצי הביקורת במרבית שנות הניסוי. בנוסף, נמדדה הקטנה בצריכת המים של העץ. מסקנות: מחקר זה מצביע על הפוטנציאל החיובי של הטכנולוגיה בפרדס. ההבדלים שאובחנו בין סוגי הרשתות השונים מצביעים על עדיפות לטובת הרשתות הבהירות, לבנה ושקופה.

מבוא

הניסיון עד כה מוכיח כי לכיסוי מטעים ברשתות יש פוטנציאל למיתון השפעות האקלים, ויצירת מיקרו-אקלים נוח יותר לעצים. השיפור האקלימי אשר מקנות הרשתות השונות מתבטא בשבירת רוחות, מניעת נזקי ברד, מיתון טמפרטורת אוויר, העלאת לחות יחסית בקרבת הפרי בימי הקיץ החמים, מניעת מכות שמש ועוד (נסקר ע"י Tanny and Cohen, 2012). כיום קיים מגוון רחב של רשתות לשימוש חקלאי, אשר ממוינות עפ"י השימוש בהן, והן כוללות, רשתות להגנה בפני חרקים וציפורים (לרוב שקופות במבנה סגור), מסכים תרמיים להפחתת קרינת השמש והקטנת איבוד חום בלילה, רשתות צל (לרוב שחורות) המפחיתות עצמת שמש, ורשתות צבעוניות (פוטו-סלקטיביות) אשר מקטינות עצמת השמש, גורמות לפיזור אור ולשינוי הספקטרום של קרני האור העוברות דרך סיב הרשת. השימוש בבתי רשת סגורים, במיוחד למטרות הגנת הצומח, נוסה בעבר, ובמספר גידולי מטע, כמו תאנה ובננה, הוא נמצא בשימוש נרחב (נסקר ע"י בר-יוסף, 2009). מעבר לכך, לכיסוי ברשת, לאו דווקא בית רשת סגור, יש השפעה דיפרנציאלית על העץ והפרי, כתלות בטיב הרשת, צבעה, מועד פרישתה, אופן הפרישה ומרכיבים נוספים. השימוש ברשתות במטעים בכלל, ורשתות פוטו-סלקטיביות (צבעוניות) בפרט, נסקר במאמרים אחרים (שחק 2005,

(Rajapakse and Shahak 2006). פורסמו מחקרים העוסקים בהשפעות הצללה על הדרים, אך רובם נעשו ברשתות תרמיות או שחורות. מחקרים אלו הראו כי השימוש ברשת צל מוריד טמפ' העלווה החשופה לקרינה ישירה (Raveh et al 2003), מוריד מוליכות פיוניות (Alarco'n et al. 2006), מגדיל את הלחץ החלקי של CO₂ בעלה (Jifon et al 2003) ומקטין את עיכוב באור, Photoinhibition, המתרחש כאשר העלים חשופים לעוצמות אור גבוהות מידי (Jifon et al 2003). הצללה הקטינה את הירידה במוליכות פיוניות ובקצב קיבוע מקסימאלי (Middy al 2003) (Depression) המופיעה בשעות החמות של ימי קיץ (Cohen et al 2005).

השפעת רשתות צבעוניות על מכלול פרמטרים, פיזיולוגיים והורטיקוטוריים, לא נבחן עד כה בהדרים. מטרת המחקר המתואר כאן הייתה לבחון השפעת ארבע רשתות, צהובה, אדומה, לבנה ושקופה על מדדים שונים בזן ההדרים הקליף אור 1. זן זה הנו כיום הקליף הניטע ביותר בארץ. איכותו הפנימית המעולה, מיעוט הזרעים שלו, קליפותו, ואפילויות היחסית הופכים אותו לזן מבוקש בשווקים באירופה ובארץ. במהלך שנות גידולו התגלו בזן מספר בעיות גידוליות, הראשונה שבהן בעיית פוריות. כפי שיפורט בהמשך, בעיה זו מתבטאת בעיקר בחוסר יציבות רב שנתית ביבולים. בעיה נוספת בזן הנה בעיית איכות הנובעת מהרצון לשווקן מאוחר ככל הניתן בעונה; כאשר הקטיף הנו מעבר לתחילת-אמצע חודש פברואר (מועדים רצויים לשיווק), חמיצות הפרי הנה מתחת לרצוי, ויש בו התפתחות טעמי לוואי. ניתן להניח כי חלק מהבעיות הנ"ל נובע מגורמים אנדוגניים, פיסיוולוגיים בעיקרם, וכן מהרקע הגנטי של הזן. אולם, לצד גורמים כאלו, לתנאי סביבה כמו ברד, לחות יחסית, קרינה ישירה, רוחות, ותנאי שרב יש השפעה חשובה על רמת היבול ואיכותו.

מטרות המחקר

מטרת המחקר בשלוש השנים הראשונות לניסוי (2008-2011) הייתה ללמוד את השפעת ארבע סוגי הרשתות שנבחרו על פרמטרים רבים ככל הניתן, פריחה והנטה, יבול ואיכות, פרמטרים גידולים, מיקרו-אקלים, פיסיוולוגיה של העץ וצריכת המים שלו. כל מטרות המחקר הקודם הושלמו עד למועד סיומו. מטרות התוכנית הנוכחית (2009-2012) הייתה להמשיך במעקב ההורטיקולטורי בלבד, קרי, מדדי פריחה, חנטה ויבול.

שיטות עבודה

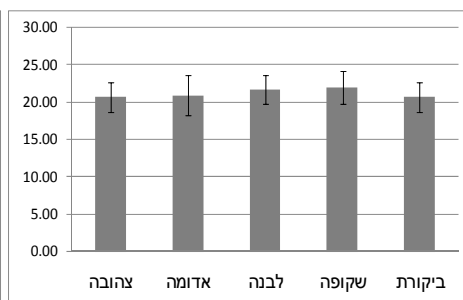
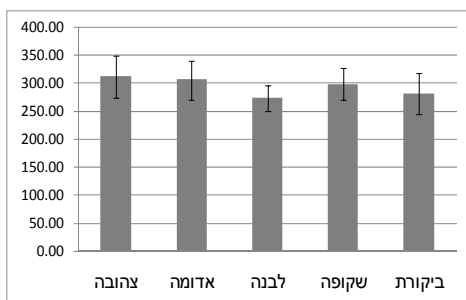
תיאור מלא של הניסוי ושיטות המדידה מופיע בעבודת הגמר של ישי וקסמן (וקסמן, 2009). חלקת הניסוי, בזן אור 1, ממוקמת בפרדס ספריה של חברת "מהדרין". תיאור עצי החלקה מופיע בפרק התוצאות. בית הרשת, מבנה דו שיפועי הניע בגבהים של 6 עד 4.5 מ', הוקם על שטח של כ-16 דונם בסוף חודש פברואר 2006, ועליו הונחו ארבע רשתות סרוגות (חברת פולישק בע"מ, ניר צבי): רשת כרומטינט משולבת אדומה 25%, רשת כרומטינט משולבת צהובה 24%, רשת משולבת לבנה 18%, ורשת משולבת שקופה 13%, כ"א על שטח רציף בן כארבעה דונם, כאשר עצי הביקורת, בשטח של כארבעה דונם, צמודים למבנה מצד מזרח. ההשקיה בחלקה מתבצעת פעמיים בשבוע בטפטוף מים

