

דו"ח סופי לתכנית מחקר: 301-0687-10, מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

## השפעת ממשק ההשקיה על יכול של עצי אבוקדו

### Response of avocado to irrigation management

צוות המחקר: אבנר זילבר, שמואל אסולין, אירית לבקוביץ-המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי; אלקנה בן-ישר, מו"פ צפון; עמי קינן, יאיר ישראלי, ג'ורג' חודי - צמח ניסיונות, מיקי נוי - שה"מ.

Avner Silber - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: [avnsil@volcani.agri.gov.il](mailto:avnsil@volcani.agri.gov.il)

Shmuel Assouline - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250. E-mail: [vwshmuel@agri.gov.il](mailto:vwshmuel@agri.gov.il)

Itzhak Adato - Northern R&D: P.O. Box 90000 Rosh Pina 12100, E-mail: [isaac@endeavor-int.com](mailto:isaac@endeavor-int.com)

Ami Keinan - Northern R&D: P.O. Box 90000 Rosh Pina 12100, E-mail: [ami@zemach.co.il](mailto:ami@zemach.co.il)

Yair Israeli - Northern R&D: P.O. Box 90000 Rosh Pina 12100, E-mail: [yairi@zemach.co.il](mailto:yairi@zemach.co.il)

Elkana Ben-Yashar - Northern R&D: P.O. Box 90000 Rosh Pina 12100, E-mail:

[Elkanabn@migal.org.il](mailto:Elkanabn@migal.org.il)

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים  
חתימת החוקר:

## תוכן עניינים

3	תקציר
4	מבוא
4	ממצאים עיקריים מהשנים 2007-2008
5	ממצאים עיקריים שנת 2009
6	מטרות המחקר
6	שיטות העבודה
7	תוצאות עיקריות
7	התפתחות הצמחים ויבול 2010
8	השפעת הטיפולים על משטר המים במצע הגידול ועל קליטת המים ע"י העץ
8	השפעת הטיפולים על משטר המים בצמח על תולכת הפיוניות ועל קיבוע CO <sub>2</sub>
9	השפעת הפירות על התפתחות העץ, תולכת פיוניות, פוטוסינתזה, ריכוזי סוכרים בעלים ועל צריכת המים
9	דיון
11	איוורים
22	רשימת ספרות

## תקציר

### הצגת הבעיה

הבעיה המרכזית של גידול אבוקדו בישראל ובעולם היא יכול הפירות הנמוך. הסיבות לפריון הנמוך של עצי אבוקדו אינן ברורות, ולמרות מחקרים רבים ואינטנסיביים, היבולים בעשרים השנים האחרונות לא חצו את "מדרגת" 2 טון לדונם בממוצע רב שנתי (בזן האס). חלק גדול מהחוקרים ומקברניטי הענף בישראל ובעולם מייחסים לפוריות הנמוכה נשירה חזקה של פרחים, הנטים ופירות.

### מטרות המחקר

המטרה הכללית של המחקר הייתה לבחון את ממשק ההדשיה האופטימאלי הנדרש להשגת יכול גבוה של פירות אבוקדו. המטרות הייחודיות היו: (א) בחינת ההשפעה של עקות גידול שונות (משטר ההשקיה ונפח בית השורשים) על הצימוח הווגטיבי ועל היבול; (ב) מדידה ישירה של דיות והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים (באמצעות תא לחץ), תולכת עלים באמצעות פורומטר) ופוטוסינתזה במהלך תקופות הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה.

### שיטות העבודה

במסגרת המחקר המוצע בוצע ניסוי בכלים (ליזימטרים). התשתית למחקר (בניית המערכת, הצבת מכשירי המדידה ונטיעת העצים) הוצבה בשנה הראשונה (2006) והעצים נשתלו בתאריך 26 לספטמבר 2006 בתוך כלים שמולאו בפרליט והונחו בתוך חפירה בקרקע.

### תוצאות עיקריות

שנת 2010 הייתה שנת יכול מלאה. הפריחה והחנטה היו טובות והשפעת הטיפולים עליהם (טיפול השקיה ונפח כלים) הייתה זניחה. באמצע יוני החלה נשירה חזקה של פירות צעירים, בתלות לטיפולים בניסוי. מכאן, ההשפעה העיקרית של הטיפולים (משטר השקיה, נפח מצע) על יכול הפירות הייתה מובהקת אבל לא ישירה. הטיפולים בניסוי השפיעו בעיקר על כמות הפירות שנשרה (מחצית יוני עד מחצית יולי). יכול הפירות של עצים שהושקו בצורה אופטימלית (Irg1) היה 40 ק"ג לעץ במיכל של 200 ליטר ו-30 ק"ג בעץ במיכל של 100 ל'. בחישוב של 111 עצים לדונם היבול של עצים אלו הוא 4.4 ו-3.3 טון לדונם בעצים במיכל 200 ו-100 ל' בהתאמה. יכול זה גבוה בהרבה מהיבול המקובל בישראל (1-2 טון לדונם) והוא תוצאה ישירה של הפחתת הנשירה באמצע יוני. שלב "קובע היבול" באבוקדו קשור כנראה לתהליך פיסולוגי בהתפתחות המוקדמת של הפרי (התפתחות הזרע?). ייתכן כי מחסור במים ו/או יסודות מזון חיוניים (ואו אחר) גורם לפגיעה בהתפתחות הזרע ובעקבות זאת לנשירה חזקה של פירות. מוצע לבחון היפותזה זו במחקר נוסף. בתקופה של מבלעים פרודוקטיביים חזקים (גלי לבלוב, פריחה, התפתחות פרי) כמות הסוכרים הנעה למערכת הלא פרודוקטיבית (שורשים) יורדת. מכאן, מחזוריות הגידול של מערכת השורשים הפוכה מזו של הנף. מכאן, ייתכן כי פעילות השורשים נפגעה כתוצאה מירידה בקצב אספקת הסוכרים ובעקבות זאת ירדה יעילות הקליטה של מים ויסודות מזון. ייתכן כי זו הסיבה לנשירת הפירות הצעירים בטיפולים בהם ההשקיה הייתה לא מיטבית (Irg2, Irg3).

## מבוא

מחקר זה היא המשך לתכנית מחקר קודמת (תכנית 301-0499-06) שמומנה על ידי המדען הראשי ושהסתיימה בסוף שנת 2008. העצים נטעו בסוף שנת 2006 ולכן בדו"ח הקודם דיווחנו על התוצאות שהושגו בשנים 2007-2008 שמתבצע הדברים התאפיינו בצימוח ווגטטיבי בלבד. התכנית הקודמת היוותה מסד לתכנית הנוכחית ובדו"ח הנוכחי יוצגו התוצאות שהושגו בשנת 2009 (שנת יבול ראשונה).

אבוקדו הוא גידול חשוב מאוד בישראל ובשנים האחרונות קיימת מגמה ברורה בכל העולם (כולל בישראל) של עלייה בהיקף הנטיעות. מומחי שיווק מעריכים כי הפוטנציאל העולמי לפרי זה רחוק מאוד ממיצוי ולכן אין סכנה של הצפה בעקבות העלייה בכמויות המשוקות הצפויות עם העלייה בשטחים הנטועים. הבעיה המרכזית של גידול אבוקדו בישראל ובעולם היא יבול הפירות הנמוך. הצימוח הווגטטיבי של עצי אבוקדו הוא בדרך כלל נמרץ, אולם למרות זאת, יבול הפירות הוא נמוך ומגיע ל-1-2 טון לדונם בלבד. הסיבות לפיריון הנמוך של עצי אבוקדו אינן ברורות, ולמרות מחקרים רבים ואינטנסיביים, היבולים בעשרים השנים האחרונות לא חצו את "מדרגת" 2 טון לדונם בממוצע רב שנתי (בזן האס). חלק גדול מהחוקרים ומקברניטי הענף בישראל ובעולם מייחסים לפוריות הנמוכה נשירה חזקה של פרחים, חנטים ופירות (Garner&Lovatt, 2008), כנראה בגלל חוסר יכולת של הצמח לספק מים ויסודות מזון חיוניים בפרקי זמן קצרים וקריטיים למבלעים חזקים אלו (Whiley, 2002; Whiley&Wolstenholme, 1990; Wolstenholme, 1986).

מקובל בדרך כלל כי לעצי אבוקדו מערכת שורשים שטחית וכי מערכת השורשים הפעילה מתרכזת בעיקר בחלק העליון של הקרקע (Michelakis et al., 1993; Salgado&Cautín, 2008). לא ברור האם מערכת השורשים השטחית היא תוצאה של מחסור ביסוד מזון חיוני בקרקע, התנגדות מכאנית של הקרקע שמקשה על החדירה לעומק של שורשי האבוקדו, מחסור בחמצן, או תכונה אופיינית של עץ האבוקדו שאיננה תלויה בגורמי ממשק. הרחבת השטח המורטב סביב לעץ אבוקדו (מ-25% ל-75%) באמצעות הגדלת מספר שלוחות הטפטוף (מאחת לחמש) הביאה להגדלה בקצב גידול השורשים, לשיפור מצב המים בעץ ולהגדלת הדיות (Cantuarias et al., 1995; Cantuaruas Aviles, 1995). המשמעות הישירה של מערכת שורשים שטחית היא כי קצבי הקליטה של מים ויסודות מזון (ביחידות של כמות נקלטת ליחידת שורש ליחידת זמן -  $g\ m^{-2}\ root\ t^{-1}$ ) חייבים להיות גבוהים מאוד על מנת לאפשר קליטה נאותה גם במצבי שיא. ייתכן כי בתנאים של דיות גבוהה, דרישה אטמוספירית גבוהה למים (תנאי שרב) או כאשר יש דרישה גבוהה ליסודות מזון (פריחה/חנטה), הצמח נכנס לעקה כתוצאה מחוסר היכולת של נפח שורשים קטן המרוכז בחלק העליון של הקרקע לספק את הדרישות וכתוצאה מעקה זו נושרים החנטים. לברור והבנת הסיבות למערכת השורשים השטחית חשיבות גדולה מאוד והיא קריטית לגיבוש ממשק ההדשיה האופטימאלי. לנפח השורשים משמעות רבה על הצמח השלם. בשנים האחרונות נעשו שינויים בממשק ההשקיה (הגדלת מספר שלוחות הטפטוף לעץ, השקיה בתדירות גבוהה ושיפור הבקרה ע"י מדידה רציפה של שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטר), ובשילוב טיפולים אגרו-טכניים כגון גיזום ושימוש בהורמונים צמחיים (נוי, 2004). כלים לבקרה צמחית על מנת המים ועיתוי ההשקיה במטע מסחרי של אבוקדו עדיין לא קיימים ובדרך כלל מקובל השימוש בדנדרומטרים כאמצעי לבקרת השקיה. הדנדרומטר אינו מאפשר מדידה ישירה של דיות אולם הוא נפוץ לאחרונה גם בחלקות מסחריות ככלי לאומדן יחסי של עקות מים. בחלק מהחלקות המסחריות מקובל שימוש בטנסיומטרים ככלי לקביעת מרווח ומנת ההשקיה (וינר, 2003; נוי, 2004; וינר&זקס, 2006).

## ממצאים עיקריים מהשנים 2007-2008

א. הטיפולים בניסוי גרמו להבדלים משמעותיים בתכולת המים במצע למרות זאת, לא נמדד הבדל משמעותי בקיבוע  $CO_2$ , תולכת פיוניות, פוטנציאל מים בגזע ו/או בעלים בין הטיפולים.

