

השפעת עומס היבול בדקל התמר על תנועת המים ברצף קרקע-צמח-אטמוספירה

מוגש לשולחן תמר במועצת הצמחים

ע"י

אפי טריפטר, דפנה הררי - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית-תמר.
נפתלי לזרוביץ - המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן גוריון בנגב.
שלמה קרמר - שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

תקציר

מתחילת שנות ה-90 חלה עלייה מתמדת בהיקף השטחים של מטעי התמרים, בעוד כי ההיצע למים להשקית תמרים בערבה עולה בקצב איטי יותר. המחקר הנוכחי מתרכז בקשר בין זרימת המים ליבול בדקל התמר, כשההנחה היא ששינוי במבלע סוכרים חזק כמו הפרי, ישפיע על מידת הייצור הפוטוסינתטי בעלים ומכאן על צריכת המים של עץ התמר. על מנת להגיע למשטר השקיה יעיל, המביא לפרי איכותי ביותר מחד, ושאיננו בזבזני ומונע גידול בהיקף הנטיעות (בשל מגבלת מכסות המים) מאידך, יש להבין טוב יותר את אופי השימוש של דקל התמר במי ההשקיה כחלק ממערכת של קרקע-צמח-אטמוספירה. מטרת המחקר היא לבחון את הקשרים בין עומס היבול לבין צריכת המים של העץ בשלבים שונים במהלך עונת הגידול של התמר, ובין השימוש במים, השימוש במוטמעים והפעילות הפוטוסינתטית של העץ.

12 עצי תמר בני שבע שנים מהזן מגיהול הממוקמים בתחנת יאיר בחצבה חולקו לשלושה טיפולי עומס יבול (0, 50 ו-100 אחוזי פרי). בכדי לאפיין את מצב המים בעץ ובסביבתו, מתחילת אפריל 2014 נמדדו בצורה רציפה פרמטרים שונים בקרקע, בגזע ובאוויר ונאספו נתונים תקופתיים לגבי גודל הפרי, רמת הסוכר בו ואיכותו וכן מדידות פוטוסינתזה בעלים. נמצא כי עצי תמר בעומס יבול גבוה מטמיעים יותר פד"ח, צומחים לאט יותר וצורכים יותר מים מאשר עצים בעומס יבול בינוני ונמוך. בתקופת צבירת הסוכר הבדלים אלו גדלים. עצים אלו מאופיינים בצימוח וגטטיבי איטי יותר בתקופה הנ"ל. מוצע להמשיך את הניסוי לעונה נוספת על מנת לראות המשך המגמה בעצים מבחינת צריכת מים ואקלום מערכת החייםנים בעצים ובקרקע. יש צורך לבדוק האם התופעה ממשיכה בהמשך השנה ובעונות גידול נוספות.

מבוא

צריכת פירות תמרים למאכל נמצאת במגמת עליה, ואיתה הדרישה לפרי איכותי וגדול יותר. חלק גדול מהיבול מיוצא למדינות אירופה ועל כן לגידול התמר חשיבות כלכלית גבוהה בארצנו; כל שנה ניטעים עוד מטעי תמרים בכל חלקה המזרחי של הארץ, מאילת בדרום ועד עמק הירדן בצפון. עם העלייה בהיקף הגידול בארץ, ישנה מגבלה של מכסות מים להשקיה, גורם המגביל הן התפתחות עצים קיימים והן נטיעת מטעים חדשים. בנוסף, גם איכות מי ההשקיה יורדת עם מעבר לשימוש מוגבר במים מושבים ו/או מים מליחים. איכות המים פוגעת בתמר בעיקר על ידי הצטברות מלחים בקרקע באזור בית השורשים (Tripler *et al*, 2007). הצטברות זו גורמת ליצירת עקה אוסמוטית ופגיעה בפעילות הפוטוסינתטית. פגיעה זו נובעת כנראה בשל שינוי בפוטנציאל המים וקושי בדיות מספקת כאשר

הדרישה האטמוספירית גבוהה ולא בעקבות רעילות ספציפית. ממשק ההשקיה הנהוג כיום דורש השקיה בעודף בכדי להדיח מלחים מבית השורשים (Tripler *et al.*, 2011), היכול להביא לפחיתה ביעילות ההשקיה.

דקל התמר מותאם לגידול בתנאים צחיחים, במינימום משקעים, אך על מנת למקסם את כמות ואיכות היבול יש להשקותו בכמויות מים גדולות. עיקר מערכת השורשים האפקטיבית של העץ מרוכזת בפרופיל הקרקע העליון, מה שגורם לפחיתה במים הזמינים וביכולת קליטת המים של העץ בשעות הצהריים בקיץ, כאשר הדרישה האטמוספירית גבוהה (Norman and Shayya, 1997). קצב כניסת המים לעץ על ידי קליטה מהקרקע שאינו מתואם עם קצב יציאת המים על ידי התאדות מהפיוניות (דיות) יגרום לפגיעה בצימוח וביבול, ועלול אף לגרום לפגיעה ממשית ברקמות ההובלה של העץ. מכיוון שהדקל הינו צמח חד פסיגי חסר התעבות משנית ברקמות ההובלה (ברנשטיין, 2004), מערכת ההובלה הראשונית צריכה לתפקד במשך כל חיי העץ ופגיעה בה תהיה הרסנית (Sperry, 1986).

