

## אופטימיזציה של השקיית תפוח מחופה ברשת צל

### Optimization of apple irrigation under shading screens

יוסף טנאי	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
עמוס נאור	מו"פ צפון, המכון לחקר הגולן
שבתאי כהן	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
ערן רווה	תחנת ניסיונות אזורית גילת, מינהל המחקר החקלאי
אברהם גרווה	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי

**Josef Tanny**, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: [tanai@volcani.agri.gov.il](mailto:tanai@volcani.agri.gov.il)

**Amos Naor**, R&D North, Institute of Golan Research, P.O.B. 97, Kazrin 12900, Email: [amosnaor@research.haifa.ac.il](mailto:amosnaor@research.haifa.ac.il)

**Shabtai Cohen**, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: [ywshep@volcani.agri.gov.il](mailto:ywshep@volcani.agri.gov.il)

**Eran Raveh**, Gilat Regional Research Station, Ministry of Agriculture, Email: [eran@agri.gov.il](mailto:eran@agri.gov.il)

**Avraham Grava**, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250.

אוקטובר 2007

חשוון תשס"ח

#### תקציר

הצגת הבעיה: הקיצוץ במכסות המים למטעים והעלייה המשמעותית במחיר המים עלולים לפגוע ברווחיות המטעים ולפיכך יש חשיבות רבה ללימוד יעול השימוש במים. רמות הקרינה הגבוהות בארץ גורמות להעלאת צריכת המים, לקבלת מכות שמש בפרי ולפחיתת גודל פרי בחלק מהמקרים. המטרה העיקרית של מחקר זה היא לבצע אופטימיזציה של מנת ההשקיה/סף פוטנציאל המים בגזע להשקיה בתפוח תחת כיסוי ברשתות צל.

מהלך ושיטות עבודה: בשנה הראשונה הוצב חיפוי רשת בגוש גדול אחד כאשר משני צידי הגוש בוצע עקום תגובה למים ללא כיסוי ברשת. נבחנו ארבעה טיפולי השקיה 100%, 85%, 70% ו 30% ממנת ההשקיה המומלצת. הניסוי תחת רשת נערך בשש-שבע חזרות בבולקים באקראי והניסוי ללא רשת בוצע בשבע חזרות

(שלוש-ארבע חזרות מכל צד של הגוש המכוסה). נמדדו זרימת מים בגזע בשיטת דיסיפצית החום, טמפרטורה ולחות אוויר באזור הנוף, פוטנציאל מים בגזע, ערכי פוטוסינתזה, טרנספירציה, טמפרטורת עלים ומוליכות פיוניות, יבול וגודל פרי.

תוצאות עיקריות: בשעות היום טמפרטורת האוויר באזור הנוף בהשקיה המכסימלית הייתה נמוכה מזו שבהשקיה המינימלית. פוטנציאל המים בגזע היה גבוה יותר במנת המים הנמוכה בהשוואה לשאר מנות המים, הן בטיפול המוצלל והן בטיפול ללא רשת. נמצא כי ערכי הפוטוסינתזה היו בדרך כלל גבוהים יותר תחת הרשת ובמנות המים הגבוהות. בשני טיפולי ההצללה (עם ובלי רשת) קצב פוטוסינתזה גבוה ביותר נמדד במנת מים של 70% והנמוך ביותר במנה של 30%. טמפרטורת העלים הייתה נמוכה יותר תחת הרשת, כצפוי, ללא השפעה של מנת המים אך במטע החשוף נמצאה טמפרטורת עלים גבוהה יותר במנת המים של 30%. מסקנות והמלצות: נראית מגמה של יתרון למנת מים של 70% תחת הרשת וייתכן כי ניתן לחסוך במים בגידול תחת הרשת. זוהי תוצאה ראשונית בלבד ויש להמשיך ולבחון השפעות על יבול לאורך זמן.