מושבים, כאשר מנת ההשקיה הנה ע"פ המלצות הגידול. בכל טיפול סומנו חמש קבוצות עצים (בלוקים) שהכילו חמישה עצים. המדידות בוצעו על שלשת העצים המרכזיים בכל בלוק. מדידות רציפות של טמפרטורה ולחות יחסית בוצעו באמצעות חיישנים (Hobo H8 Pre Series, Onset Computer Corporation, USA) שהוצבו בתוך הנוף. מהירות הרוח נמדדה באופן רציף בחודשים יולי – אוגוסט 2008 בשני מוקדים, בביקורת ותחת הרשת בכל זמן נתון, כאשר בכל מוקד הוצבו שני מדי רווח (Wind Speed Smart Sensor, Onset Computer Corporation, USA), האחד בגובה 4 מטר מהקרקע, מעל נוף העץ, והשני בגובה 2 מטר. פוטנציאל המים בגזע נמדד בשיטת תא לחץ, באמצעות מכשיר מדידה (ארימד, כפר חרוב, ישראל). פוטנציאל מוליכות פיוניות וקצב טרנספירציה נמדדו באמצעות מכשיר CI340 (CID Inc, U.S.A). מוליכות פיוניות בשיטת $\Delta^{13}C$ בוצעה במעבדתו של דן יקיר (מכון ויצמן למדע, רחובות). מדידת תצרוכת המים של העצים נעשתה בשיטת ה-Heat Dissipation Sup Flow, תוך כיוול התוצאות לעקומת צריכת מים של עצים בחממה, כמתואר בפירוט (ישי, 2009). נפח העצים חושב עפ"י נפח גליל לאחר מדידות של גובה ורדיוס של הנוף. על מנת להתגבר על הבעייתיות של חזרה בודדת לטיפול, נלקחו מספר גדול של עצים בתוך כל טיפול. בכל הניתוחים הסטטיסטיים בוצעה ניתוח שוניות חד כיווני (ANOVA), ובמידה ונמצא כי $P < 0.05$ נעשתה השוואה בין ממוצעים (Compare Means) בשיטת Tukey – Kramer. הניתוחים הסטטיסטיים נעשו באמצעות תוכנת JMP (SAS Institute, Cary, NC, USA) גרסה 7. השוואות נתונים שבוצעו בימים שונים, כאשר השפעת יום המדידה קריטית לערכים המתקבלים, נעשתה כך שכל יום מדידה מהווה בלוק. ההשוואות שנעשו כך כוללות מדידות רצופות (טמפרטורה, לחות יחסית, קרינה) והשוואת צריכת מים בין העצים.

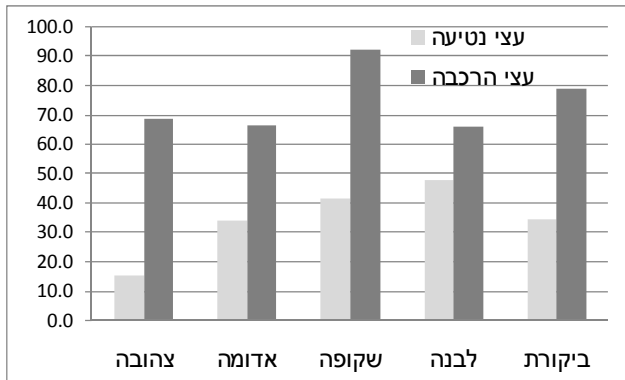
פירוט עקרי הניסויים

שוונות בעצי החלקה בעת הנחת הרשתות

בתחילת הדרך (2006) החלקה הכילה **עצי הרכבה**. במקור, פרדס ותיק מאוד עם היסטוריה מורכבת של זנים וכנות. לפני החלפת הזן האחרונה הייתה פומלית על כנות שונות. ב-2001 בוצעה החלפת זן לאור 1. בנוסף החלקה הכילה גם **עצי נטיעה**, אור 1 על חושש, נטיעה 2003; עצי הנטיעה ניטעו בתוך השורות, בין עצי ההרכבה, "בסגול". ביוני 2007 דוללו 25% מעצי הרכבה, וביוני 2008 שאר העצים. לאור המבנה של הניסוי, שלא כלל חזרות ברשתות, נבחו גודל העצים (גובה העצים וקוטר הרוכב, איור 1) והיבול (איור 2) עם הנחת הרשתות ע"מ לוודא את האחידות בין העצים בכלל החלקה (הרשתות הונחו בפברואר 2006, והקטיף היה כחודש מאוחר יותר). התוצאות הראו על אחידות יחסית בין העצים בכלל החלקה.



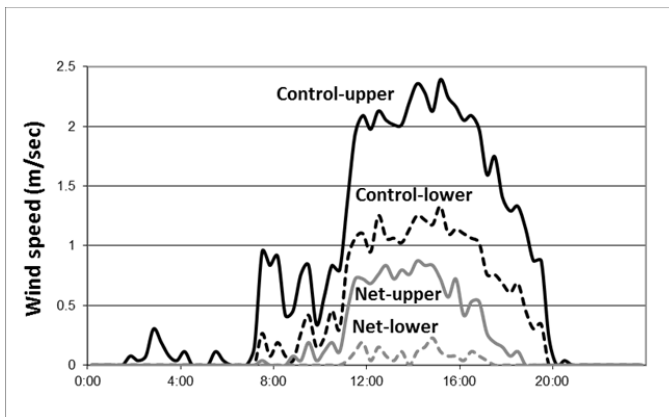
איור מס' 1: גובה הנוף (שמאל) וקוטר הרוכב (ימין) בס"מ בעצים שונים שנדגמו בכלל חלקת הניסוי עם הנחת הרשתות.



איור מס' 2: מספר פירות פר עץ בעצי נטיעה ובעצי הרכבה בחלקת הניסוי סמוך למועד הנחת מבנה בית הרשת. אין מובהקות בין העצים באזורים השונים של החלקה

השפעת הרשתות על המיקרו-אקלים בפרדס

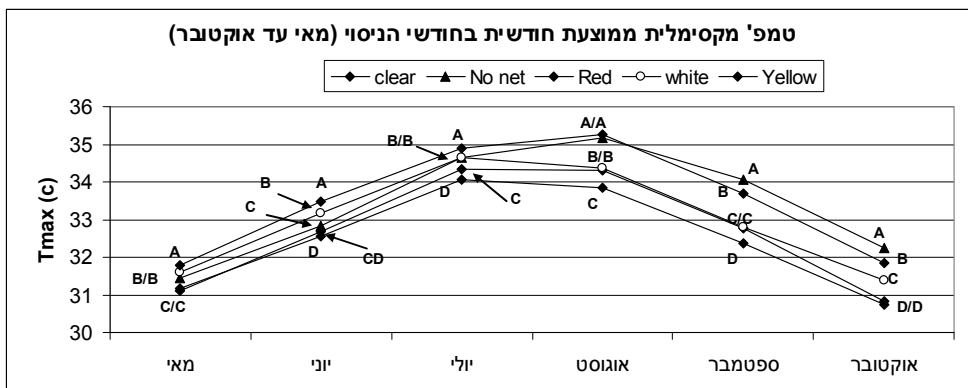
השפעות הרשתות נבחנו על המדדים אקלימיים שונים, טמפרטורה, לחות ומהירות רוח, לרוב באופן רציף. מהירות



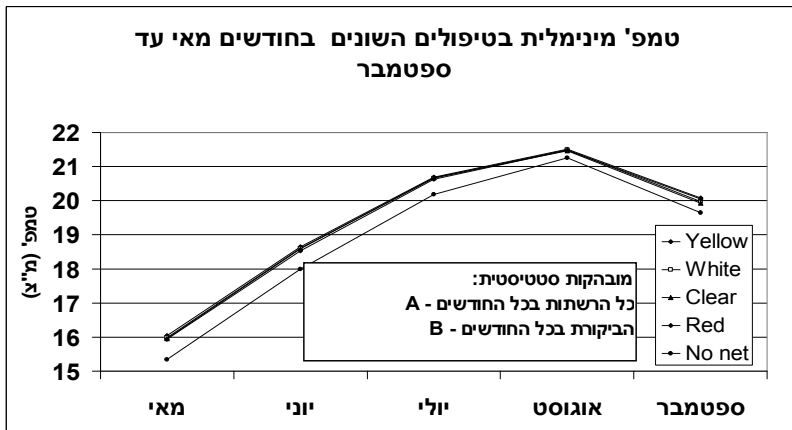
הרוח תחת הרשתות נמדדה ע"י שני חיישנים שהוצבו מעל העצים (חיישן עליון), ובגובה הנוף (חיישן תחתון). התוצאות (איור מס' 3) מראות כי תחת הרשתות הייתה הקטנה של כ-70% במהירות הרוח, ותוצאה זו אופיינית להשפעת מבנה הרשתות. בכל תקופת המדידה, מאי עד אוקטובר, הטמפרטורה המקסימאלית בחלקת הביקורת הייתה גבוהה מהטמפרטורה מתחת לרשתות (איור מס' 4), בעוד שהטמפרטורה המינימאלית הייתה נמוכה בביקורת באופן מובהק לעומת הרשתות, שלא נבדלו בנייהן

איור מס' 3: השפעת הרשתות על מהירות הרוח נמדדה ע"י חיישנים בגובה 2 מ' (תחתון) ו-4 מ' (עליון) מעל הקרקע בחלקת הביקורת ותחת הרשתות.