- ב. השפעת הטיפולים (טיפול השקיה ונפח מצע) על הצימוח הייתה קטנה ולא משמעותית.
- ג. התולכה המירבית של הפיוניות הייתה בשעות שמונה עד עשר בבוקר ולאחר ירדה, ללא תלות בטיפול השקיה או בגורם אקלימי כלשהו. גם שיעור הפוטוסינתזה המירבי היה בשעות אלו. ממצאים אלו נמצאים באי התאמה לגישה המקובלת כי פעילות הפיוניות (תולכה ופוטוסינתזה) נמצאת בהתאמה למדדים אקלימיים שונים כגון: קרינה, גרעון מים מקסימלי באטמוספירה (VPD), טמפרטורה, לחות יחסית וכ"ו.
- ד. סיבות אפשריות לסגירה החלקית של פיוניות הן (כל אחת או צירוף של כמה מהן): גרעון מים אטמוספרי הגבוה מיכולת הצמח לספק מים, תכולת מים לא מספקת בבית השורשים, מגבלת הובלה בצמח או כל גורם אחר.
- ה. תכולת המים במצע בטיפול שהושקה בתדירות גבוהה (Irg1) הייתה קרובה לרויה רוב שעות היום. הירידה בתולכת פיוניות והפוטוסינתזה התרחשה בשעות בהן הקרינה, ה- VPD והטמפרטורה היו נמוכות יחסית וגם בימים בהם ה- VPD לא היה גבוה. מכאן, לא נמצא אישוש לאף אחד מהסיבות שהוזכרו בסעיף ג'.
- ו. מדידות קצב התעבות הגזע בשנתיים אלו הצביעו על מחזוריות הפוכה לצימוח של עלים חדשים. קצב התעבות הגזע היה נמוך בתקופות של לבלוב וצימוח עלים חדשים ועלה בתקופות שבין גלי הבלבוב. הצימוח המהיר של הצמחים נמשך עד הסתיו ולא היה תלוי בטיפולים. עלים צעירים של אבוקדו מהווים מבלע חזק לסוכרים ולכן ייתכן כי הירידה בקצב התעבות הגזע שנצפתה בניסוי מצביעה על מחזוריות בחלוקת משאבי הצמח (סוכרים). בתקופה של מבלעים פרודוקטיביים חזקים (גלי לבלוב, פריחה? התפתחות פרי?) כמות הסוכרים הנעה למערכת הלא פרודוקטיבית (שורשים) יורדת. מכאן, מחזוריות הגידול של מערכת השורשים הפוכה מזו של הנוף כפי שנמצא במחקר שנערך בפלורידה (Ploetz et al., 1991).

### ממצאים עיקריים שנת 2009

שנת 2009 הייתה שנת היבול הראשונה הטיפולים בניסוי. לגורמי אקלים ולטיפול השקיה באביב ובקיץ המוקדם (עד אמצע יוני) של שנת 2009 הייתה השפעה מובהקת על תולכת הפיוניות ועל מצב המים בצמח. אולם, השפעת הטיפולים והאקלים הלכה וקטנה עם הזמן עד שנעלמה לחלוטין, בדומה לממצאי 2007 ו-2008. תוצאות 2009 הצביעו בבירור כי הירידה בפתיחת הפיוניות איננה קשורה למצב המים במצע או לעקת מים. עצמת הפריחה והחנטה היו גבוהות והשפעת הטיפולים עליהם (טיפול השקיה ונפח כלים) הייתה זניחה. באמצע יוני החלה נשירה חזקה של פירות צעירים. עצמת הנשירה הייתה בתלות לטיפולים לפי הסדר:  $Irg1 >> Irg2 > Irg3$  וכן:  $100L > 200L$ . מכאן, ההשפעה העיקרית של הטיפולים (משטר השקיה, נפח מצע) על יבול הפירות הייתה מובהקת אבל לא ישירה. הטיפולים בניסוי השפיעו בעיקר על כמות הפירות שנשרה (מחצית יוני עד מחצית יולי). עלים צעירים ופירות מהווים מבלע חזק לסוכרים ולכן ייתכן כי הירידה בקצב התעבות הגזע שנצפתה בניסוי מצביעה על מחזוריות בחלוקת משאבי הצמח (סוכרים). בתקופה של מבלעים פרודוקטיביים חזקים (גלי לבלוב, פריחה. התפתחות פרי) כמות הסוכרים הנעה למערכת הלא פרודוקטיבית (שורשים) יורדת. מכאן, מחזוריות הגידול של מערכת השורשים הפוכה מזו של הנוף כפי שנמצא במחקרים אחרים. מכאן, הנחנו כי ייתכן ופעילות השורשים נפגעה כתוצאה מירידה בקצב אספקת הסוכרים ובעקבות זאת ירדה יעילות הקליטה של מים ו\או יסודות מזון וכי ייתכן כי זו הסיבה לנשירת הפירות הצעירים בטיפולים בהם ההשקיה הייתה לא מיטבית.

## מטרות המחקר

המטרה הכללית של המחקר הייתה לבחון את ממשק ההדשיה האופטימאלי הנדרש להשגת יכול גבוה של פירות אבוקדו. בחלק זה של המחקר נערך ניסוי בכלים (ליזימטרים) שמטרותיו היו: (א) בחינת ההשפעה של עקות גידול שונות (משטר ההשקיה ונפח בית השורשים) על הצימוח הווגטיבי ועל היבול; (ב) מדידה ישירה של דיות והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים (באמצעות תא לחץ), תולכת עלים (באמצעות פורומטר) ופוטוסינתזה במהלך תקופת הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה.

## שיטות העבודה

המחקר התבצע בצמח, עמק הירדן ובו נבחנה ההשפעה של ממשקי הדשייה שונים על עצי אבוקדו מזן האס (מורכבים על כנת וגטיביית דגניה 117) שנשתלו בתוך כלים עם פרליט. השימוש בכלים איפשר מעקב רציף אחר דליפת מים ומומסים ואיפשר לימוד מעמיק של דרישות ההזנה של עצי אבוקדו. הצמחים נשתלו בתאריך 26 לספטמבר 2006 בתוך כלים בנפח של 200 ליטר שמולאו בפרליט והונחו בתוך חפירה בקרקע, על מנת למנוע השפעה של קרינת שמש ישירה על דופן המיכל. המרחק בין העצים היה  $2 \times 4.5$  מטר, כך שלכל עץ היו  $9 \text{ מ}^2$  ומכאן, חישוב תאורטי מצביע על 111 עצים לדונם. המיכלים חוברו למערכת איסוף מרכזית והתשטיפים (כל טיפול בנפרד) נאספו ונשמרו לבדיקות כימיות. בניסוי נבחנה ההשפעה של עקות גידול שונות (משטר ההשקיה ונפח בית השורשים) על התפתחות על הצימוח הווגטיבי ועל היבול. בנוסף נעשה מעקב אחר הדיות ונבחן הקשר בינו לבין מדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים (באמצעות תא לחץ), תולכת עלים (באמצעות פורומטר) ופוטוסינתזה. מדידות אלו נעשו כל מהלך הגידול על מנת לאפשר בנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה. בניסוי נבחנו הגורמים הבאים: (א) תדירות ההשקיה – גבוהה (10-30 השקיות ביום (Irg1), לפי מנת המים הכללית); בינונית (אחת ליום (Irg2), גמר השקיה בשעות 0900-08); ו- (ב) נפח מצע - 200 ליטר ו-100 ליטר לצמח. מכל טיפול הוצבו 12 כלים, עשרה עם שתילים ושניים ללא צמח שהושקו ודושנו בצורה זהה לטיפול הניסוי. לאחר בדיקות הורסות שנעשו בשנים 2008-07 נשאר 11 עצים מטיפול Irg1, 15 עצים מטיפול Irg2 ו-16 עצים מטיפול Irg3. כמות המים והדשן היומית בניסוי היתה אחידה לכל הטיפולים, בהתאם לדיות הצמחים + 25% להדחת מלחים. חמישה עצים מכל טיפול חוברו למערכת חיישנים מתוצרת "פיטק" המודד את השינויים בקוטר הגזע. מדידות אלו אפשרו מעקב ובקרה רציפה על גידול העץ ותגובות העצים לעקות מים (חישוב התכווצות יומית מירבית). בנוסף, הותקנו מערכות מדידת קוטר לשמונה פירות מכל טיפול (רק בכלים של 200 ל', ארבעה פירות לעץ משני עצים בטיפול, כולל מיכל הביקורת עם מערכת מדידת נקז ושינויים במשקל). התנאים המטאורולוגיים באזור הניסוי בשנת 2010 מוצגים באיור 1. בנוסף, הותקנו שש מערכות (אחד לכל טיפול) שאפשרו מדידה רציפה של משקל הכלי ואיסוף אוטומטי של נפח המים שהתנקז ממנו. מערכות אלו אפשרו חישוב של הדיות בכל זמן נתון במהלך היממה (כמות מים בהשקיה פחות שינויים במשקל הכלי פחות נפח נקז). בתאריך 22 מרץ 2011 הוסרו כל החנטים והפירות משני עצים מהטיפול המיטבי (Irg1) הממוקמים בשני בלוקים שונים. שני עצים שכנים מטיפול זהה ודומים בנפח הנוף שימשו כביקורת.

בכלים שחוברו למערכות השקילה ואיסוף הנקז מוקמו חיישני  $\text{ECH}_2\text{O TE}$  (DECAGON) המודדים תכולת רטיבות נפחית, מוליכות חשמלית וטמפרטורה במצע. החיישנים מוקמו באמצע הכלי (עומק של 20 ס"מ) בחזרה אחת.

החיישנים חוברו לאוגר נתונים ייעודי והמשתנים השונים נדגמו באופן רציף כל 5 דקות על מנת לספק מעקב אחר התהליכים הדינמיים בשלושת המשתנים. החיישן מודד את תכולת הרטיבות הנפחית באמצעות מדידת המקדם הדיאלקטרי של התווך בתדירות של 70 MHz, את הטמפרטורה ע"י טרמיסטור. החברה סיפקה עקום כיוול ייחודי לפרלייט במטרה לתרגם את מדידות המקדם הדיאלקטרי לתכולת רטיבות נפחית, ובכך למזער את השגיאה הנובעת משימוש בעקומי כיוול אוניברסליים לקרקע או מצעים מנותקים השונים פרלייט.