### **מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח**

מדינת ישראל נמצאת בתהליך מתמשך של קיצוץ במכסות המים למטעים, דבר העלול להביא להקטנת השטח הנטוע בנחלה. הקטנת השטח הנטוע לנחלה והעלייה המשמעותית במחיר המים יפגעו ברווחיות המטעים ולפיכך יש חשיבות רבה ללימוד יעול השימוש במים. קרינת השמש היא מקור האנרגיה העיקרי לאידוי מים מהעץ. רמות הקרינה בארץ הן עודפות לפוטוסינתזה של העץ, גורמות לצריבות של עלים, קבלת מכות שמש בפרי ואולי אפילו לירידה בפוטוסינתזה כפי שנצפה בהדרים. בנוסף, המגמה להקטין את מידות העצים במטעי התפוח גורמת לכך שחלק ניכר יותר מהפירות חשוף לקרינה ישירה, דבר ההופך את נזקי מכות השמש לבעיה כלכלית בלתי זניחה.

רשת צל אופקית תקטין את הקרינה ומהירות הרוח ותגדיל את לחות האוויר בקרבת העץ ולכן צפויה להתקבל ירידה בצריכת המים, מניעת מכות שמש ושיפור בפוטנציאל המים שיביא להגדלת הפרי. שימוש ברשת בעלת צבע בהיר, יגרום להגדלת החלק של קרינה מפוזרת החודרת דרכה כך שהקרינה המגיעה לעלים מוצלים לא תפחת.

בניסויים קודמים שערכה קבוצת המחקר שלנו התקבלה עליה משמעותית בפוטנציאל המים בגזע עקב חיפוי ברשת צל ועולה האפשרות שניתן יהיה לשמור על מצב מים אופטימאלי תחת רשת הצל במנת מים מופחתת. לפיכך יש מקום לבצע אופטימיזציה של השקית תפוח תחת רשתות צל; בניית עקום תגובה של תפוח למנת מים/פוטנציאל המים תחת רשתות צל וללא רשת צל תאפשר להעריך בצורה כמותית את תרומת הרשת לביצועי התפוח ולהתאים ספים חדשים של פוטנציאל המים בגזע תחת רשת במידת הצורך. מטרת המחקר היא לבדוק את האפשרות של הפחתת צריכת המים של תפוח על ידי חיפוי מטע ברשת צל. המחקר הוא רב תחומי, מבוסס על עבודה של שתי קבוצות מחקר וכולל אספקטים פיסיקליים ופיסיוולוגיים הקשורים להשפעת הרשתות על הגידול והמיקרו-אקלים.

### **המטרות לשנה הראשונה היו:**

- לימוד השפעת מנת המים על מאפיינים של המטע: צריכת המים, פוטנציאל המים בגזע, קצב פוטוסינתזה ויבול. ההשפעה תיבחן על מטע מחופה ועל ביקורת ללא רשת.
- אפיון השפעת מנת המים על טמפרטורת ולחות האוויר באזור הנוף המחופה והנוף החשוף.

### **פירוט הניסויים והמדידות שבוצעו בשנה הראשונה והתוצאות**

## כללי

הניסוי בוצע במטע תפוח מסחרי של קיבוץ עין זיוון ברמת הגולן. המטע נטוע בכיוון צפון דרום ומרווח הנטיעה היה 1.5 X 4.0 מ'. בניסוי שני טיפולי הצללה: אחד מחופה ברשת צל לבנה שקופה 20% צל והשני ללא רשת. בכל טיפול הצללה הופעלו ארבעה טיפולי השקיה הבוחנים רמות השקיה של 100%, 85%, 70% ו-30% – מ-ET פנמן יום. מקדם ההשקיה בטיפול ההשקיה הנמוכה תוכנן להיות 55% אך שונה ל-30% במחצית יולי כיוון שפוטנציאל המים שלו לא ירד משמעותית. חיפוי הרשת הוצב בגוש גדול אחד כאשר משני צידי הגוש בוצע עקום תגובה למים ללא כיסוי ברשת. הניסוי תחת הרשת נערך בשש-שבע חזרות בבלוקים באקראי והניסוי ללא רשת בוצע בשבע חזרות (שלוש-ארבע חזרות מכל צד של הגוש המכוסה). סה"כ נבחנו 26 חלקות מחופות ו-28 חלקות ללא חיפוי. בכל חלקה היו שניים או שלושה עצי מדידה מוקפים בשני עצי גבול מכל צד לאורך השורה ושורת גבול מכל צד. מפה סכמאטית של המטע נראית באיור מס' 1.