(איור מס' 5). אולם יש לציין כי למרות המובהקות, ההפרש בן הביקורת לרשתות לא עלה על 1-1.5 מ"צ. הפרש משמעותי נוסף בן הרשתות לביקורת התקבל בנתוני הלחות היחסית המקסימאלית והמינימאלית. הרשתות הכהות (צהובה ואדומה) נתנו את הערכים הגבוהים ביותר, כאשר ההפרש המקסימאלי לעומת הביקורת עמד על כ-10% לערך (איור מס' 6, מוצגת לחות מינימאלית בלבד).

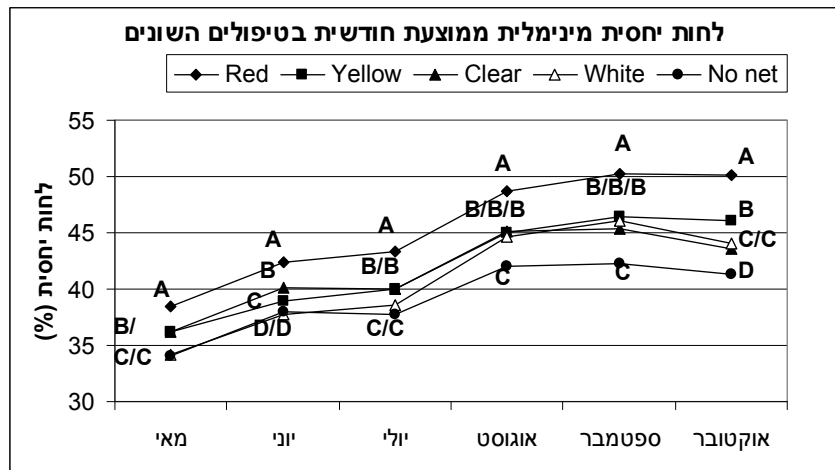


איור מס' 4: טמפרטורה מקסימלית ממוצעת חודשית תחת הרשתות ובעצי הביקורת



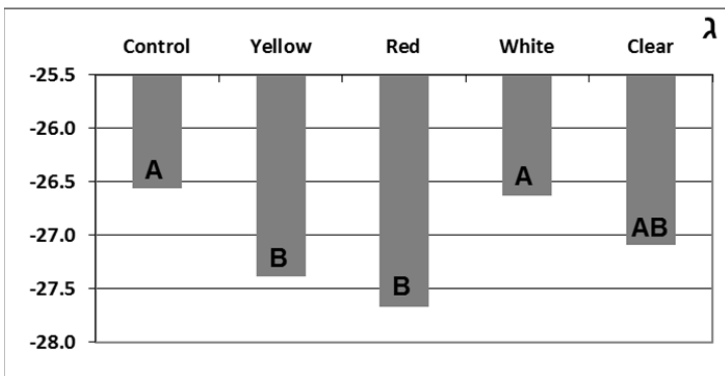
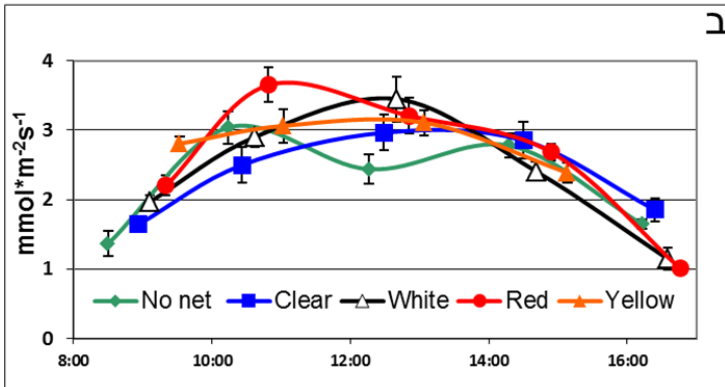
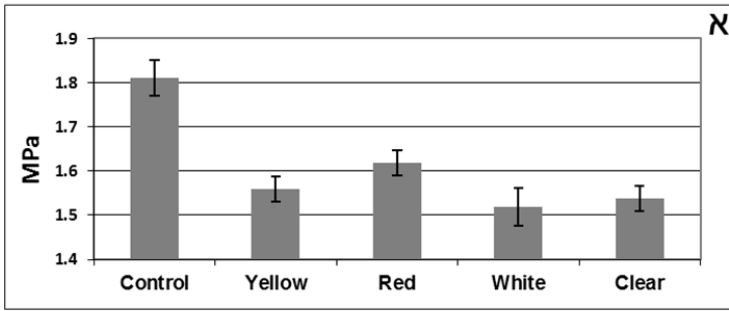
איור מס' 5: טמפרטורה מינימלית ממוצעת חודשית תחת הרשתות ובעצי הביקורת

איור מס' 6: לחות יחסית מינימלית ממוצעת חודשית תחת הרשתות ובעצי הביקורת



השפעת הרשתות על הפיזיולוגיה של העץ

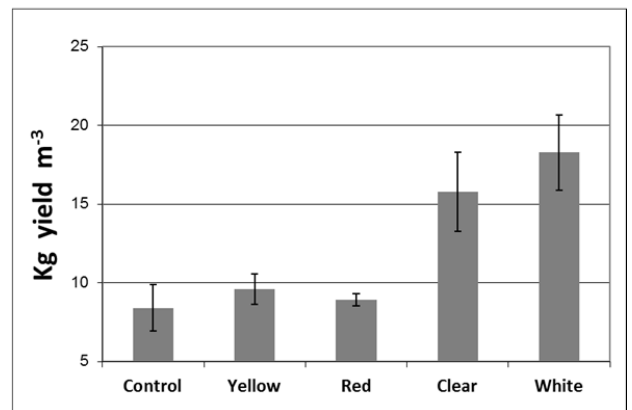
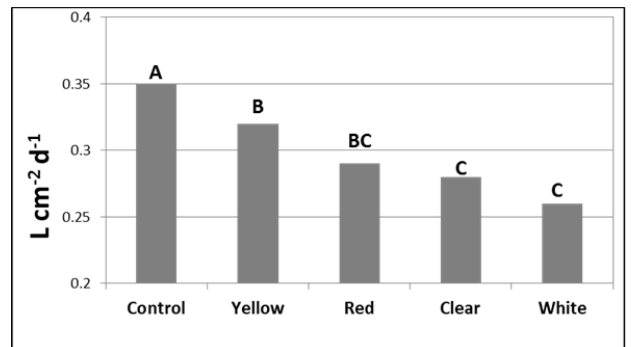
השפעת הרשתות על הפיזיולוגיה של העץ נבחנה במספר דרכים, ביניהן, פוטנציאל מים בגזע, מוליכות פיוניות, טרנספירציה, פוטוסינתזה, צריכת מים בעץ, ועוד. בבדיקה שנעשתה בחודש אוגוסט נמצא כי פוטנציאל המים בגזע בביקורת היה גבוה באופן מובהק ממדד זה בכל טיפולי הרשת (איור מס' 7א), כאשר בין טיפולי הרשת לא נמצא הבדל. בחינת טרנספירציה יומית הראתה כי בטיפול הביקורת חלה ירידה בטרנספירציה באמצע היום (Midday Depression), אך לא בטיפולי הרשת (איור מס' 7ב). פתיחת פיוניות נבחנה ע"י מדידת ^{13}C . שיטה זו נותנת ממוצע עונתי, ולא מדידה רגעית. ככל שהערך המתקבל יותר שלילי, הפיוניות היו יותר פתוחות. כאן ניתן לאפיין שתי קבוצות טיפול: ביקורת והרשתות הבהירות (לבנה ושקופה), והרשתות הכהות (צהובה ואדומה) שבהן באופן מובהק הפיוניות היו יותר פתוחות (איור מס' 7ג). מעבר המים בגזע נמדד בשיטת גרנייר. התוצאות באיור מס' 8א, הנן מכווילות, והן מראות כי הספיקה היחסית (ליטר/יום/סמ"ר) נמוכה ברשתות באופן מובהק מאשר מהביקורת. ניתן לחלק את הטיפולים לשלש קבוצות: ביקורת (שם הספיקה מוגדרת 100%), הרשתות הצהובה והאדומה בה נמדדה