במהלך העונה נמדדו: (א) השינוי היומי בפוטנציאל המים בגזע; (ב) תולכת הפיוניות; ו-1 (ג) מדידת חילוף הגזים. לחישוב פוטנציאל המים בגזע נמדדו שני עלים שנמצאו בחלק הפנימי של הנוף, צמוד לגזע, מעץ אחד בכל חזרה. העלים כוסו בשקית פלסטיק עטופה בנייר אלומיניום ונשארו על העץ כשעה וחצי על מנת להגיע לשיווי משקל עם פוטנציאל המים בגזע. לאחר מכן, העלים נתלשו מהעץ ופוטנציאל המים בעלה נמדד בתא לחץ (מכשיר ארי מד 2, כפר חרוב). לחישוב תולכת הפיוניות נבדקו שלושה עלים בוגרים (עלה שמיני מלמעלה) מעץ אחד מכל חזרה במכשיר פורומטר (Li-COR, Inc., USA). לחישוב חילוף גזים נבדקו הפיוניות נבדקו שלושה עלים בוגרים (עלה שמיני מלמעלה) מעץ אחד מכל חזרה במכשיר

## תוצאות עיקריות

### התפתחות הצמחים ויבול 2010

שנת 2009 הייתה שנת ההנבה הראשונה (בשנת 2008 הורדו כל החנטים מהעצים) עם יבול חלקי (חלק מהעצים היו ללא פירות). גלי הבלוב שאפיינו את השנים הווגטיביות הופיעו גם בשנים 2009 אך עצמתן הייתה חלשה בהרבה והצימוח הווגטיבי בשנה זו היה פחות נמרץ בהשוואה לשנות הגידול הווגטיביות (7-2008), כנראה בגלל עומס הפרי. מקובל כי קוטר הגזע נמצא בהתאמה טובה למדדים ווגטיביים שונים. קוטר הגזע הוא מדד קל למדידה בהשוואה למדדים אחרים (נפח נוף, משקל צמח וכו') ולכן נהוג להשתמש במדידות קוטר הגזע לאפיון הצימוח הווגטיבי. התאמה מובהקת בין שטח הנוף לבין קוטר הגזע (שטח הנוף נאמד על פי צילום אוויר שנעשה בחודש יוני 2008) נמצאה בשנת 2008 וגם בין משקל החומר היבש של כלל מרכיבי העץ (בדיקה הרסנית שנעשתה בסיום קטיף 2010) לבין קוטר הגזע במועד זה (איור 2). השפעת הטיפולים על קוטר הגזע בשנים 2008, 2009 ו-2010 מוצגת באיור 3.

הפריחה והחנטה בשנת 2010 היו בעצמות גבוהות ללא תלות בטיפולים. באמצע יוני החלה נשירה חזקה של פירות צעירים. הנשירה הייתה ללא תלות במזג אוויר קיצוני (שרב או שרקיה (רוח מזרחית חזקה)). בחינה מדוקדקת של פירות לפני תחילת הנשירה (אמצע יוני) העלתה כי מספר ימים עד שבוע לפני הנשירה הופיע כתם חום על הפירות (תמונה 1). איזור הכתם אופייני בריקבון פנימי ולאחר זמן הפירות עם הכתם נשרו מהעץ. ממצאים אלו מעידים כי תהליך נשירת הפירות איננו תהליך פתאומי או תוצאה של עקה אקלימית חריפה (חמסינים שכיחים בחודשים אלו) אלא רק סופו של תהליך שהחל ימים או שבועות קודם לכן. עצמת הנשירה הייתה בתלות לטיפולים לפי הסדר:  $Irg1 > Irg2 > Irg3$  וכן:  $200L > 100L$ . מכאן, ההשפעה העיקרית של הטיפולים (משטר השקיה, נפח מצע) על יבול הפירות הייתה מובהקת אבל לא ישירה. הטיפולים בניסוי השפיעו בעיקר על כמות הפירות שנשרה (מחצית יוני עד מחצית יולי). קצב גידול הפרי (מדידות ישירות ובאמצעות דנדרומטרים) בתקופה זו (עד 10 ביולי) היה מהיר ( $0.3 \pm 0.03$  מ"מ ליום) והוא ירד לאחר מכן לכדי חמישית (-)  $0.06 \pm 0.001$  מ"מ ליום) ונמשך בקצב קבוע עד הקטיף ((שלב I ושלב II, איור 4). טיפולי ההשקיה לא השפיעו על קצב גידול הפירות (חיישני קוטר פרי הוצבו רק בטיפולים עם נפח מצע של 200 ליטר הנבדלים במשטר ההשקיה). תוצאה דומה נמצאה בשנת 2009 (אינו מוצג). השפעת הטיפולים על יבול הפירות (מספר פירות

ומשקל לעץ) הייתה מובהקת (כלים של 200 ושל 100 ליטר:  $\text{Prob}>F<0.0001$ , עבור מספר פירות ומשקל פירות כאחד) והיא מוצגת באיור 5 (עליון ואמצע), בהתאמה. משקל הפרי הממוצע בכלים של 200 ליטר היה  $148(\pm 2.3)$  ג' והוא לא הושפע מטיפול ממשק ההשקיה. גם התפלגות גודל הפירות (איור 5 תחתון) לא הושפעה מטיפול ההשקיה  $(\text{Prob}>F=0.8459)$ , זאת בהתאמה למגמה של גידול הפרי במהלך העונה (איור 4). אולם, בעצים שגדלו בנפה של 100 ליטר השפעת טיפולי ההשקיה הייתה מובהקת  $(\text{Prob}>F=0.0233)$ . יכול הפירות של עצים שהושקו בצורה אופטימלית (Irg1) היה 40 ק"ג לעץ במיכל של 200 ליטר ו-30 ק"ג בעץ במיכל של 100 ל' (איור 5 אמצע). בחישוב של 111 עצים לדונם היכול של עצים אלו הוא 4.4 ו-3.3 טון לדונם בעצים במיכל 200 ו-100 ל' בהתאמה. יכול זה גבוה בהרבה מהיכול המקובל בישראל (1-2 טון לדונם) והוא תוצאה ישירה של הפחתת הנשירה באמצע יוני. הקטיף בחלקת הניסוי היה לא סלקטיבי ונעשה בראשית דצמבר, כך שניתן להניח תוספת של 15-30 אחוז במשקל הפרי הממוצע במקרה של לקטיף מסחרי (עמי קינן, מיקי נוי, ידע אישי).

### השפעת הטיפולים על משטר המים במצע הגידול ועל קליטת המים ע"י העץ

השפעת טיפולי ההשקיה על משטר המים במצע תוארה בהרחבה בסיכומים הקודמים (2008 ו-2009) ולכן לא תפורט. המהלך היומי של קליטת מים בשנת 2010 היה דומה לזה של שנת 2009 ולכן אינו מוצג. כמות המים העונתית שנקלטה על ידי הצמחים בשנת 2010 מוצגת באיור 6 (עליון). נמצאה קורלציה מובהקת בין הדיות היומי במהלך העונה לבין טמפרטורת האוויר  $(r^2=0.83, 0.88, 0.82)$  עבור טיפולים Irg1, Irg2, Irg3, בהתאמה) ולבין ה-VPD  $(r^2=0.73, 0.83, 0.76)$  עבור טיפולים Irg1, Irg2, Irg3, בהתאמה). המתאמים בין הדיות היומי במהלך העונה לבין הקרינה הגלובלית, מקדם התאדות מגיגית או לחות יחסית היו לא מובהקים סטטיסטית. הדיות היומי ליחידת גזע בשנת 2010 המוצג באיור 6 (תחתון) היה נמוך בהשוואה לשנת 2009 וגם הוא היה בהתאמה עם טמפרטורת האוויר  $(r^2=0.84, 0.88, 0.77)$  עבור טיפולים Irg1, Irg2, Irg3, בהתאמה) וה-VPD  $(r^2=0.77, 0.85, 0.80)$  עבור טיפולים Irg1, Irg2, Irg3, בהתאמה). הדיות המרבי ליחידת גזע היה בשבוע ה-32 (ראשון לאוגוסט עד 7 לאוגוסט 2010) והוא ירד לאחר מכן (איור 6, תחתון). עד לתאריך זה לא הייתה השפעה מובהקת של הטיפולים על הדיות ליחידת גזע ולכן סביר להניח כי התולכה בגזע לא היה גורם מגביל בתנועת המים אל החלקים העליונים (נוף ופירות).

### השפעת הטיפולים על משטר המים בצמח על תולכת הפיוניות ועל קיבוע $\text{CO}_2$

לטיפול ההשקיה באביב ובקיץ המוקדם (עד אמצע יולי) של שנת 2010 הייתה השפעה מובהקת על תולכת הפיוניות בעלים (איור 7), זאת בהתאמה לשנת 2009 (שנת פרי חלקית) ובאי תאמה לתוצאות 2007 ו-2008 (שנים ווגטטיביות). בנוסף, תולכת הפיוניות הושפעה מגורמי אקלים (רק הקשר עם הקרינה מוצג באיור 7). הסיבה לאי התאמה בין שנים 2008-7 לשנים 2010-09 נובעת מהשפעת הפירות. בדומה לשנת 2009, השפעת הטיפולים והאקלים על תולכת הפיוניות קטנה עם הזמן עד שנעלמה לחלוטין בחודש אוקטובר (איור 7). מדידות פוטוסינתזה בסוף מאי 2010 הצביעו על השפעה מובהקת לטיפול ההשקיה (איור 8). הפוטוסינתזה המרבית הייתה בשעות הבוקר והיא ירדה לאחרי מכן ללא תלות בגורמי אקלים.



## השפעת הפירות על התפתחות העץ, תולכת פיוניות, פוטוסינתזה, ריכוזי סוכרים בעלים ועל צריכת המים

ביום 22 למרץ 2010 הוסרו כל החנטים והפירות משני עצים הממוקמים בשני בלוקים שונים והמושקים לפי הטיפול המיטבי (Irg1). שני עצים שכנים מטיפול זהה ודומים בנפח הנוף שימשו כביקורת. הסרת הפירות הביאה לעלייה מיידית בקוטר הגזע (איור 9) שהתמתנה לאחר מכן עם הופעת גלי לבלוב. העלייה בקוטר הגזע הייתה במחזוריות הפוכה לצימוח של עלים חדשים ז.א., קצב התעבות הגזע היה נמוך בתקופות של לבלוב וצימוח עלים חדשים ועלה בתקופות שבין גלי הבלוב, זאת בהתאמה לממצאי השנים הווגטטיביות (ראה ממצאי 7-2008). בעצים עם פירות לא היה לבלוב וכמעט לא התפתחו עלים חדשים (אינו מוצג) וקצב התעבות הגזע היה נמוך בהרבה מזה של עצים ללא פירות (איור 9). סביר להניח כי הפירות בתקופה זו היוו מבלע חזק לסוכרים ולכן כמות הסוכרים שנעה למבלעים הווגטטיביים (עלים חדשים) או למערכת הלא פרודוקטיבית (שורשים) הייתה נמוכה.