צפון ←			
חלקה	חלקה	חלקה	חלקה
1 (85%)	1 (100%)	13 (30%)	15 (85%)
2 (70%)	2 (70%)	14 (70%)	16 (100%)
3 (100%)	3 (85%)	15 (100%)	17 (30%)
4 (30%)	4 (30%)	16 (85%)	18 (70%)
5 (30%)	5 (85%)	17 (85%)	19 (30%)
6 (100%)	6 (30%)	18 (70%)	20 (100%)
7 (85%)	7 (70%)	19 (30%)	21 (70%)
8 (70%)	8 (100%)	20 (100%)	22 (85%)
9 (30%)	9 (100%)	21 (85%)	23 (70%)
10 (85%)	10 (85%)	22 (100%)	24 (100%)
11 (100%)	11 (70%)	23 (70%)	25 (30%)
12 (70%)	12 (30%)	24 (30%)	26 (85%)
13 (100%)		25 (85%)	27 (30%)
14 (30%)		26 (100%)	28 (100%)

**איור 1: מפה סכמאטית של החלקות במטע בעין זיוון. ליד כל מספר חלקה רשומה בסוגריים רמת ההשקיה. התאים המנוקדים מציינים את החלקות המחופות ברשת צל.**

הניסויים בוצעו באביב-קיץ 2007. אמנם, תוכנית המחקר אושרה ע"י המדען הראשי של משרד החקלאות כבר ביולי 2006, אך מועד זה היה מאוחר מדי לכיסוי המטע ברשת בקיץ 2006 ובעונה זו ערכנו הכנות תשתית וכיול מכשירים. המטע כוסה ברשת בתאריך 1 יוני 2007 והרשת הוסרה בתחילת אוקטובר. חלק מהמדידות שבוצעו כמו זרימת מים בגזע ומיון היבול, דורשות עיבוד נתונים מורכב הדורש זמן עבודה ניכר, ומפאת קוצר הזמן בין סיום המדידות (10 ספטמבר 2007) והגשת דו"ח זה (15 אוקטובר 2007) תוצאות אלו יוצגו בדו"ח של השנה השנייה (שיוגש ב-2008).

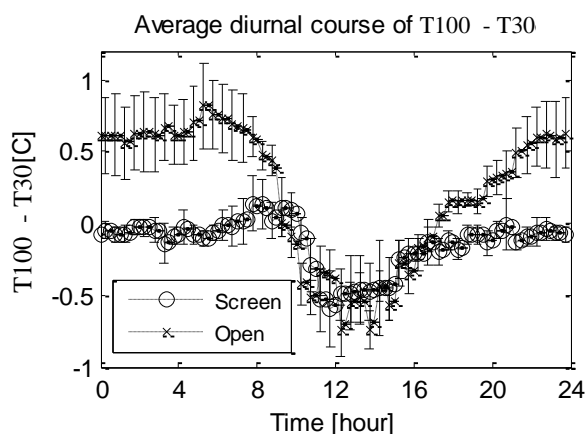
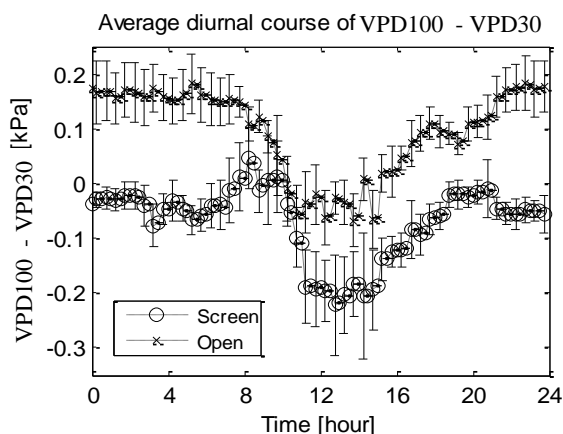
### **א. השפעת מנת ההשקיה והצללה על טמפרטורה ולחות האוויר באזור הנוף**