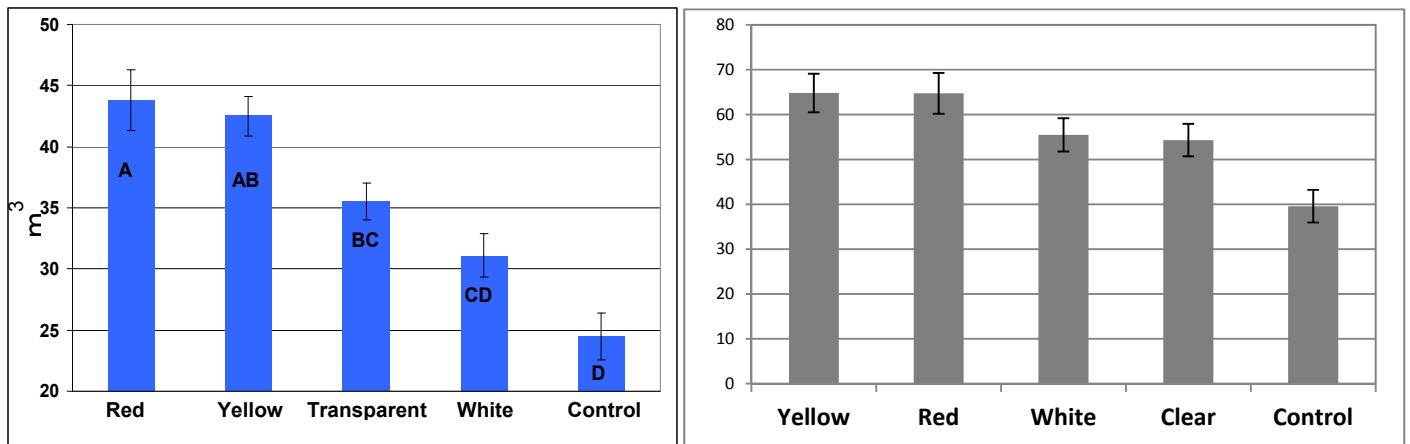
איור מס' 7: הרשתות גורמות לשיפור בביצועי העץ. פוטנציאל מים בגזע (א') נמדד באמצעות תא לחץ בעצי ביקורת ובעצי תחת הרשתות. רמת טרנספירציה, דיות, (ב') נמדדה באמצעות מד פוטוסינתזה. מוליכות פיוניות נמדדה בשיטת $\Delta^{13}C$ (ג')

איור מס' 8: הרשתות מקטינות צריכת מים בעץ. מעבר המים בגזע (א') נמדד בשיטת Gernier, וחושב פר סמ"ר ליום. יעילות צריכת המים (WUE) יוחסה לרמת הייבול (ב') בעצי הביקורת ותחת הרשתות השונות.

ירידה בספיקה בס"ג של כ-10% לעומת הביקורת. הקבוצה השלישית כוללת את הרשות הלבנה והשקופה בה נמדדה ירידה של 15-20% בספיקה לעומת הביקורת. אחת מהגדרות של "יעילות צריכת מים", או WUE, היא היבול שהתקבל חלקי כמות המים שנצרכה בזמן נתון. כל השיקולים של הישוב יעילות צריכת המים מתוארות בהרחבה (וקסמן 2009). היחס בין מדד WUE של טיפולי הרשת לזה של הביקורת בשנת 2008 מצביע על השתנות יעילות השימוש במים של העצים תחת הרשתות השונות בהשוואה לעצי הביקורת (תמונה 8ב). הרשת האדומה הגדילה את WUE בעצים ב-11% ביחס לעצי הביקורת, הרשת הצהובה הגדילה מדד זה ב-19%, הלבנה ב-54%, והשקופה ב-79%.



שיפור המצב הפיזיולוגי של העצים תחת הרשתות הביא להבדל ניכר ומשמעותי מבחינה סטטיסטית בגודל הנוף לעומת עצי הביקורת, שאובחן כבר לאחר כשנה, ולמעשה במשך מרבית שנות הניסוי (איור מס' 9, שנת 2008 ו-2013). את ההבדלים בגודל ניתן לסכם באופן הבא: עצי רשת אדומה/צהובה > עצי רשת לבנה/שקופה > עצי ביקורת.



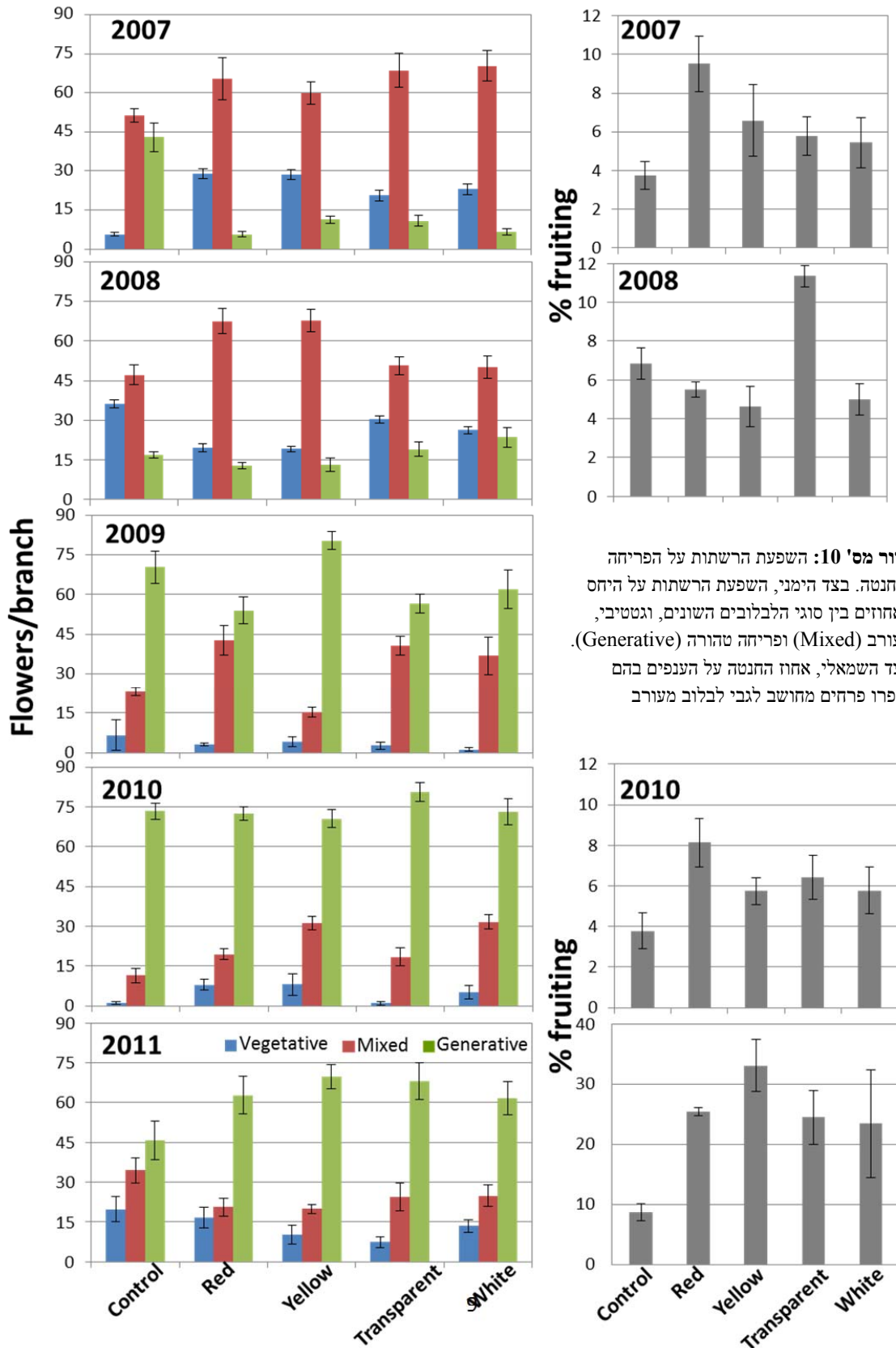
איור מס' 9: השפעת הרשתות על גודל הנוף. נפח הנוף במטר מעוקב בשנת 2009 (שמאל) ובשנת 2013 (ימין) חושב עפ"י נוסחת גליל