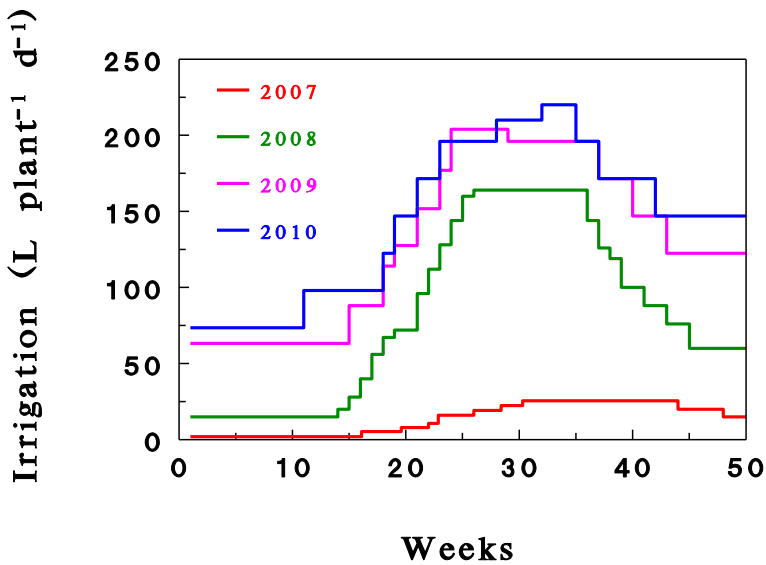
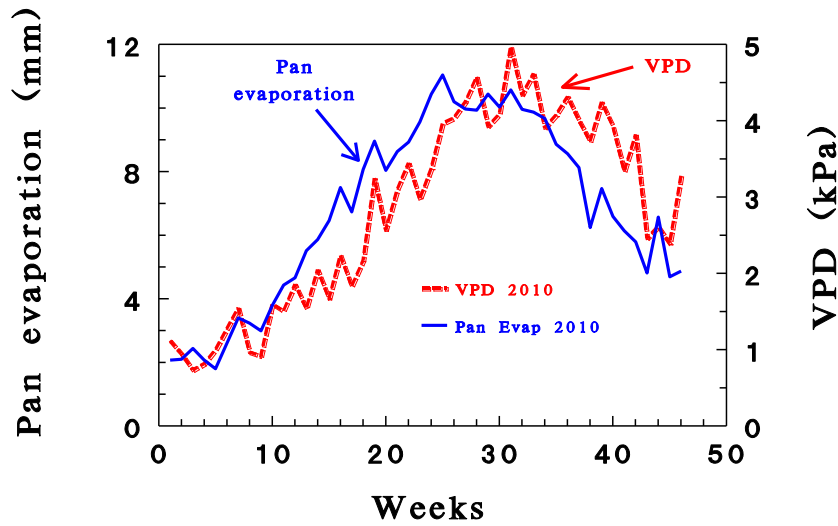
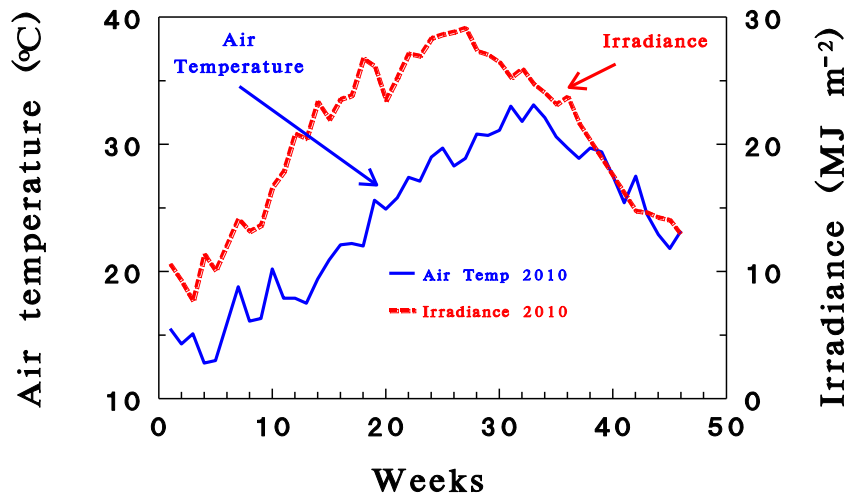
המהלך היומי של פוטוסינתזה ושל תולכת הפיוניות בעלים של עצים ללא פירות היה שונה מזה של עצים עם פירות והיה דומה לזה של השנים הווגטטיביות, ז.א., ערך מרבי בשעות הבוקר המוקדמות וירידה לאחר מכן, ללא תלות בגורמים אקלימיים כגון: קרינה, גרעון מים מקסימלי באטמוספירה (VPD), טמפרטורה, לחות יחסית וכ"ו (איורים 10 ו-11, בהתאמה). הורדת פירות הביאה לירידה משמעותית בפוטוסינתזה ובתולכת הפיוניות בעלים (איורים 10 ו-11, בהתאמה). אולם, ריכוזי הסוכרים בעלים של עצים ללא פירות היה גבוה בהשוואה לעלי עצים עם פירות (רק ריכוזי סוכרוז ועמילן מוצגים באיור 13). הערך הנמוך ביותר של ריכוזי הסוכרים בעלים (עם וללא פירות) נמדד בבוקר המוקדם (שעה 06:30) והוא עלה לאחר מכן. ריכוזי הסוכרים בעלי עצים ללא פירות עלו בצורה חדה והגיעו לערך מרבי בשעה 10:00 בעוד שבעלים של עצים עם פירות הם עלו מונוטונית ולא הגיעו לשיא (איור 13). סביר להניח כי הפירות היו מבלע חזק לסוכרים ולכן למרות הפוטוסינתזה הגבוהה יותר בעלים של עצים עם פירות (איורים 10 ו-12), ריכוזי הסוכרים היו נמוכים (איור 13). סביר גם להניח כי היעדר מבלע לסוכרים וכתוצאה מכך ריכוזים גבוהים של סוכרים בעלי עצים ללא פירות היה הגרוי (Trigger) העיקרי לסגירת הפיוניות ולירידה בשיעורי הפוטוסינתזה ותולכת הפיוניות שנמדדו (איורים 10-12). זאת בהתאמה לממצאי:

Gucci et al. (1991), Goldschmidt & Huber (1992), Fan et al. (2010), Iglesias et al. (2002), Paul & Pellny (2003). נוכחות של פירות השפיעה גם על צריכת המים של העצים. למרות צימוח ווגטטיבי נמוך (אינו מוצג) וקצב גידול נמוך של הגזע (איור 9), צריכת המים של עצים עם פירות הייתה גבוהה בכמעט 70 אחוזים מזו של עצים ללא פירות (איור 14). זאת בהתאמה להבדלים בפוטוסינתזה ותולכת הפיוניות (איורים 10 ו-11, בהתאמה).

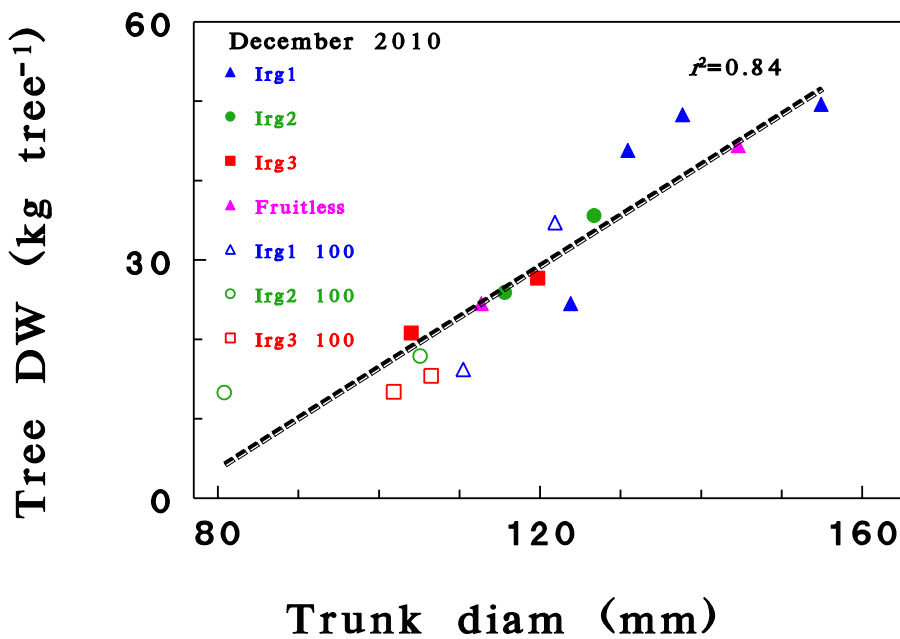
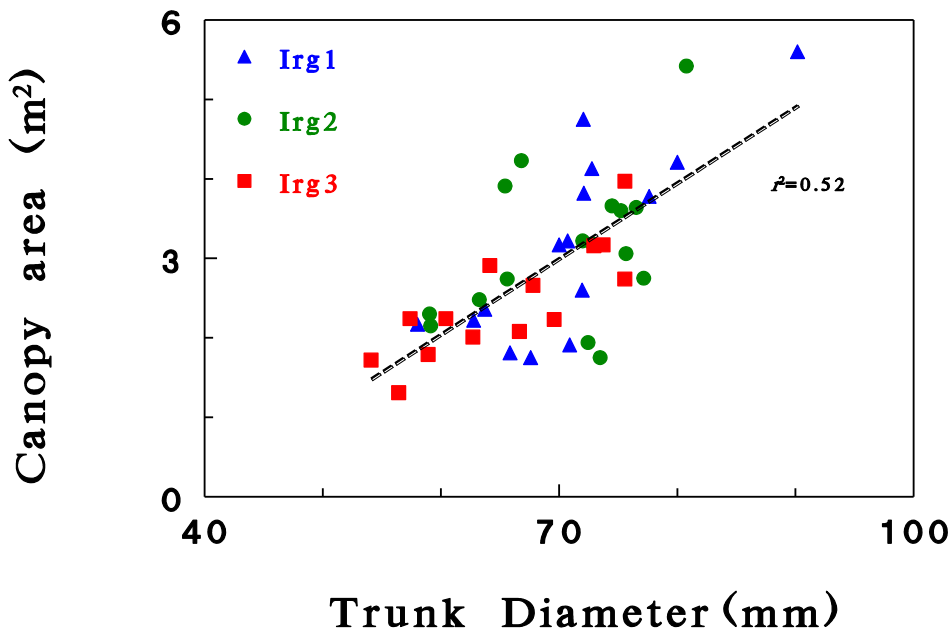
## דיון

א. שנת 2010 הייתה שנת יבול מלאה. הפריחה והחנטה היו טובות והשפעת הטיפולים עליהם (טיפול השקיה ונפח כלים) הייתה זניחה. באמצע יוני החלה נשירה חזקה של פירות צעירים. עצמת הנשירה הייתה בתלות לטיפולים לפי הסדר: Irg1 >> Irg2 > Irg3 וכן: 100L > 200L. מכאן, ההשפעה העיקרית של הטיפולים (משטר השקיה, נפח מצע) על יבול הפירות הייתה מובהקת אבל לא ישירה. הטיפולים בניסוי השפיעו בעיקר על כמות הפירות שנשרה (מחצית יוני עד מחצית יולי). יבול הפירות של עצים שהושקו בצורה אופטימלית (Irg1) היה 40 ק"ג לעץ במיכל של 200 ליטר ו-30 ק"ג בעץ במיכל של 100 ל' (איור 5 אמצע). בחישוב של 111 עצים לדונם היבול של עצים אלו הוא 4.4 ו-3.3 טון