**שיטות:** נמדדו טמפרטורת אוויר יבש ואוויר לח בנוף בשני טיפולי ההשקיה הקיצוניים, 30% ו-100%. בכל טיפול השקיה הטמפרטורות נמדדו בתוך הנוף של עץ אחד תחת הרשת ושל עץ אחד חשוף ובשני גבהים – 1.5 מ' ו-2.5 מ'. סה"כ הוצבו 16 חיישני טמפרטורה. הטמפרטורות נמדדו ע"י חיישני תרמוקפל מסוג T שהיו מוצבים בתוך קופסה מאווררת להגנה מפני קרינת שמש ישירה. הטמפרטורות נמדדו במרווחי זמן של 15 דקות כאשר בכל 5 דקות אחרונות של פרק זמן זה הופעלו המאווררים והטמפרטורה הממוצעת של הדקה האחרונה נרשמה באוגר הנתונים. החיישנים נמדדו בין 24.7.07 עד 27.8.07, כאשר מתוכם בסה"כ בוצעו מדידות תקינות ב-25 ימים. השפעת ההשקיה על הטמפרטורה והלחות מוצגת ע"י חישוב המהלך היומי הממוצע של הפרש הטמפרטורה וגרעון לחץ האדים (גל"א) בין המדידים בשני טיפולי ההשקיה בטיפולים עם

וללא רשת. עקב תקלה טכנית יוצגו תוצאות של המדיד הנמוך בלבד. השפעת ההצללה מוצגת ע"י חישוב המהלך היומי הממוצע (12 ימים) של הפרש הטמפרטורה וגל"א בין המדידים תחת הרשת לאילו ללא חיפוי, בכל אחת מרמות ההשקיה.

**תוצאות:**

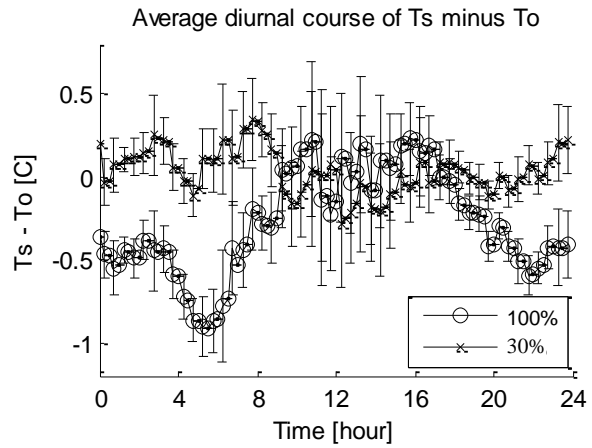
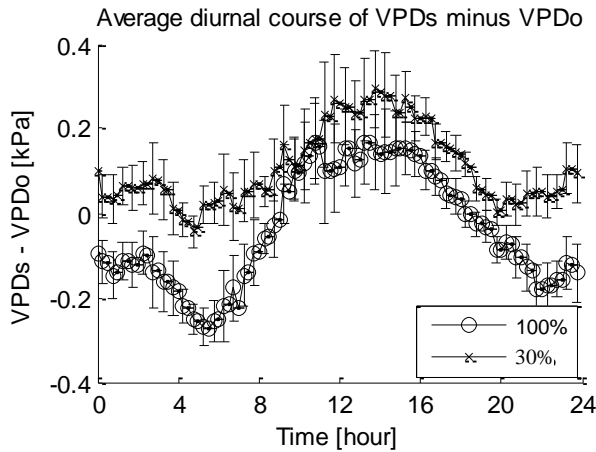
מוצגים מהלכים יומיים של ממוצעי הפרשים וסטיית התקן בטמפרטורה וגל"א. באיורים להלן מוצג רווח בר סמך של 95% כפי שחושב מסטיות התקן בזמנים השונים. קיימת חפיפה של 12 ימים בין המדידות תחת הרשת ובמטע החשוף (בין 10.8.07 עד 21.8.07). בהשוואה בין רמות ההשקיה השונות, ע"מ להקטין את הרווח בר-סמך, הוספנו 7 ימים לחישוב הממוצע בחלקה המחופה, ו-6 ימים בחלקה החשופה.