כדי להתגבר על בעיית קליטת המים כאשר הדרישה האטמוספירית גבוהה ללא סגירת פיוניות וגרימת האטה בפעילות הפיסיולוגית, משתמש העץ במים הנמצאים בגזע (כמות של מאות ליטרים, בהתאם לנפח הגזע וגובהו) בתור מקור מים היכול להגיע לרבע ממנת המים היומית שהעץ צורך (Sperry, 2013). מילוי אוגר המים בגזע מתרחש בלילה ומוביל למהלך זרימה יומי בתוך הגזע (Sperry *et al.*, 2012) המאופיין בהבדלים בקצב הזרימה בין החלק העליון לחלקו התחתון של הגזע (איור 1). בעונת הגידול, אפריל-אוקטובר, הזרימה מתחילה בשעות הבוקר (06:00~), מגיעה לקצב מקסימלי בצהריים (12:00~) הנחלש עד לעצירת זרימה בתחילת הלילה (20:00~). ייבוש הגזע מתחיל כשקצב הזרימה גדול יותר בחלק העליון מאשר בחלק התחתון של הגזע (11:00~) ומפסיק כשהקצב משתווה בין הגבהים (17:00~). כאמור, בשעות הלילה, כשאין פוטוסינתזה והפיוניות סגורות, אין זרימת מים בחלק העליון של הגזע ואילו בחלקו התחתון ישנה זרימת מים המגיעה מהקרקע ומרווה את הגזע.

בתהליך הפוטוסינתזה, הצמח מייצר פחמימות מהפחמן הדו חמצני שבאוויר וממים, כאשר קרינת אור השמש היא המניע העיקרי בתהליך. תהליך זה מתרחש בכלורופלסט בתאי העלים ואת כניסת הפחמן הדו חמצני והמים אל סביבת תאים אלו מווסתות הפיוניות. כשהעלה חשוף לאור השמש והפיוניות נפתחות, מתחילה הפוטוסינתזה יחד עם הדיות. הדיות יוצרת הפרש פוטנציאל לחץ המים בעץ הגורם לתנועה של מים מהקרקע, דרך השורשים ומערכת ההובלה בגזע אל העלים ואל האטמוספירה. הפחמימות הנוצרות בעלים, עוברות לשאר חלקי הצמח בשיפה, על פי הצורך של אותו איבר. רקמה בה הצורך גבוה נקראת מבלע חזק, לדוגמא- הפרי. ריבוי פרי בעץ ידרוש כמות פחמימות גבוהה המבוטא בעליה בקצב הפוטוסינתזה (Génard *et al.*, 2008) ובשל כך, יפתח העץ פיוניות, מה שיוביל לאיבוד מים מוגבר (גולן, 2014). תופעה הפוכה ידועה בעצי פרי בה עודף יבול מגביר את עקת המים וגורם לירידה בתנועת המים (Yonemoto *et al.*, 2004) או תופעה של ירידה במוליכות הפיוניות עם עליה בקצב תנועת המים בגזע בעצים עם עומס יבול גבוה (Mpelasoka *et al.*, 2001). קצב הטמעת הפחמן הדו חמצני לא בהכרח יושפע מעומס היבול כיוון שמוטמעים יכולים לשמש לצימוח וגטטיבי מוגבר בעומס יבול נמוך (Petrie *et al.*, 2000; Whiting and Lang, 2004). אף על פי כן, בתמר, הפרי נחשב למבלע חזק יותר מאשר הצימוח (ברנשטיין, 2004). בנוסף, דקל התמר ידוע כ'איזוהידרי', מווסת את פתיחת הפיוניות בהתאם למצב המים. כאשר ישנו מחסור במים, יסגור העץ את הפיוניות ולא יאפשר איבוד מים על אף עצירת תהליך הפוטוסינתזה (Renninger *et al.*, 2010). הבדלים אלו באסטרטגיות השונות בשימוש במים מגבירים את הצורך בהבנה טובה יותר של אופי השימוש במים של דקל התמר.