- לדונם בעצים במיכל 200 ו-100 ל' בהתאמה. יכול זה גבוה בהרבה מהיבול המקובל בישראל (1-2 טון לדונם) והוא תוצאה ישירה של הפחתת הנשירה באמצע יוני.
- ב. "שלב קובע" זה של היבול באבוקדו קשור כנראה לתהליך פיסולוגי בהתפתחות המוקדמת של הפרי, המאופיינת בקצב גידול מהיר מאוד (איור 4, Stage I). קצב הגידול המהיר בשלב הראשון הוא תוצאה של תוספת תאים חדשים במקביל לגידול של תאים קיימים ואילו בשלב השני מאופיין בגידול של תאים קיימים בלבד (Cowan et al., 1997; Dahan et al., 2010). לכן, יתכן כי עקת מים או מחסור ביסוד מזון כלשהו הנובע מהירידה בפעילות השורשים גרמו לנשירת פירות הצעירים בטיפולים (Irg2 ו-Irg3) בהם עקת המים הייתה חזקה יותר. מוצע לבחון היפותזה זו במחקר נוסף.
- ג. כמות האנרגיה בפירות אבוקדו (חלבונים, שומנים וסוכרים, כולל בזרע) מוערכת בכ- 8 MJ/kg (Wolstenholme, 1986) ומכאן האנרגיה הנדרשת ליבול של 40 ק"ג לעץ היא מעל 320 MJ, דהיינו, מעל 35,000 MJ לדונם. שיעור הקרינה הפוטוסינתטית (PAR) המצטברת מחודש מרץ עד דצמבר בעמק הירדן הוערכה בכ- 6,000,000 MJ (נתוני השירות המטאורולוגי) ומכאן, כמות האנרגיה האצורה בפירות של עצים שהושקו בטיפול (Irg1) הסתכמה כ- 1.2% מהקרינה הפוטוסינתטית. זהו ערך גבוה מאוד יחסית, ויכול להיות שהוא מסמן את הגבול העליון של היבול המרבי של עצי אבוקדו. ההשפעה המובהקת של הטיפולים בניסוי על עצמת הנשירה מצביעה על התפקיד של משטר ההשקיה ונפח בית השורשים בתהליכים אלו. עלים צעירים ופירות מהווים מבלע חזק לסוכרים ולכן ייתכן כי בדומה לירידה בקצב התעבות הגזע שנצפתה בניסוי (איור 9, עצים עם פירות), גם כמות הסוכרים שנעה למערכת הלא פרודוקטיבית (שורשים) ירדה בתקופה של הופעת מבלעים חזקים בנוף (גלי לבלוב, פריחה, התפתחות פרי). ולכן, מחזוריות הגידול של מערכת השורשים הפוכה מזו של הנוף כפי שנמצא גם במחקרים אחרים (Ploetz et al., 1991).
- ד. מקובל להשתמש במשוואת Penman-Monteith לחישוב מקדם ההשקיה האופייני לגידול (מנת מים בהשקיה מחולקת באופוטטרנפירציה הפוטנציאלית). מאפייני גידול המוגדרים במשוואת Penman-Monteith הם רק גובה נוף, אלבדו והתנגדות הנוף למעבר מים (מושפע מתכונות העלווה כגון שטח עלווה, מספר הפיוניות וגדלם וכ"ו). מכאן, ההתייחסות לצמח היא כאל אוסף צינורות פסיביים כאשר הצמח משפיע רק על מספר הצינורות (שטח נוף) וקוטרם (התנגדות למעבר מים). מקדמי גידול אלו הם פשטניים, ללא התייחסות להשפעה של תהליכים פיסולוגיים כגון פריחה, חנטה ותפתחות זרע/פרי על צריכת המים ולכן יכולים לאפיין רק גידולים פשוטים (עשבונים) ומשום כך, ההתאמה שלהם לשימוש בעצים עם פירות היא בעייתית. ממצאי המחקר הנוכחי מצביעים כי ההשפעה של תהליכים פיסולוגיים ייחודיים כגון התפתחות פרי או זרע על צריכת המים היא משמעותית מאוד ולכן לא ניתן להזניחם.



**איור 1.** נתונים מטאורולוגיים בשנת 2010 וכמות המים שנתנה בהשקיה בשנים 2007-2010. עליון: טמפרטורה ממוצעת וקרינה גלובלית; אמצעי: התאדות מגיגת (יומית) וגרעון מקסימלי בלחץ אדים (VPD); תחתון: מנת מים יומית לצמח בשנים 2009-2007.

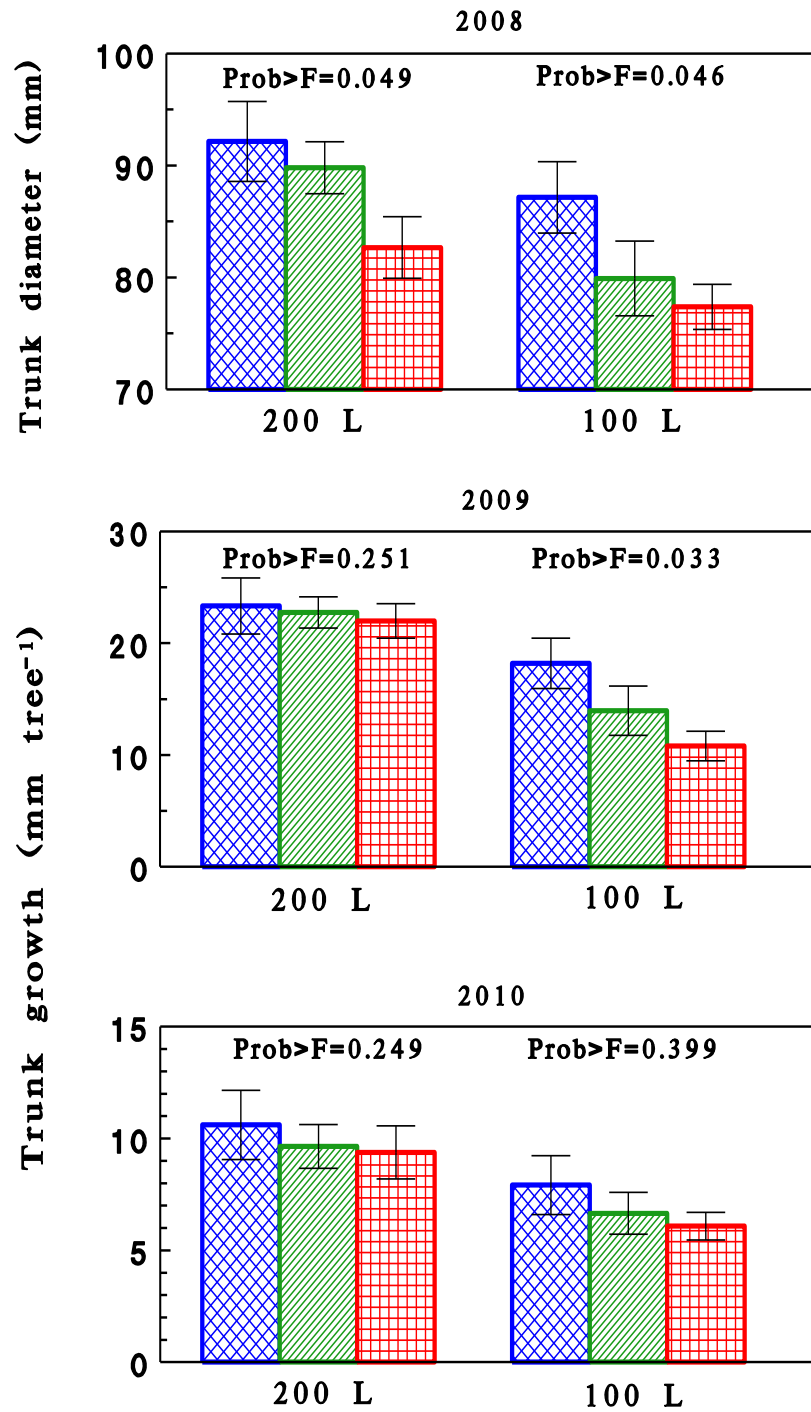


**איור 2. עלינו:** הקשר בין שטח הנוף (חושב מנתוני צילום אויר שנעשה ביוני 2008) לבין קוטר הגזע המדוד באותו תאריך. העקום חושב בהתאם למשוואה קוית (שגיאת הניסוי של המקדמים מוצגת בסוגריים):

$$\text{Canopy (m}^2\text{)} = -3.66(0.997) + 0.095(0.0143) \times \text{Diameter}$$

**תחתון:** הקשר בין משקל החומר היבש של כלל מרכיבי העץ בזמן אסיף היבול בשנת 2010 לבין קוטר הגזע במועד זה. העקום חושב בהתאם למשוואה קוית (שגיאת הניסוי של המקדמים מוצגת בסוגריים):

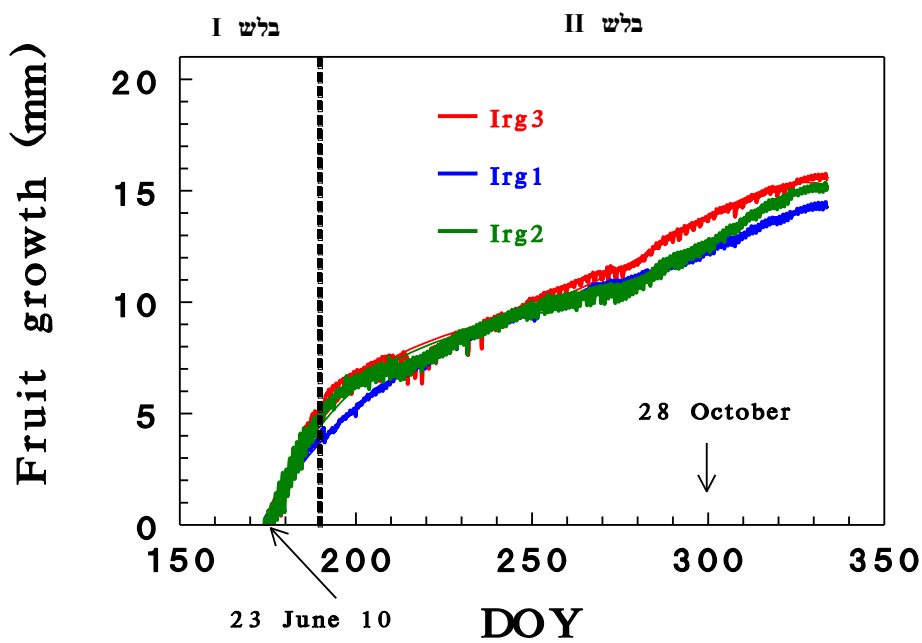
$$\text{DW (kg)} = -47(8.8) + 0.64(0.074) \times \text{Diameter}$$