**איור 3: מהלך יומי ממוצע של הפרשי גל"א בין טיפול של 100% השקיה ל-30% השקיה, תחת רשת ובמטע חשוף.**

**איור 2: מהלך יומי ממוצע של הפרשי טמפ' האוויר בין טיפול של 100% השקיה ל-30% השקיה, תחת רשת ובמטע חשוף.**

איורים 2 ו-3 מראים את השפעת רמת ההשקיה על הטמפ' והגל"א, בהתאמה. נראה כי רמת ההשקיה הגבוהה ביותר גרמה לירידה בטמפרטורת האוויר ובגל"א בשעות היום ביחס לרמת ההשקיה הנמוכה ביותר. בהתייחס לגל"א, ממצא זה בלט במיוחד תחת הרשת, בעוד שבמטע החשוף, בשעות הלילה (והיום), גל"א בהשקייה הגבוהה היה גדול (או שווה בקרוב) לזה בהשקיה הנמוכה. איורים 4 ו-5 המציגים בהתאמה את השפעת הרשת על טמפרטורת האוויר והגל"א מראים כי בהשקיה הגבוהה, טמפרטורת האוויר בלילה הייתה נמוכה יותר תחת הרשת בעוד שביום לא נמצאה השפעה מובהקת של הרשת. בהשקיה הנמוכה לא נמצאה השפעה של הרשת גם ביום וגם בלילה. איור 5 מראה כי בהשקיה הנמוכה, גל"א תחת הרשת היה תמיד גבוה יותר מזה ללא רשת. בהשקיה הגבוהה, בלילה נמצא גל"א נמוך יותר תחת הרשת וביום גל"א גבוה יותר תחת הרשת.