השפעת הרשתות על פריחה ואחוז חנטה

תמונה מורכבת, ולא תמיד ברורה מתקבלת מספירה רב שנתית של פרחים וחנטים, וחשוב של אחוזי חנטה על הענפים בהם בוצעה הספירה (איור מס' 10). עצי הדר נושאים שלשה טיפוסים לבלובים עיקריים, לבלוב הנושא רק פרחים (לבלוב טהור, Generative), לבלוב מעורב (פרחים ועלים ביחסים שונים, Mixed) ולבלוב וגטטיבי. מקובל כי לבלוב המעורב הסיכויים הטובים ביותר לחנוט, ולכן הוא מקור מרבית היבול. ניתן לראות כי בשנתיים הראשונות (2007-2008) מרבית הבלובים הפרחיים הנם מעורבים, בעוד שבשלוש השנים הבאות (2009-2011), המצב מתהפך, ויש יותר לבלובים טהורים (מצב יותר אופייני בהדרים). כללית, התמונה הרב שנתית מראה כי אחוז הבלוב המעורב עולה תחת הרשתות לעומת הביקורת ברוב השנים המוצגות, 2007-2010 (למעט ב-2009 תחת הרשת הצהובה). זה יכול להסביר את העלייה ביבול המתקבלת בשנים אלו (מוצג להלן). בשנת 2011, אחוז הבלוב המעורב גבוה בביקורת לעומת הרשתות, וזו שנה בה לא היה הבדל מובהק ביבולים בין הטיפולים השונים (מוצג להלן). ההבדלים בבלוב הטהור בין הטיפולים השונים ולאורך השנים אינו מציג תמונה ברורה. בשנת 2007 אחוז הבלוב הטהור גבוה בביקורת לעומת שאר הטיפולים, אולם בשאר השנים המוצגות, אין הבדלים ניכרים.

אחוז החנטה חושב רק לגבי הבלוב המעורב, שכן, כאמור, הוא בעל הסיכויים הגבוהים ביותר לחנוט. בשלש שנים מתוך ארבע השנים המוצגות, אחוז החנטה הנו הנמוך ביותר בביקורת לעומת שאר הטיפולים. בשנת 2008, ההבדלים אינם ניכרים, למעט ברשת השקופה המציגה אחוז חנטה גבוה משאר הטיפולים. כאמור, בשנת 2011 לא היו הבדלים

ביבול (מוצג להלן), ולכן מפתיע שאחוז החנטה הנו הנמוך ביותר בביקורת. לסיכום, מכל המדדים הנ"ל, נראה כי רק שינויים באחוז הבלבוב המעורב נותנים אינדיקציה לגבי שינויים ביבול, כפי שיוצג להלן. בשנת 2009 אחוז החנטה



לא מוצג, וכן לא מוצגים אחוזי הלבול בשנת 2012, כתוצאה מבעיה טכנית.

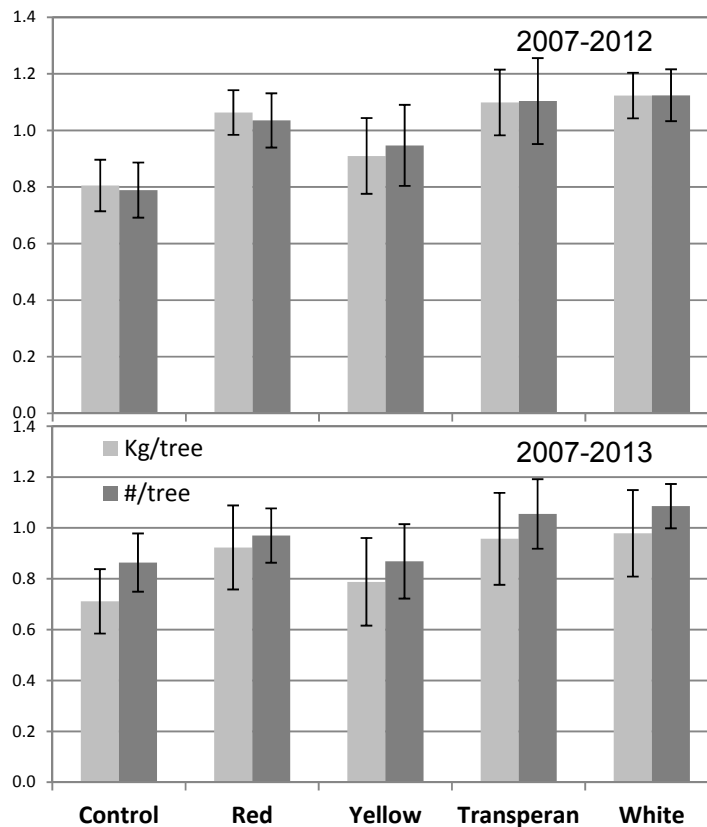
השפעת הרשתות על היבול ואיכותו

בטבלה מס' 1 מסוכמים נתוני יבול בשבע השנים 2007-2013 בטון לדונם, וכן מספר הפירות לעץ. בשנתיים הראשונות לניסוי היו בחלקה שני סוגי עצים, עצים שהורכבו כבר בשלב השתיל על כנה מזן חושחש ונשתלו בשנת 2003 (עצי נטיעה). השני, עצים שמקורם בהחלפת זן (להלן, עצי הרכבה) מאשכוליות על חושחש (הרכבה ב-2001), כאשר שני סוגי העצים נטועים ב"סגול" בכל שורה בצפיפות כוללת של כ-64 עצים לדונם. ביוני 2007 דוללו 25% מעצי ההרכבה (נשארו 57 עצים לדונם), ולאחר שנה דוללו שאר עצי ההרכבה, כך שבחלקה נשארו רק עצי נטיעה בצפיפות של 42 לדונם. יש לקחת נתונים אלו בחשבון בבחינת היבול הכולל (רק של עצי הנטיעה) בחלקת הניסוי, שכן הם יחסית נמוכים לחלקות אור הנטועות בצפיפות יותר גבוהה. בשנת 2007 העצים תחת הרשת הלבנה נתנו יותר יבול באופן מובהק לעומת עצי הביקורת, כאשר הופיעה ירידה חריגה משמעותית ברמת היבול תחת הרשת הצהובה. בשנת 2008, הרשתות הלבנה והשקופה נתנו באופן משמעותי יותר יבול מאשר בביקורת, כאשר הרשתות הצהובה והאדומה נתנו יותר יבול, אבל ברמת מובהקות נמוכה. בשנת 2009 רק הרשת הלבנה נתנה יבול גבוה מהביקורת, ובשנת 2010 התבלטו לטובה העצים תחת הרשתות הצהובה והאדומה. באביב 2010 בוצע גיזום מסיבי בכל העצים. גיזום זה הביא את כל העצים לרמת יבול גבוהה יחסית ואחידה בשנת 2011. בשנת 2012 הרשת השקופה נתנה את היבול הגבוה ביותר, כאשר גם הרשתות האדומה והלבנה נתנו באופן מובהק ערכים גבוהים מהביקורת. שנת 2013 מהווה שנה יוצאת דופן, שכן עצי הביקורת נתנו באופן מובהק את היבול הרב ביותר מכל הטיפולים. עצים תחת הרשתות האדומה והצהובה נתנו את היבול הנמוך ביותר, ואלו תחת הרשתות הלבנה והשקופה נתנו ערכי ביניים. במבט רב שנתי, מתוך שבע שנות ניסוי, הרשתות הלבנה והשקופה נתנו את היבול הגבוה ביותר במשך ארבע שנים.

	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	Kg/ tree	#/ tree	Kg/ tree	#/ tree	Kg/ tree	#/ tree	Kg/ tree	#/ tree	Kg/ tree	#/ tree	Kg/ tree	#/ tree	Kg/ tree	#/ tree
Control	34.4a	253.6a	40.3c	305.4c	44.9a	319.9a	28.5c	169.5a	132.8a	982.9a	82.2a	569.1a	126.4a	1119.8a
Red	33.6a	248.4a	54.4bc	404.9bc	53.5a	345.1a	76.3a	483.4b	128.9a	923.1a	118.8b	860.1b	69.1bc	493.8bc
Yellow	15.2c	129.7c	57.0ab	511.2ab	40.4a	261.4a	73.2ab	475.6b	128.7a	967.6a	104.8ab	780.5b	50.0b	340.7b
Transparent	41.4ab	335.3b	81.3a	691.0a	54.6ab	349.3ab	35.8bc	186.1a	124.5a	869.9a	153.1c	1229.6c	91.7c	651.5c
white	47.7b	366.0b	66.1ab	504.1b	67.2b	492.3b	57.0ab	347.8b	112.9a	844.1a	116.1bc	830.9b	95.1c	729.3c