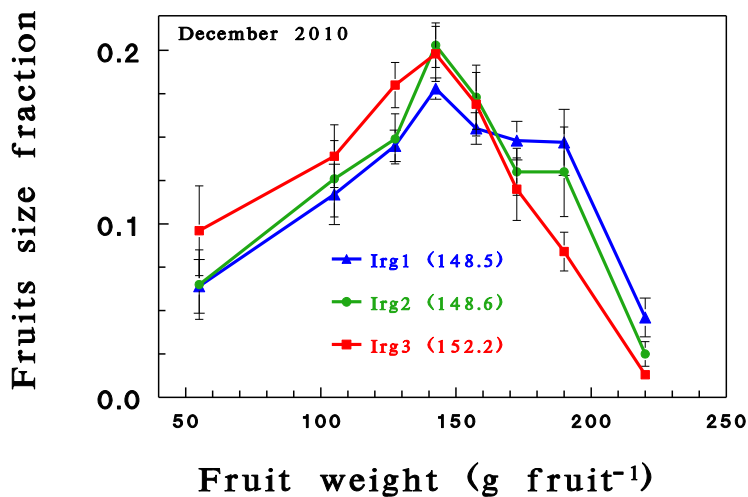
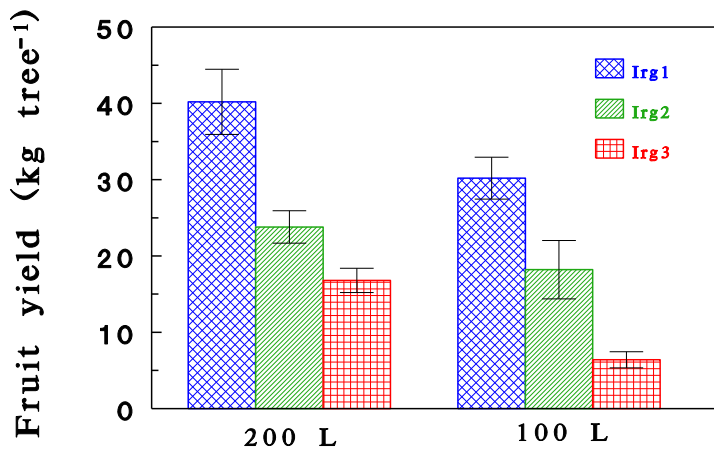
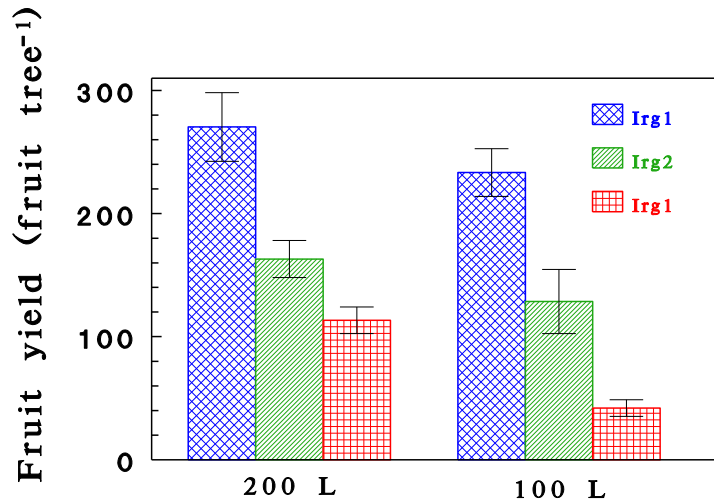
**איור 3.** השפעת טיפולי ההשקיה ונפח המצע על קוטר הגזע בשנים 2008, 2009 ו-2010. Irg1 – השקיה רציפה במהלך היממה; Irg2 – השקית לילה, גמר השקיה בשעה 09:00; Irg3 – השקיה כל יומיים, גמר השקיה בשעה 17:00 ביום הקודם, מנת המים והדשן היומית הייתה זהה לכל הטיפולים. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.



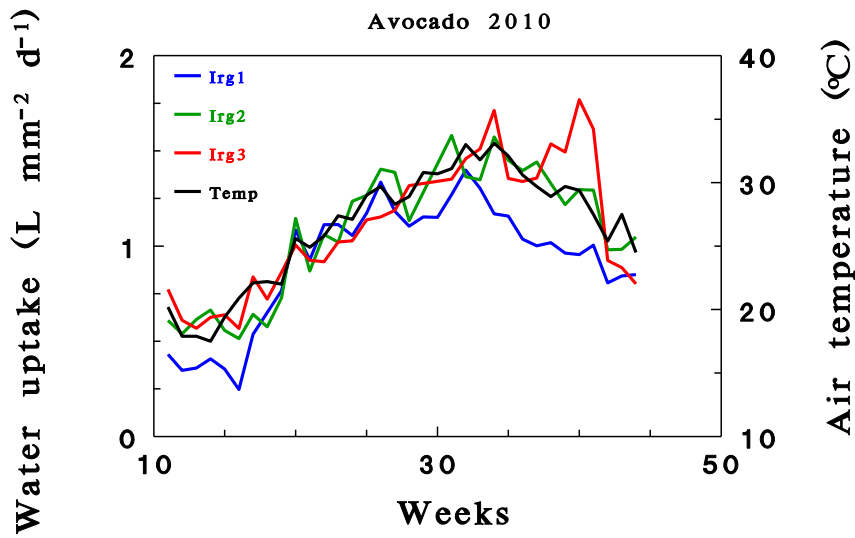
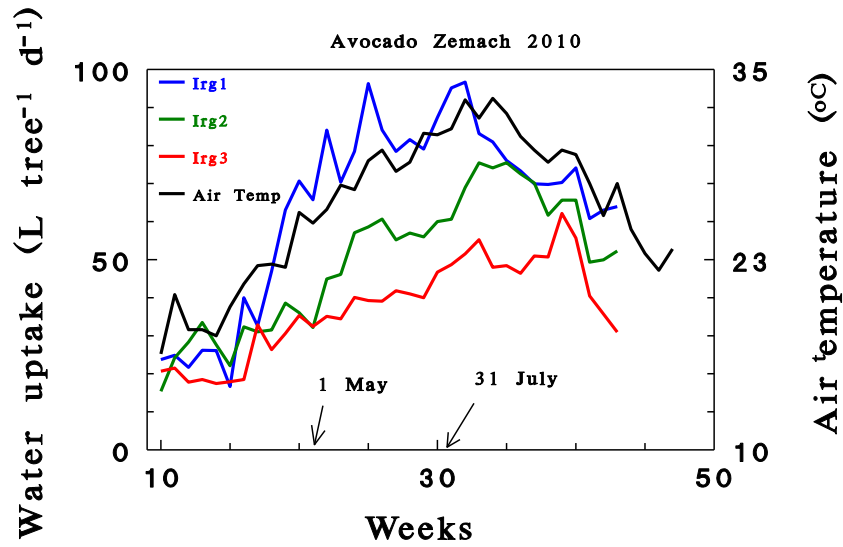
**תמונה 1:** פירות אבוקדו לפני נשירה. צולם ביום 14 יוני (צולם ע"י ד"ר יאיר ישראלי 2010).



**איור 4.** השפעת הטיפולים על קוטר הפירות בשנת 2010.

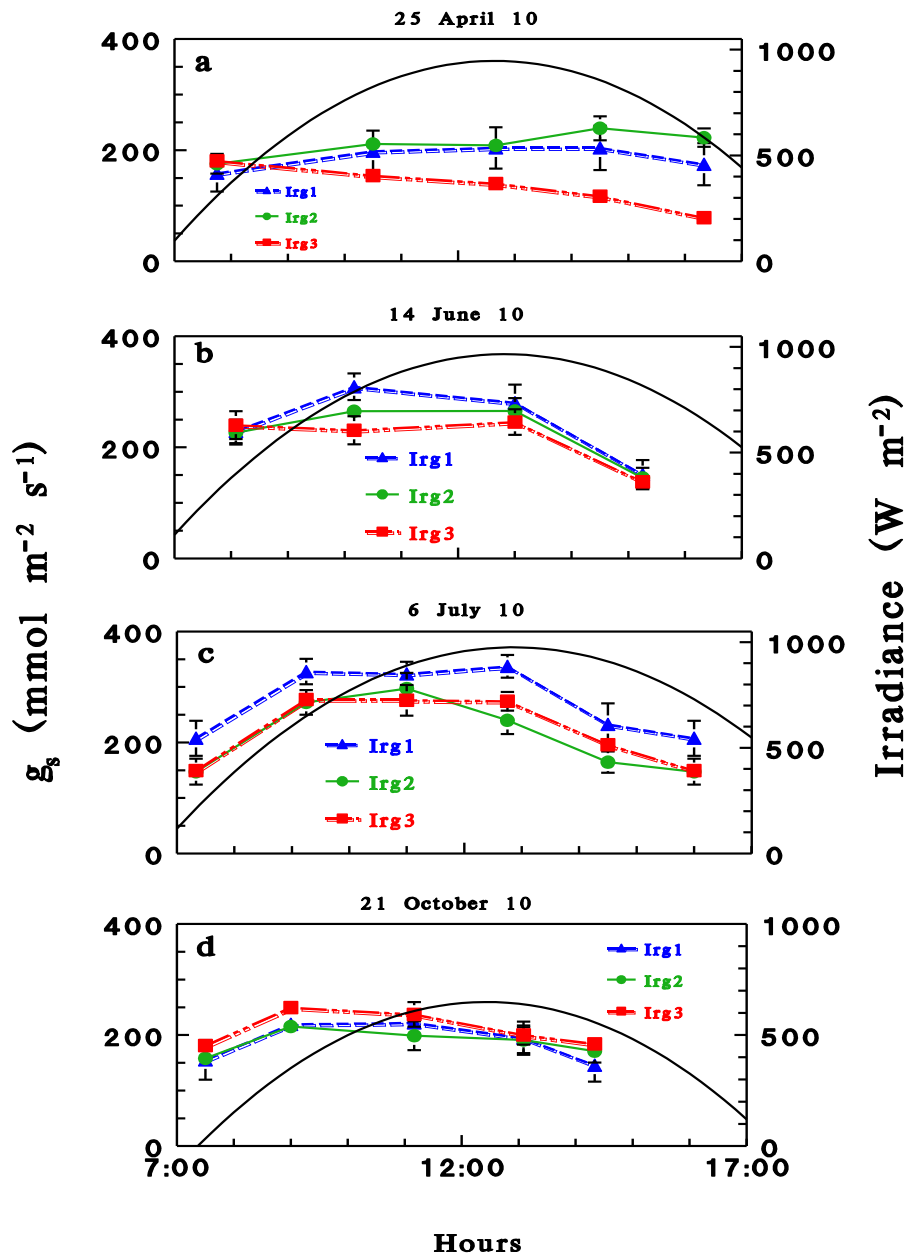


**איור 5.** השפעת הטיפולים על יבול 2010. עליון: מספר הפירות לעץ; אמצעי: משקל הפירות לעץ; תחתון: התפלגות ממוצעת של גודל הפירות. Irg1 – השקיה רציפה במהלך היממה; Irg2 – השקית לילה, גמר השקיה בשעה 09:00; Irg3 – השקיה כל יומיים, גמר השקיה בשעה 17:00 ביום הקודם, מנת המים והדשן היומית הייתה זהה לכל הטיפולים. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.

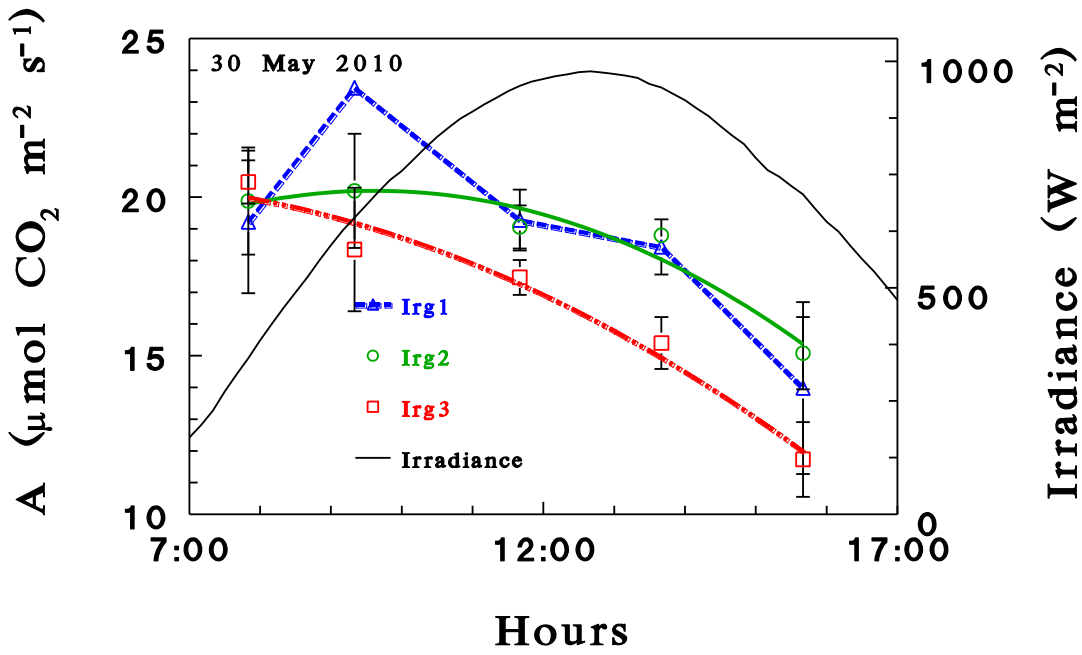


**איור 6. עליון:** השפעת הטיפולים על כמות המים היומית (ממוצע שבועי) שדוייתה (ל' לעץ ליום) במהלך שנת 2010 בהשוואה לטמפרטורת האויר. תחתון: כמות המים היומית (ממוצע שבועי) שדוייתה מחושבת ליחידת גזע (ל' לממ<sup>2</sup> גזע ליום).