**איור 4: מהלך יומי ממוצע של הפרשי הטמפ' תחת רשת לטמפ' במטע חשוף, בשני טיפולי ההשקיה 100% ו-30%. מיצוע על 12 ימים.**

**איור 5: מהלך יומי ממוצע של הפרשי גל"א תחת רשת לטמפ' במטע חשוף, בשני טיפולי ההשקיה 100% ו-30%. מיצוע על 12 ימים.**

**ב. השפעת מנת המים וההצללה על פוטנציאל המים בגזע**

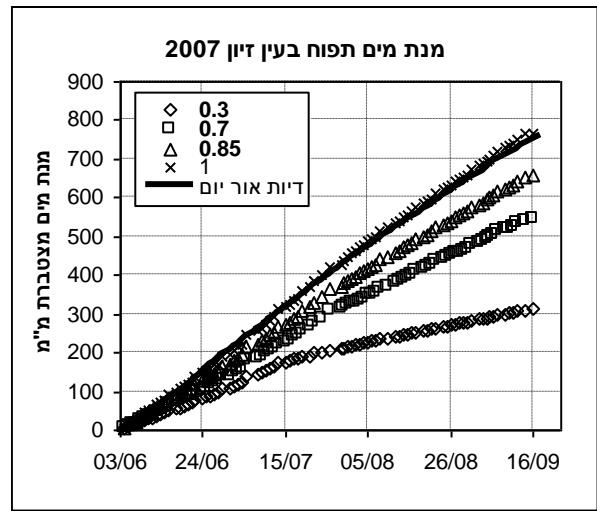
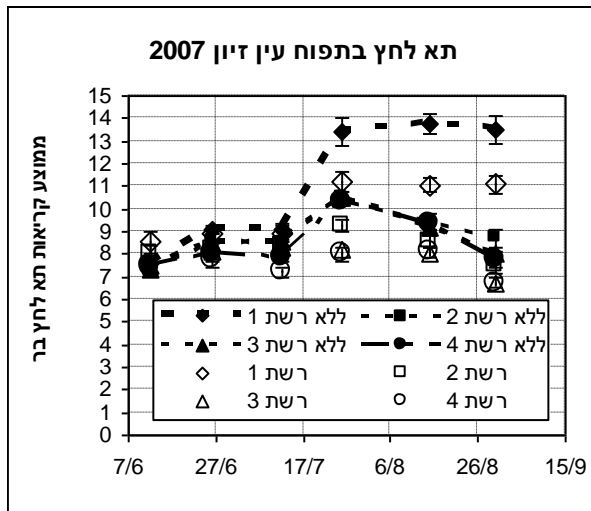
**חומרים ושיטות**

מקדמי ההשקיה המתוכננים היו 0.55, 0.70, 0.85 ו-1.0 מ-ET פנמן יום. מקדם ההשקיה בטיפול ההשקיה הנמוכה שונה ל-0.3 במחצית יולי כיוון שפוטנציאל המים שלו לא ירד משמעותית (ראה איור 7). בדיקות תא לחץ נערכו פעם בשבועיים.

**תוצאות**

מנות ההשקיה היומיות הממוצעות עד הקטיף היו 3, 5.2, 6.2 ו-7.3 מ"מ ו-ET אור יום היה 7.1 מ"מ/יום. מקדמי ההשקיה בפועל היו 0.42, 0.73, 0.88 ו-1.03. מנת המים המצטברת עד הקטיף היתה 298, 513, 618 ו-722 מ"מ (ראה איור 6). נתקבלו הבדלים בפוטנציאל המים בגזע בצהרים בין טיפולי ההשקיה כאשר ההבדל הבולט היה בין טיפול ההשקיה הנמוך (מספר 1) לשאר טיפולי ההשקיה (איור 7). כמו כן נמצאו הבדלים בין פוטנציאל המים בגזע עם ולא כיסוי ברשת צל. כצפוי ההבדל הגדול ביותר, 3 בר, היה בטיפול ההשקיה הנמוכה.

היבול מכל חלקה נקטף בתחילת ספטמבר (מועד הקטיף המסחרי). הפרי הוכנס לקירור ויעבור מיון לגודל בזמן הקרוב. לגבי הערכים הגבוהים יחסית של פוטנציאל המים בגזע בטיפול ההשקיה הנמוכה קימת אפשרות של תנועת מים אופקית מהקרקע בטיפול ההשקיה הגבוהים. במידה וניתוח היבול וגודל הפרי יצביע על כך שאין הבדל במנת המים בין מקדם 0.85 למקדם 1.0 נשקול הקטנת טווח טיפולי ההשקיה.



**איור 6: מנת ההשקיה המצטברת בטיפולי השקיה השונים ו-ET פנמן אור יום מצטבר לאורך העונה**  
**איור 7: קריאות תא הלחץ בצהריים לאורך העונה בטיפולי ההשקיה השונים עם וללא כיסוי ברשת צל. 1-0.3, 2-0.7, 3-0.85, 4-1. (עד אמצע יולי המנה הנמוכה – מס' 1 - הייתה 55%).**