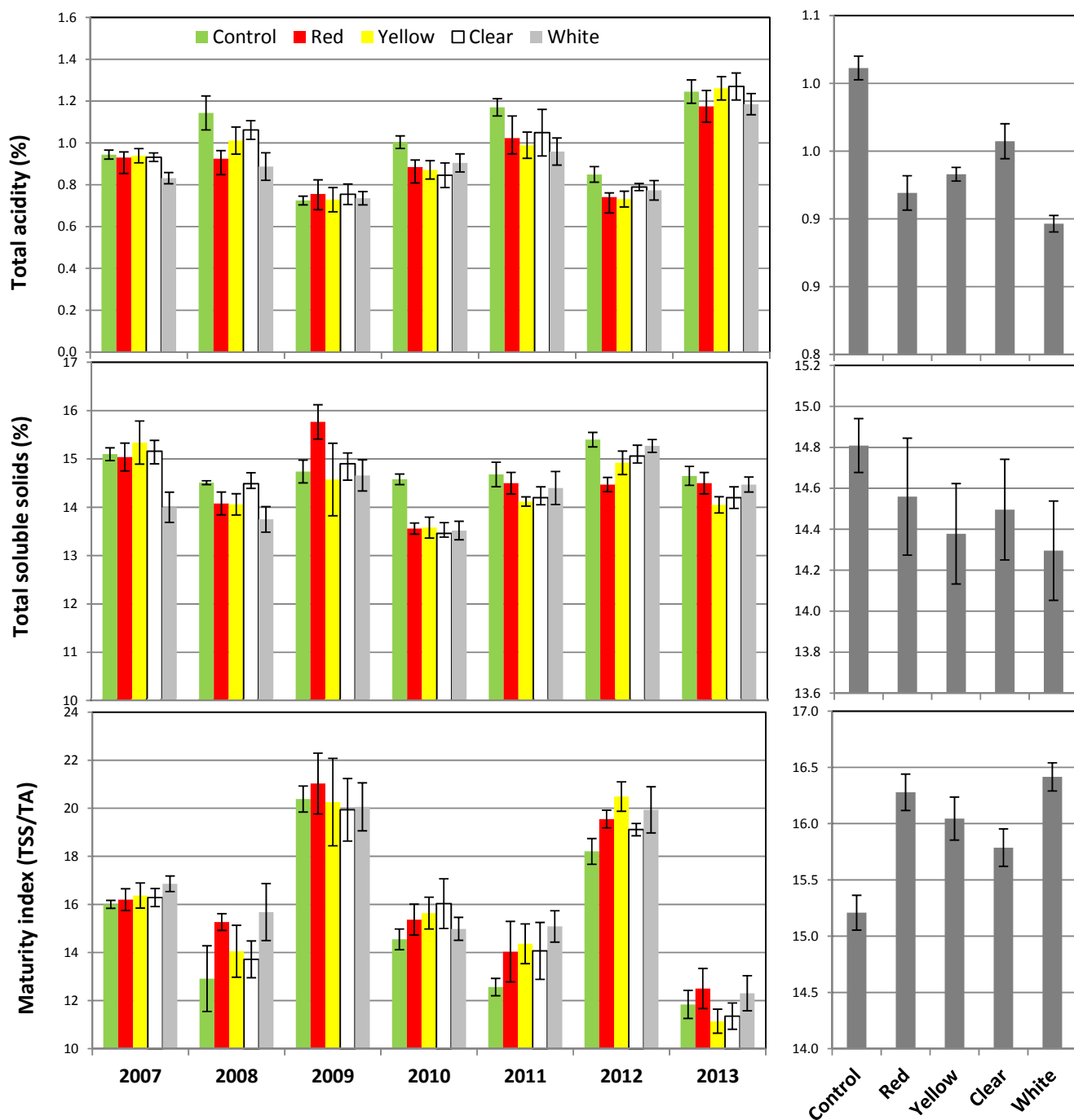
טבלה מס' 1: כמות היבול בק"ג לעץ, ומספר הפירות לעץ בטיפולים השונים בכל אחת משנות הניסוי

מאחר ובין השנים ניכר הבדל ביבולים, הממוצע הרב שנתי של היבולים מוצג לאחר סטנדרטיזציה של היבולים כנגד הממוצע השנתי. ממוצע זה חושב בנפרד לשנים 2007-2012 (איור 11א), ולשנים 2007-2103 (איור 11ב). בשנים 2007-2012 הרשתות הלבנה, האדומה והשקופה נתנו יבולים דומים, הגבוהים באופן משמעותי מזה של עצי הביקורת. התמונה הכללית הזו נשמרת גם כאשר מחושב היבול הממוצע בין השנים 2007-2013, אבל בגלל היבול הגבוה בעצי הביקורת בשנת 2013, ההבדלים בין הטיפולים אינם מובהקים.



איור מס' 11: כמות היבול הממוצעת בין השנים 2007-2012 (עליון) ו-2007-2013 (תחתון) מיוחסת לממוצע השנתי בכלל הטיפולים.

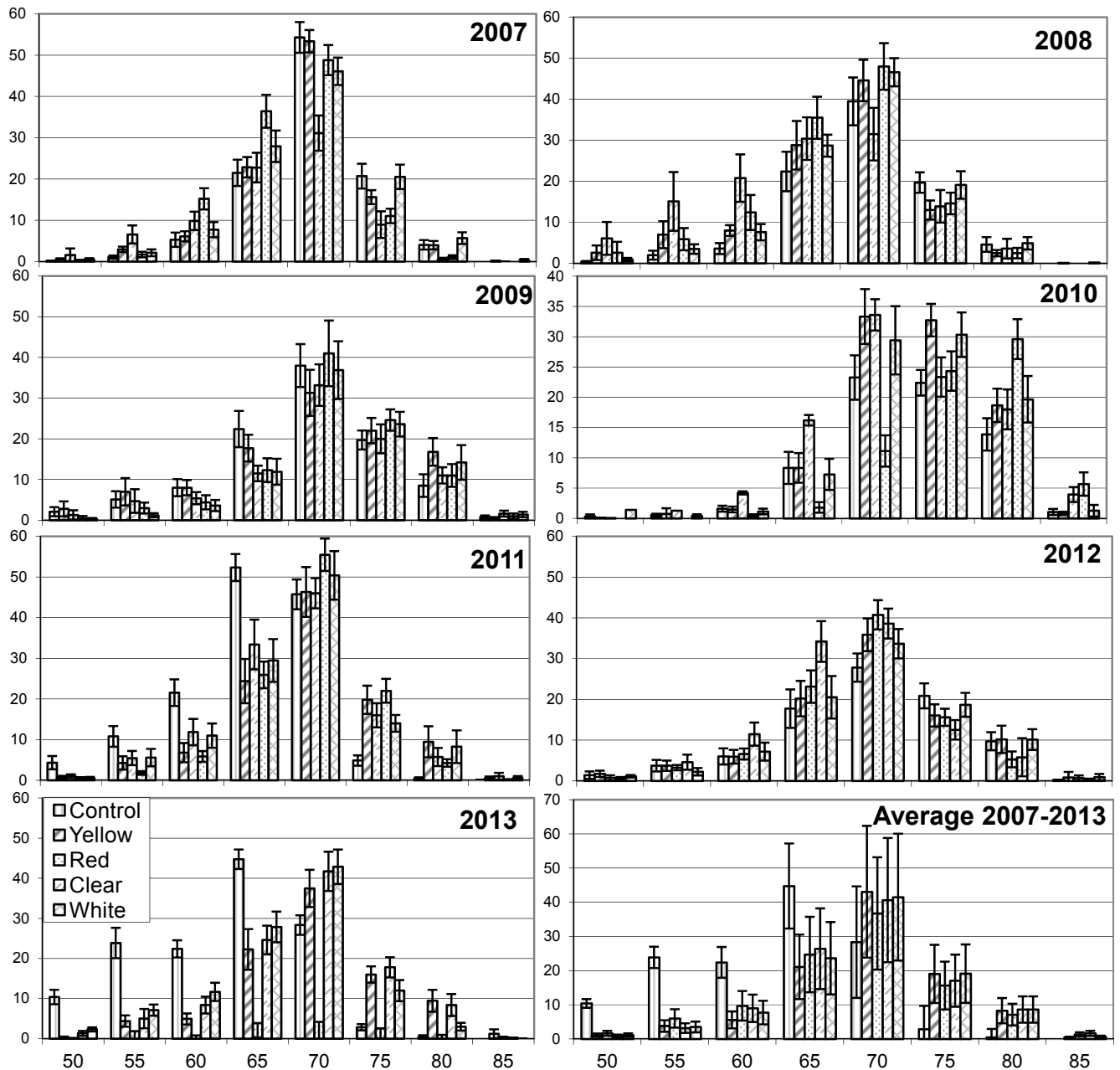
איכות הפרי נבחנה בכל אחת משנות הניסוי ע"י קביעת אחוז החומצה, אחוז הכמ"מ וחישוב היחס בניהם (איור מס' 12). התמונה הרב שנתיית המתקבלת ברורה ומעניינת, ומסוכמת בממוצע הרב שנתי, המותג בגרפים מימין. אחוז החומצה בפרי הביקורת הנו גבוה מאשר מזה של פרי הגדל תחת הרשתות, כאשר אלו לא מביאות להבדלים במדד זה. למרות סטיות התקן הגבוהות וחוסר המובהקות, נראה כי אחוז הכמ"מ של פרי תחת הרשתות הצהובה והלבנה נופל גם הוא מזה של פרי הביקורת. למרות ירידה זו, וכתוצאה ישירה של שינויים באחוז החומצה יחס ההבשלה בפרי תחת הרשתות גבוה מזה של פרי הביקורת בס"ג של אחוז עד אחוז וחצי. לכאורה, הדבר מצביע על שיפור באיכות הפרי.