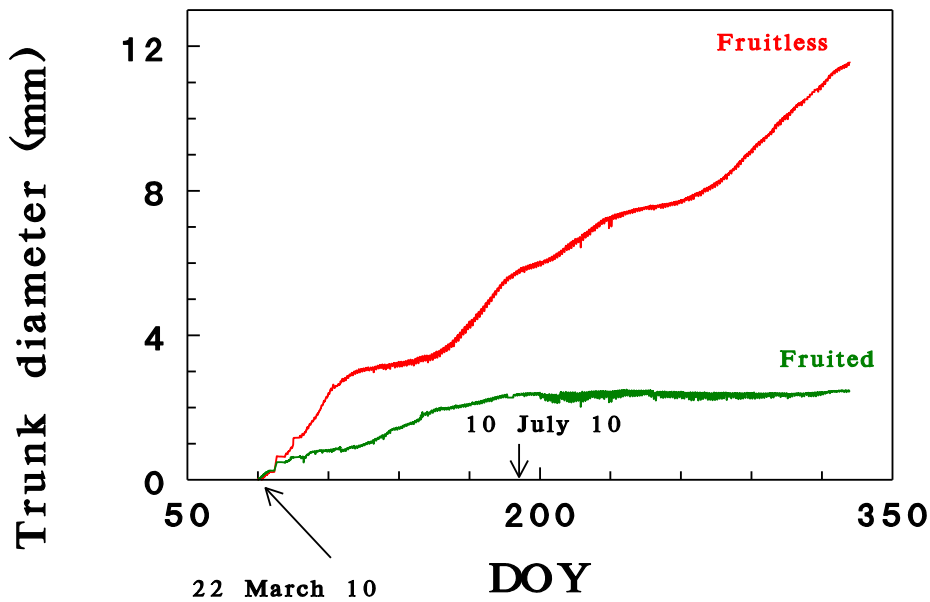
איור 7. השפעת טיפולי ההשקיה על המהלך היומי של תולכת פיוניות בארבעה תאריכים שונים, בהשוואה לקרינה. Irg1 – השקיה רציפה במהלך היממה; Irg2 – השקית לילה, גמר השקיה בשעה 09:00; Irg3 – השקיה כל יומיים, גמר השקיה בשעה 17:00 ביום הקודם, מנת המים והדשן היומית הייתה זהה לכל הטיפולים. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.



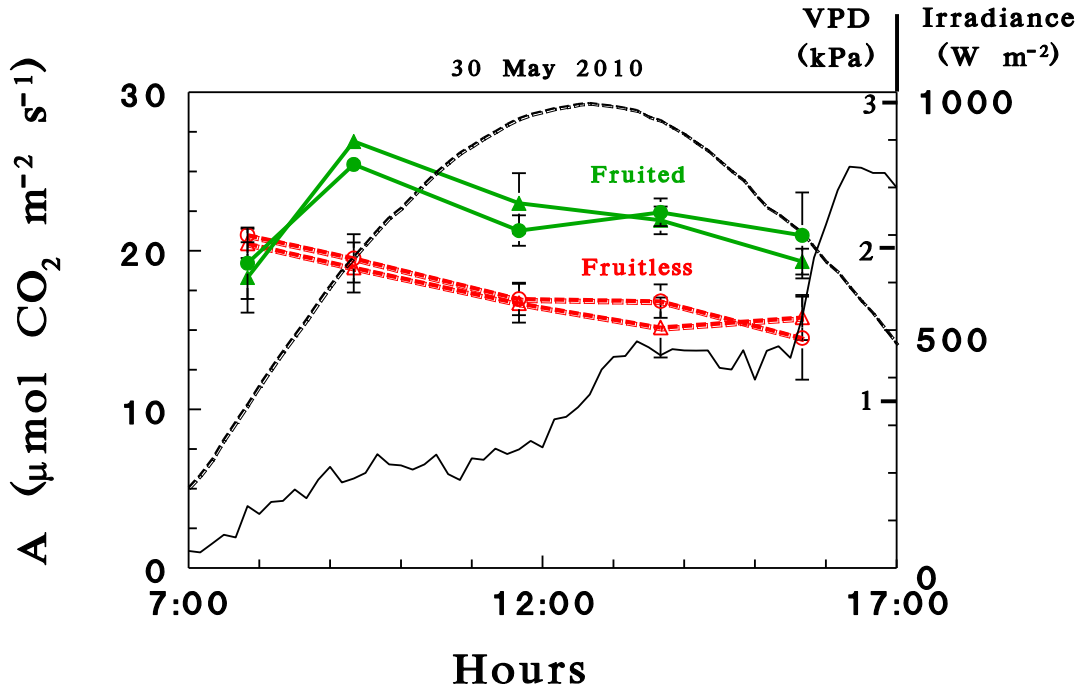
איור 8. השפעת טיפולי ההשקיה על המהלך היומי של פוטוסינתזה (30 מאי 2010), בהשוואה לקרינה, סימנים כמו

באיורים

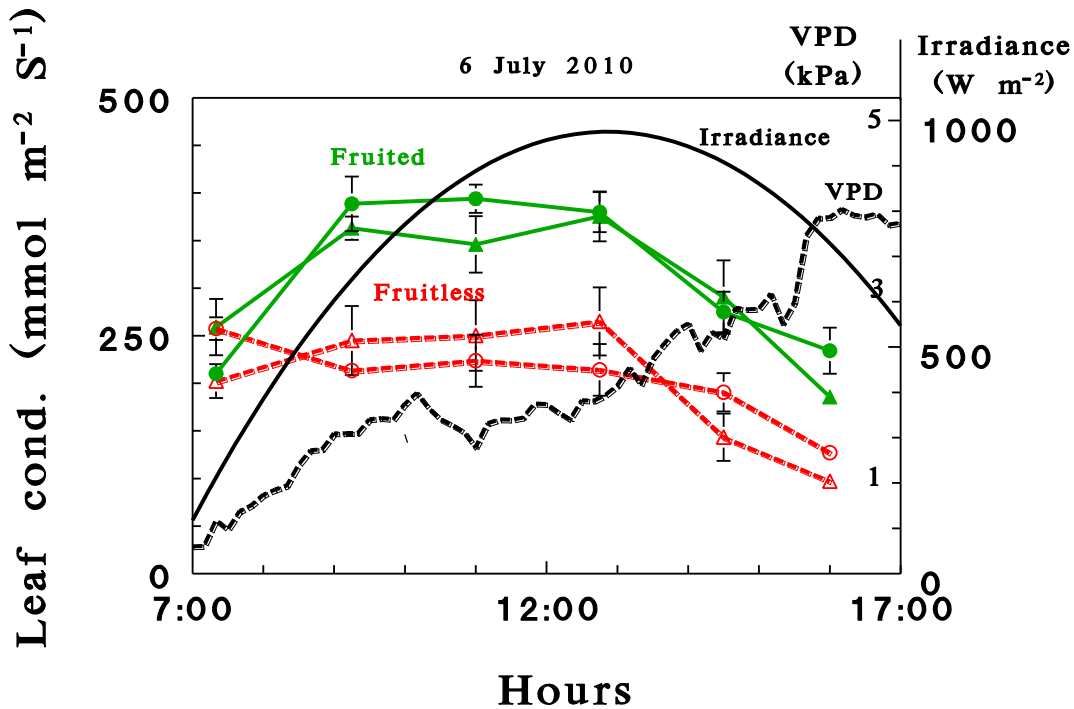
הקודמים.



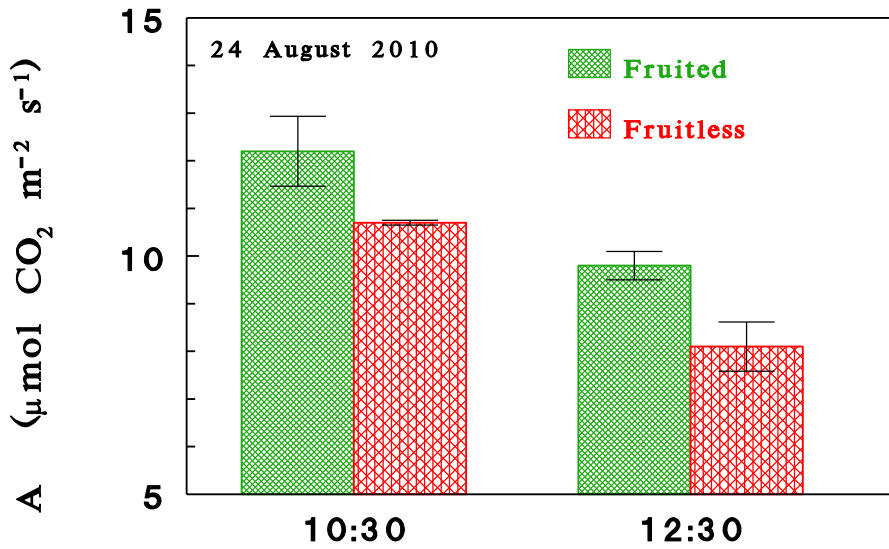
איור 9. שינויים בקוטר הגזע של עץ ללא ועם פירות. הפירות הוסרו ביום 22 מרץ 2011.



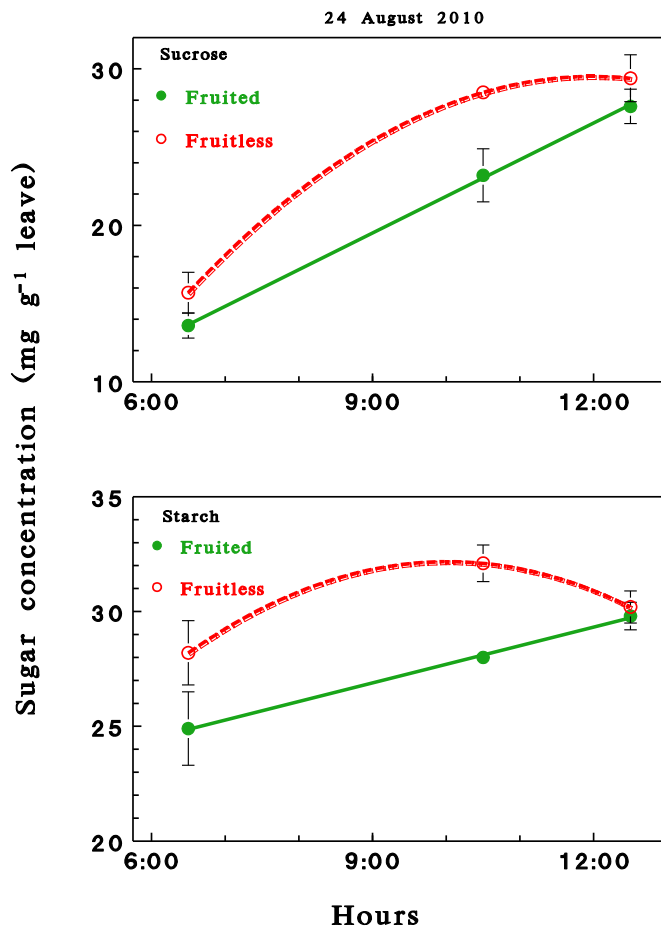
איור 10. השפעת עומס הפרי על המהלך היומי של הפוטוסינתזה (30 מאי 2010), בהשוואה לגרעון המים האטמוספרי (VPD) והקרינה. קוים אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.