**ד. השפעת הצללה וטיפולי השקיה על ערכי הפוטוסינתזה, וטמפרטורת העלים של עצי התפוח**

**שיטות:** מעקב אחר השפעת טיפולי הצללה ומנות ההשקיה נעשה במהלך הקיץ בשני מועדים (בטרם נקטף הפרי מהעץ). המדידות נערכו בשעה 11:00 בבוקר, זמן בו העץ נמצא בשיא הפעילות. המדידות נעשו על עצים מהזן 'זהוב'. נתוני הפוטוסינתזה נמדדו בעזרת IRGA מתוצרת Li-Cor (Li-Cor 6200). נתוני הטרנספירציה, התנגדות הפיוניות, וטמפרטורת העלה נמדדו בעזרת פרומטר מתוצרת Li-Cor (Li-Cor 1600). התוצאות מוצגות עבור מחזור המדידה השני (29.8.2007), מאחר ובמועד המדידה הראשון, תנאי התאורה לא היו יציבים (עננות). נתוני האקלים במהלך המדידה היו טמפרטורת האוויר של כ-33 מעלות צלזיוס, 27% לחות יחסית וקרינה של 1940 או 1308 מיקרומול פוטונים למ"ר לשנייה בטיפול ללא ועם רשת הצל, בהתאמה. ניתוח הנתונים נעשה בתוכנת JMP. בדוח הנוכחי יוצגו נתוני הפוטוסינתזה וטמפרטורת העלים שנמדדו בטיפולים השונים. נתוני טרנספירציה ומוליכות פיוניות יוצגו בדו"ח הבא. מדידות נוספות שנעשו בחלקה היו בחינת השפעת הטיפולים על גודל העלים. יחד עם זאת, מאחר ולא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, הנתונים אינם מוצגים.

**תוצאות:**

**פוטוסינתזה-** באופן כללי ערכי הפוטוסינתזה שנמדדו היו נמוכים מאלו שקיבלנו בשנים הקודמות והערך הממוצע הכללי הוא 12.7 מיקרומול CO<sub>2</sub> למטר<sup>2</sup> לשנייה. בהשוואה בין הטיפולים השונים נמצא שערכי הפוטוסינתזה המרביים נתקבלו בעצים תחת רשת הצל. עצים שגדלו תחת רשת הצל אופינו בערכים הגבוהים ב 29% בממוצע מאלו שגדלו ללא רשתות צל. בין טיפולי ההשקיה השונים נמצא כי היה יתרון לטיפול 70%, כאשר עצים שנחשפו לטיפול ההשקיה הנמוך (30%) התאפיינו בערכים הנמוכים ביותר.

Average CO <sub>2</sub> uptake ( $\mu\text{mol CO}_2$ per m <sup>2</sup> per sec)	טיפול השקיה
--	-------------

Irrigation level	100%	85%	70%	30%	Grand Total
Shade net	13.1	14.7	17.3	10.8	<b>13.8a</b>
Open	9.2	8.9	19.4	6.1	<b>10.7b</b>
Grand Total	<b>11.8b</b>	<b>12.8b</b>	<b>18.0a</b>	<b>9.5c</b>	<b>12.7</b>

**טמפרטורת עלווה** - במהלך מדידות הפוטוסינתזה נאספו נתונים לגבי טמפרטורת העלים. נמצא כי עלים מטיפול ההשקיה הנמוכה (עם וללא רשת) התאפיינו בטמפרטורת העלים הגבוהה ביותר. כמו כן נמצא כי רשת הצל אפשרה הורדה של טמפרטורת העלים ב 1.6 מעלות צלזסיוס.

Average Leaf Temp. (C°)	טיפול השקיה				Grand Total
Irrigation level	100%	85%	70%	30%	Grand Total
Shade net	31.5	31.7	31.4	31.5	<b>31.52a</b>
open	32.7	32.7	32.8	34.8	<b>33.21b</b>
Grand Total	<b>32.09b</b>	<b>32.14ab</b>	<b>32.08b</b>	<b>32.77a</b>	<b>32.3</b>

**מסקנה** - על פי הנתונים המוצגים נראה כי ישנו יתרון לשימוש ברשתות הצל עבור העצים.