איור מס' 12: איכות הפרי בהשפעת רשתות. בצד השמאלי מלמעלה למטה, אחוז חומצה, אחוז כמ"מ ויחס הבשלה. בגרפים הימניים באותו הסדר, ממוצע רב שנתי

השפעת הרשתות נבחנה גם על התפלגות גודל הפרי. בהדרים, כמו בעצי פרי אחרים, יש לרוב קשר הפוך בין גודל הפרי למספר הפירות על העץ (איור מס' 13). התמונה הזו לא תמיד ברורה, או מובהקת מבחינה סטטיסטית. לדוגמה, בשנת 2009 עצי הביקורת ועצים תחת הרשת הצהובה נתנו פחות פירות לעומת עצים תחת הרשת הלבנה. אכן, ניתן

לראות כי במנייני פרי נמוכים 50-65 מ"מ אכן אחוז הפירות בהם לעומת הטיפולים האחרים. במניין הגבוה ביותר, 85 מ"מ, התמונה כצפוי מתהפכת. בשנת 2011 ו-2013 מספר הפירות הביקורת היה הגבוה ביותר (בשנת 2011 ללא מובהקות, ובשנת 2013 באופן מובהק). הדבר ניכר היטב במניינים הנמוכים 50-65 מ"מ בהם אחוז פרי הביקורת הנו הגבוה ביותר. התמונה הרב שנתית, 2007-2013, מציגה תמונה דומה, כפי הנראה בגלל מספר הפירות הרב בשנתיים הנ"ל.



איור מס' 13: התפלגות גודל פרי במ"מ

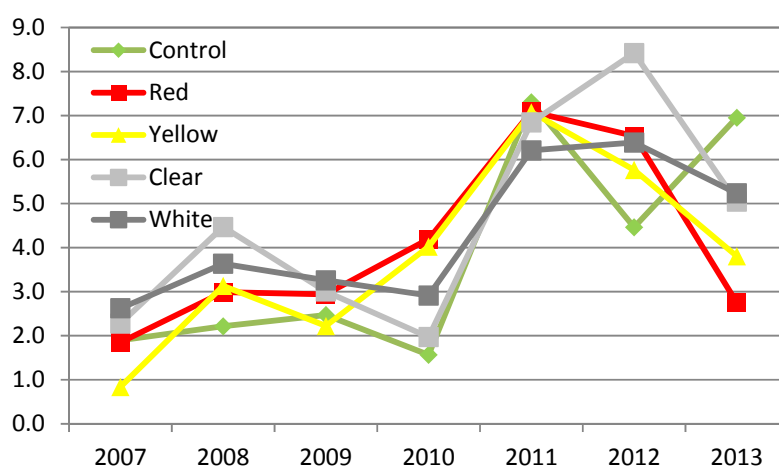
דיון

השפעת הרשתות על המיקרואקלים בפרדס

מכל המדדים שנבחנו, ההשפעה של הרשתות על עצמת הרוח, ללא קשר לצבע הרשת, הנה הניכרת ביותר; ירידה של 70% בעצמת הרוח. יעילות בית הרשת הפתוח אינה נופלת בהקטנת עצמת הרוח ממבנה סגור, דוגמת זה המקובל בבנוות (מידע מיוסי טנאי). ניתן להניח כי הקטנת עצמת הרוח הנה גורם מכריע בהגדלת הלחות תחת הרשתות לעומת עצים לא מכוסים. מובן שגם עצמת ההצללה, הנקבעת ע"י צבע הרשת משחקת תפקיד חשוב בהגדלת הלחות היחסית; תחת רשתות הכהות, צהובה ואדומה, הלחות היחסית הנה גבוהה לרוב לעומת הרשתות הבהירות, לבנה ושקופה. מעניין כי הבדלים קטנים יחסית (גם אם מובהקים) נמדדו בטמפרטורת האוויר. יתכן וההשפעה על טמפרטורת העלה (שלא נמדדה בניסוי) תהיה גדולה יותר.

השפעת הרשתות על יבול ואיכות פרי

במרבית שנות הניסוי, 5 מתוך 7, מספר הפירות ומשקל היבול לעץ נמוכים לרוב באופן מובהק בעצי הביקורת לעומת עצים הגדלים תחת חלק מהרשתות, או אף כולן (2008 ו-2012). ב-4 מתוך 7 שנות הניסוי, כמות היבול (מספר ומשקל) הנה הגבוהה ביותר בעצים הגדלים תחת הרשתות הבהירות, לבנה ושקופה. ההסברים האפשריים לכך מוצגים בהמשך. ככלל, התאימות בין מספר הפירות למשקל הפירות לעץ, וחוסר אחידות רב שנתית בהתפלגות גודל הפרי, מצביעה על כך שהעלייה ביבול נובעת לרוב ממספר פירות, ולא דווקא מעליה בגודל הפרי. אחת השאלות המעניינות בהקשר ליבול הנה השפעת הרשת על נושא הסירוגיות. אור 1 אינו מתאפיין בסירוגיות ברורה לאורך השנים, כמו בזנים סירוגיים, דוגמת מורקוט. יש לעיתים חוסר יציבות רב שנתית, אולם לא תמיד היא צפויה. בניסוי הנוכחי היה קושי נוסף שנבע מכך שעד 2008 היו בחלקה עצי הרכבה גדולים שיצרו הפרעה לעצי הנטיעה, וכן מיסכו את האפשרות לבצע חישוב אמין של טון\דונם, שהגו המדד המקובל לפוריות פרדס. באיור מס' 14 הבאה מובא היבול כטון לדונם (המובהקות היא כמו בטבלה מס' 1):



איור מס' 14: כמות היבול בטיפולים השנים מחושב בטון לדונם

יבול רב שנתי של 4.5-4 טון לדונם נחשב יבול מצוין באור 1, מאחר והוא נותן ש"מ טוב בין גודל פרי למספר פירות. ניתן לראות כי עד 2010 רמת היבולים בכלל החלקה יחסית נמוכה. רק תחת הרשת הלבנה והשקופה הטונאג' הנו סביב הערך הרצוי. החל משנת 2011 ואילך יש עליה משמעותית ביבולים, ואם נתייחס למצב בשלשה השנים האחרונות, ניתן לראות סירוגיות בביקורת, עם ירידה מ-2011 ל-2012. במהלך שנתיים אלו, היבול תחת הרשתות יחסית יציב וגבוה (6-8 טון לדונם), ולכן לא מפתיע שהוא יורד ב-2013, אם כי נשמר יחסית גבוה תחת הרשתות הבהירות. לאור המורכבות הניסויית, מובן כי שלש שנים אינן מספיקות להסיק מסקנה ברורה לגבי היציבות הרב שנתיית ביבולים. במידה ונוכל, נבצע קטיף ניסויי גם בשנה הבאה.

אחת הבעיות השיווקיות של הזן אור 1 הנה ירידה לא רצויה בחמיצות הפרי, אשר מחייבת קטיף מוקדם יחסית לרצוי. אחת התקוות מהניסוי הייתה שהרשתות יביאו להאפלה, אולם ניכר כי הן גורמות לירידה בחמיצות. יש גם ירידה לא משמעותית בכמ"מ, אבל התוצאה הכוללת הנה עליה ביחס ההבשלה, כלומר שיפור לכאורה באיכות הפרי. זהו מצב מצוין בזנים חמוצים, אבל, כאמור, לא רצוי באור 1.