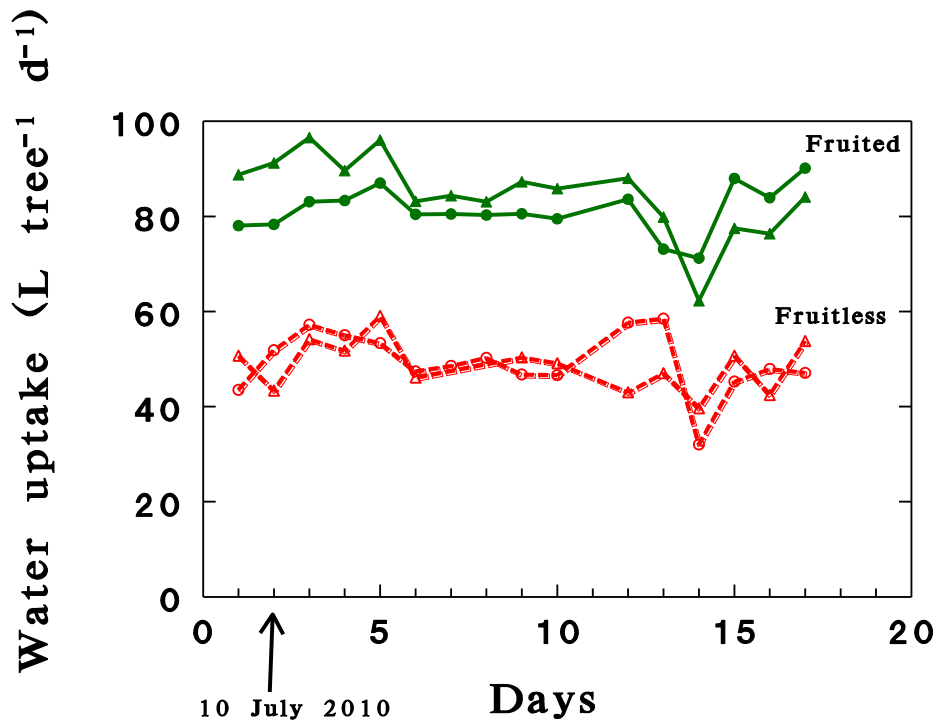
איור 11. השפעת עומס הפרי על המהלך היומי של תולכת פיוניות (6 יולי 2010), בהשוואה לגרעון המים האטמוספרי (VPD) והקרינה. קוים אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.



**איור 12.** השפעת עומס הפרי על הפוטוסינתזה ביום 24 אוגוסט 2010. קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.



**איור 13.** השפעת עומס הפרי על ריכוזי סוכרוז (עליון) ועמילן (תחתון) בעלים ביום 24 אוגוסט 2010. דיגום ראשון נעשה עם אור ראשון (שעה 06:30). קיום אנכיים מייצגים את שגיאת הניסוי.



איור 14. השפעת עומס הפרי צריכת המים היומית במהלך 17 יממות בחודש יולי 2010.

## רשימת ספרות

- וינר ל. 2003. השקיית אבוקדו על פי מדדים צמחיים. עלון הנוטע נ"ז 476-486.
- וינר ל., א. זקס. 2006. התכווצות יומית של גזע ביחס לקו ייחוס כמדד להשקיה. עלון הנוטע ס' 457-459.
- נוי, מ. 2004. ענף האבוקדו-סקירה. עלון הנוטע, נובמבר.
- Cantuarias Avilés, T.E. 1995. Transpiration rate and water status of a mature avocado orchard as related to wetted soil volume. *M.S.c thesis submitted to the Faculty of Agriculture of the Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel.*
- Cantuarias, T., Cohen, Y. and Tomer, E. 1995. Improving avocado tree water status under severe climatic conditions by increasing wetted soil volume. *Proc. III World Avocado Congress*, Tel Aviv, 196 – 204.
- Dahan, Y. Rosenfeld, R, Zadiranov, V. Irihimovitch, V. 2010. A proposed conserved role for an avocado fw2.2 gene as a negative regulator of fruit cell division. *Planta* 232, 663-676.
- Garner, L.C. and Lovatt, C.J. 2008. The relationships between flower and fruit abscission and alternate bearing of 'Hass' avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 133, 3-10.
- Fan, P.G., Li, L.S., Duan, W., Li, W.D., Li, S.H. 2000. Photosynthesis of young apple trees in response to low sink demand under different air temperature. *Tree Physiology* 30: 313-325.
- Goldschmidt, E.E., Huber, S.C. 1992. Regulation of photosynthesis by end-product accumulation in leaves of plants storing starch, sucrose, and hexose sugars. *Plant Physiology* 99: 1443-1448.
- Gucci, R., Xiloyannis, C., Flore, J.A. 1991. Gas exchange parameters, water relations and carbohydrate partitioning in leaves of field-grown *Prunus domestica* following fruit removal. *Physiologia Plantarum* 83: 497-505.
- Iglesias, D.J., Lliso, I., Tadeo, F.R., Talon, M. 2002. Regulation of photosynthesis through source:sink imbalance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. *Physiologia Plantarum* 116: 563-572.
- Michelakis, N., Vougioucalou, E., and Clapaki, G. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 24, 119-131.
- Ploetz, R.C., Ramos, J.L., Parrado, J.L., Shepard, E.S. 1991. Shoot and root growth cycles of avocado in South Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 104, 21-24.
- Paul, M.J., Pellny, T.K. 2003. Carbon metabolite feedback regulation of leaf photosynthesis and development. *Journal of Experimental Botany* 54: 539-547.

- Salgado, E., and Cautín, R. 2008. Avocado root distribution in fine and coarse-textured soils under drip and microsprinkler irrigation. *Agric. Water Manag.* 95, 817 – 824.
- Whiley, A.W. 2002. Crop management. In: Whiley, A.W., Schaffer, B., Wolstenholme, B.N. (Eds.) *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CBI Publishing, New York, pp. 231-258.
- Whiley, A.W., Wolstenholme, B.N. 1990. Carbohydrate management in avocado trees for increased production. *S. Afr. Avocado Grower's Assoc. Yrbk.* 13, 25-27.
- Wolstenholme, B.N. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. *Acta Hort.* 175, 121-126.

**השפעת ממשק ההשקיה על יבול של עצי אבוקדו 10-0687-301 דו"ח סופי לתכנית מחקר**

**מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:** המטרה הכללית של המחקר הייתה לבחון את ממשק ההדשיה האופטימאלי הנדרש להשגת יבול גבוה של פירות אבוקדו. המטרות הייחודיות היו: (א) בחינת ההשפעה של עקות גידול שונות (משטר ההשקיה ונפח בית השורשים) על הצימוח הווגטיבי ועל היבול; (ב) מדידה ישירה של דיות והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים (באמצעות תא לחץ), תולכת עלים באמצעות פורומטר) ופוטוסינתזה במהלך תקופות הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה.

**עיקרי התוצאות:** שנת 2010 הייתה שנת יבול מלאה. הפריחה והחנטה היו טובות והשפעת הטיפולים עליהם (טיפולי השקיה ונפח כלים) הייתה זניחה. באמצע יוני החלה נשירה חזקה של פירות צעירים. ההשפעה העיקרית של הטיפולים (משטר השקיה, נפח מצע) על יבול הפירות הייתה מובהקת אבל לא ישירה. הטיפולים בניסוי השפיעו בעיקר על כמות הפירות שנשרה (מחצית יוני עד מחצית יולי). יבול הפירות של עצים שהושקו בצורה אופטימלית (Irg1) היה 40 ק"ג לעץ במיכל של 200 ליטר ו-30 ק"ג בעץ במיכל של 100 ל'. בחישוב של 111 עצים לדונם היבול של עצים אלו הוא 4.4 ו-3.3 טון לדונם בעצים במיכל 200 ו-100 ל' בהתאמה. יבול זה גבוה בהרבה מהיבול המקובל בישראל (1-2 טון לדונם) והוא תוצאה ישירה של הפחתת הנשירה באמצע יוני. שלב "קובע היבול" באבוקדו קשור כנראה לתהליך פיסולוגי בהתפתחות המוקדמת של הפרי (התפתחות הזרע?). ייתכן כי מחסור במים ו/או יסודות מזון חיוניים (ואו אחר) גורם לפגיעה בהתפתחות הזרע ובעקבות זאת לנשירה חזקה של פירות. עלים צעירים ופירות מהווים מבלע חזק לסוכרים ולכן ייתכן כי הירידה בקצב התעבות הגזע שנצפתה בניסוי מצביעה על מחזוריות בחלוקת משאבי הצמח (סוכרים). בתקופה של מבלעים פרודוקטיביים חזקים (גלי לבלוב, פריחה, התפתחות פרי) כמות הסוכרים הנעה למערכת הלא פרודוקטיבית (שורשים) יורדת. מכאן, מחזוריות הגידול של מערכת השורשים הפוכה מזו של הנוף. מכאן, ייתכן כי פעילות השורשים נפגעה כתוצאה מירידה בקצב אספקת הסוכרים ובעקבות זאת ירדה יעילות הקליטה של מים ויסודות מזון. ייתכן כי זו הסיבה לנשירת הפירות הצעירים בטיפולים בהם ההשקיה הייתה לא מיטבית (Irg2, Irg3).

**מסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:** הצעת מחקר חדשה הוגשה לשיפוט בראשית אוקטובר 2011. המטרה של המחקר החדש המוצע היא לבחון את ממצאי הניסוי בכלים בתנאי מטע מסחרי ולהגדיר בניסוי שדה את ממשק ההשקיה המיטבי לאורך העונה הנדרש להשגת יבול גבוה של פירות אבוקדו. המטרות הפרטניות הן: (א) בחינת

שיעור ההשקיה בשלב המשפיע על נשירת פירות; (ב) בחינת שיעור ההשקיה המיטבי לאחר שלב נשירת הפירות; (ג) בחינת אופן ההשפעה של שיעור ההשקיה על נשירת פירות.

**בעיות שנתרו לפתרון** שלב "קובע היבול" באבוקדו קשור כנראה לתהליך פיסולוגי בהתפתחות המוקדמת של הפרי (התפתחות הזרע?). ייתכן כי מחסור במים ו/או יסודות מזון חיוניים (ואו אחר) גורם לפגיעה בהתפתחות הזרע ובעקבות זאת לנשירה חזקה של פירות. מוצע לבחון היפותזה זו במחקר נוסף.

**האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:** חקלאים ומדריכי גידול רבים ביקרו באתר הניסוי. בשנתיים האחרונות נתנו מספר הרצאות לחקלאים עם פירוט הממצאים העיקריים. החוקר הראשי השתתף בכינוס: VII World Avocado Congress Cairns, Australia ונתן הרצאה בשם:

Response of 'Hass' avocado to temporal stresses: role of irrigation management and root constraint.  
המבוססת על ממצאי המחקר.

**פרסום הדו"ח:** אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא כל הגבלה שהיא.