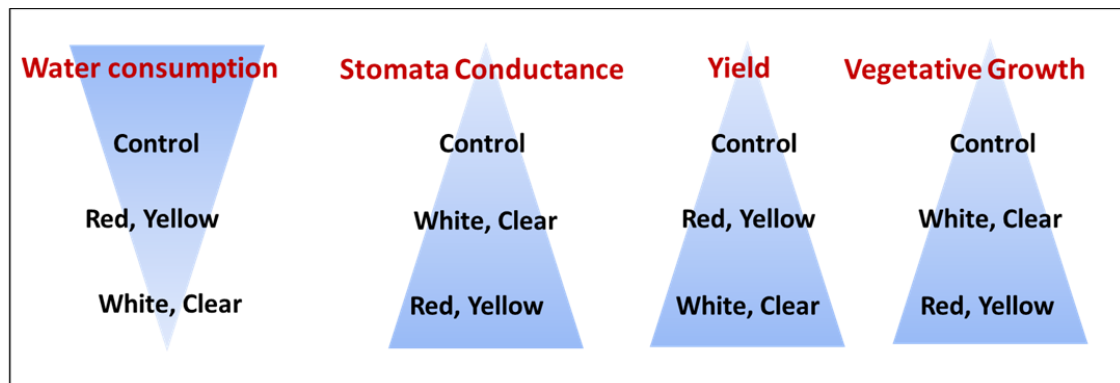
השפעת הרשתות על הפיזיולוגיה של העץ

ממצאי המחקר מראים על שיפור ניכר בפיזיולוגיה של עצים הגדלים תחת הרשת לעומת עצי הביקורת. השיפור מתבטא בהגדלת פרק הזמן של פתיחת הפיוניות, ומכאן לעליה ביכולת ההטמעה של העץ, עלייה ניכרת בגודל הנוף, ועליה ביבול. כל אלו מלווים בתוצאה נוספת רצויה, והיא הקטנת צריכת המים של העץ. את ההסבר לכך ניתן לסכם באופן הבא: ירידה בעצמת הרוח ---- < עליה בלחות היחסית ---- < הגדלת האזור הלח בגבול העלה ---- < פתיחת פיוניות מוגברת, אך ירידה בדיות ---- < ירידה בתצרוכת המים של העץ (Tanny and Cihen 2012). גורם נוסף אשר יכול להגביר פתיחת פיוניות הנו הורדת טמפרטורת העלה, אשר לא נבחנה במחקר זה (Jifon et al 2003). תוצאות אלו תומכות בתוצאות מחקרים קודמים בהם הראו כי הצללה והקטנת עצמת הרוח משנים את משטר פתיחת הפיוניות (Alarco'n et al 2006, Tanny and Cohen 2003). יש גידולים בהם הצללה גורמת להעלאת יבול, ויש גידולים בהם האפקט הנו הפוך (Stanhill and Cohen 2001). אכן, במחקר שנעשה באשכוליות נמצא כי הרשתות מעלות תכולת כלורופיל בעלה ומורידות פוטנציאל מים, אך גם נצפתה ירידה ביבול (Cohen et al. 2005).

סיכום

ההבדלים בביצועי ארבעת הרשתות הנבחנות מסוכמים באיור מס' 15. תחת הרשתות הכהות (אדומה וצהובה) מופיע גידול ווגטיבי נמרץ יותר מאשר ברשתות הבהירות (שקופה ולבנה). לעומת זאת, היבול גדול יותר תחת הרשתות הבהירות. לאור התחרות הידועה בין צימוח ווגטיבי לרפרודוקטיבי, תוצאה זו אינה מפתיעה. עצים תחת הרשתות הכהות פותחים יותר פיוניות לעומת העצים תחת הרשתות הבהירות. עקב כך, וגם בגלל גודל הנוף, צריכת המים תחת הרשתות הכהות גבוהה מאשר בבהירות.

לסיכום, תוצאות מחקר זה מראות, עד כה כי לטכנולוגיה יש פוטנציאל חיובי בפרדס. הרשתות ממתנות את המיקרואקלים, ומביאות לשיפור בביצועי העץ. בבחינה כוללת, אשר לוקחת חשבון שיקולי צימוח ווגטיבי, גודל יבול וצריכת מים, נראה כי לרשתות הבהירות עדיפות על הכהות.



איור מס' 15: השפעה כוללת של הרשתות

ספרות

- בר יוסף מ (2009). השימוש ברשתות דלילות לכיסוי מטעים. מבט אישי והיסטורי. עלון הנוטע, שנה ס"ג, 63: 40-42.
- וקסמן י (2009). השפעת רשתות צבעוניות על מדדים פיזיולוגיים, הוררטיקולטורים וצריכת המים בעץ הדר מזן "אור". עבודת גמר, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואכות הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים. 1.
- שחק, י (2005). גישות חדשות בכסוי מטעים ברשת: רשתות צבעוניות. חקלאי ישראל 20 (אפריל): 50-56.
- Alarco'n JJ, Ortunõ MF, Nicolás E, Navarro A, Torrecillas A (2006). Improving water-use efficiency of young lemon trees by shading with aluminised-plastic nets. *Agri Water Manag* 82: 387-398.
- Cohen S, Raveh E, Li Y, Grava A, Goldschmidt EE (2005). Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shade screens. *Sci Hort* 107: 25-35.
- Jifon JL, Syvertsen JP (2003). Moderate shade can increase net gas exchange and reduce photoinhibition in citrus leaves. *Tree Physiol* 23: 719-719.
- Rajapakse NC, Shahak Y (2006). Light quality manipulation by horticulture industry. In: *Light and Plant Development* (G Whitelam and K Halliday, eds.), Blackwell Publishing, UK.
- Raveh E, Cohen S, Raz T, Yakir D, Grava A, Goldschmidt EE (2003). Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *J Exper Bot*, 54: 365-373.
- Stanhill G, Cohen S (2001) Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. *Agri Forest Meteorol* 107: 255-278.
- Tanny J, Cohen S (2012). Microclimate and crop water use under screens and in screenhouses, In: *Agricultural in arid and semiarid zones: Soil, water and environment aspects* (M Ben-Hur, ed.), Research Signpost, In Press.
- Tanny J, Cohen S (2003) The effect of a small shade net on the properties of wind and selected boundary-layer parameters above and inside a citrus orchard. *Biosyst Eng* 84 (1): 57-67.

סיכום עם שאלות מנחות

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3 עד 4 שורות מקסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מס' מחקר: 203-0796-12

<p>1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה. מטרת המחקר הייתה ללמוד את השפעת ארבע סוגי הרשתות שנבחרו, אדומה, צהובה, לבנה ושקופה על פרמטרים רבים ככל הניתן, פריחה וחנטה, יכול ואיכות, פרמטרים גידולים בזן אור 1.</p>
<p>2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח. מדובר בתוכנית המשך לתוכנית קודמת, במהלכה נמדדו פרמטרים הורטיקולטוריים, יכול ואיכות פרי בחלקת הביקורת ותחת הרשתות. התוצאות מצביעות על עליה ביכול תחת הרשתות במהלך מרבית שנות הניסוי. התוצאות מהתוכנית הקודמת המצביעות על שיפור במיקרואקלים בפרדס המכוסה ושיפור בפיוזולוגיה של העצים מסבירות את העלייה ביכול.</p>
<p>3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. לטכנולוגיה של רשתות צבעוניות יש פוטנציאל חיובי בפרדס. אין מקום להמשיך במחקר הנוכחי, אלא לבחון באופן ישיר השפעת משטרי השקיה שונים בפרדס מכוסה ברשתות בהירות.</p>
<p>4. הבעיות שנותרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן. אין בעיות, ולא היו שינויים בתוכנית המחקר.</p>
<p>5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים - כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך. הוחל בהפצת ידע: תקציר בכנס ההדרים הבינלאומי בסין 2008, דיווח ביום עיון הדרים 23.4.2009, סיור מגדלים בפברואר 2010, דיווח ביום צוות הדרים דצמבר 2011, מאמר בעלון הנוטע מאי 2012, מאמר בכנס בין לאומי, CIPA 2012.</p>
<p>6. פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)</p> <ul style="list-style-type: none">• רק בספריות• ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)• חסוי – לא לפרסום