מחקר זה הינו המשך של מחקר קודם שהתרכז בהשפעה של איכות מי ההשקיה על הפעילות הפיסיולוגית של התמר (Sperling *et al.*, 2014) ובאפיון זרימת המים בעץ (Sperling, 2013). המחקר הנוכחי מתרכז בקשר בין זרימת המים ליבול בדקל התמר, כשההנחה היא ששינוי במבלע סוכרים חזק כמו הפרי, ישפיע על מידת הייצור הפוטוסינתטי בעלים ומכאן על צריכת המים של עץ התמר. צפויים הבדלים באופי צריכת המים בין טיפולי עומס יבול שונים (גולן, 2014) במהלך תקופות שונות בעונת הגידול, מגידול הפרי המתחיל באביב ועד תקופת צבירת הסוכר בסוף הקיץ. על מנת להגיע למשטר השקיה יעיל, המביא לפרי איכותי ביותר מחד, ושאיננו בזבזני ומונע גידול בהיקף הנטיעות (בשל מגבלת מכסות המים) מאידך, יש להבין טוב יותר את אופי השימוש של דקל התמר במי ההשקיה כחלק ממערכת של קרקע-צמח-אטמוספירה. המחקר בנושא זה לא מוצה, וכאמור, יש לו חשיבות מחקרית וחשיבות מהבחינה החקלאית-כלכלית. מטרת המחקר הן לבחון את הקשרים בין עומס היבול לבין צריכת המים של העץ בשלבים שונים במהלך עונת הגידול של התמר; ובין השימוש במים, השימוש במוטמעים והפעילות הפוטוסינתטית של העץ.

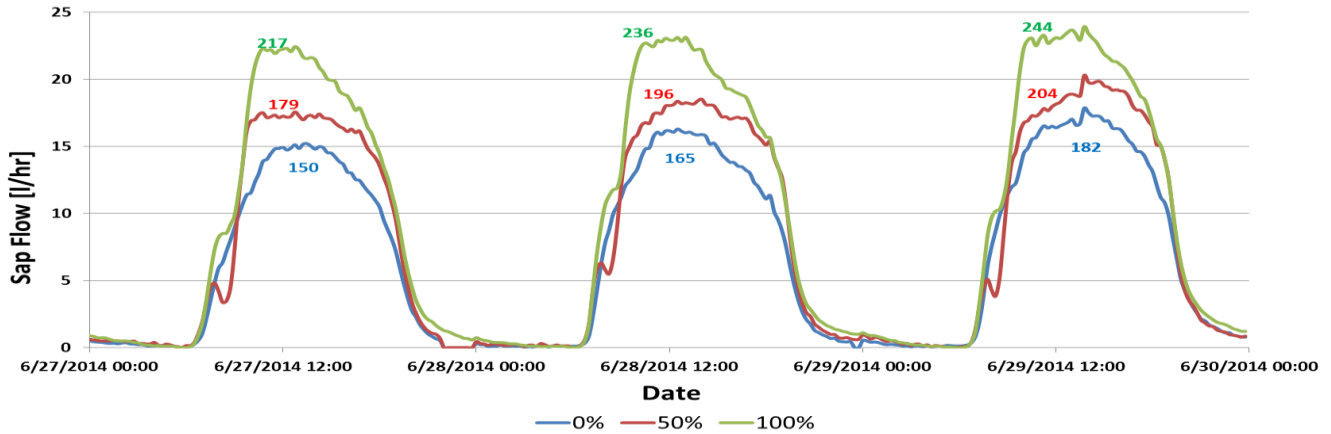
שיטות

בכדי להבין את מהלך המים במערכת קרקע-צמח-אטמוספירה ולקשרו למצב הפרי בעץ, נמדדו פרמטרים שונים בכל תווך הן במדידות תקופתיות והן במדידות רציפות. הניסוי נערך במו"פ ערבה, תחנת יאיר בחצבה. 12 עצי תמר צעירים חולקו לשלושה טיפולי עומס יבול בארבע חזרות: עומסי יבול שונים נבחנו בשלוש רמות: עומס מלא (100%), עומס פרי בינוני (50%) וללא פרי (0%). כל העצים מקבלים את אותה מנת מים (בטפטוף, 4 טפטפות של 24 ליטר/שעה לעץ) לפי 75% ממנת המים המומלצת בטבלת שה"מ (ראה טבלה 1 בנספח). נבחנו מדדים פיסיולוגיים שונים לאורך כל עונת הגידול: קצב הפוטוסינתזה, מוליכות פיוניות ויעילות הקרבוקסילציה נמדדו בעזרת מערכת לחילוף גזים (Li-6400, LiCor USA). יחס מעבר האלקטרונים (ETR) והיעילות הפוטוכימית המקסימלית באור (ϕ PSII) נמדד בעזרת מכשיר למדידת פלורסנציה של כלורופיל (6400-40 leaf-chamber fluorometer, LiCor Inc.). כמו כן נמדדו משקל וגודל הפרי וריכוז סוכר בפרי אחת לשבועיים, מספר עלים לעץ וגובה העץ אחת לחודש. מדידות רציפות בוצעו ונאספו על ידי אוגרי נתונים (שני CR800 ו- CR10X אחד של Campbell Scientific):

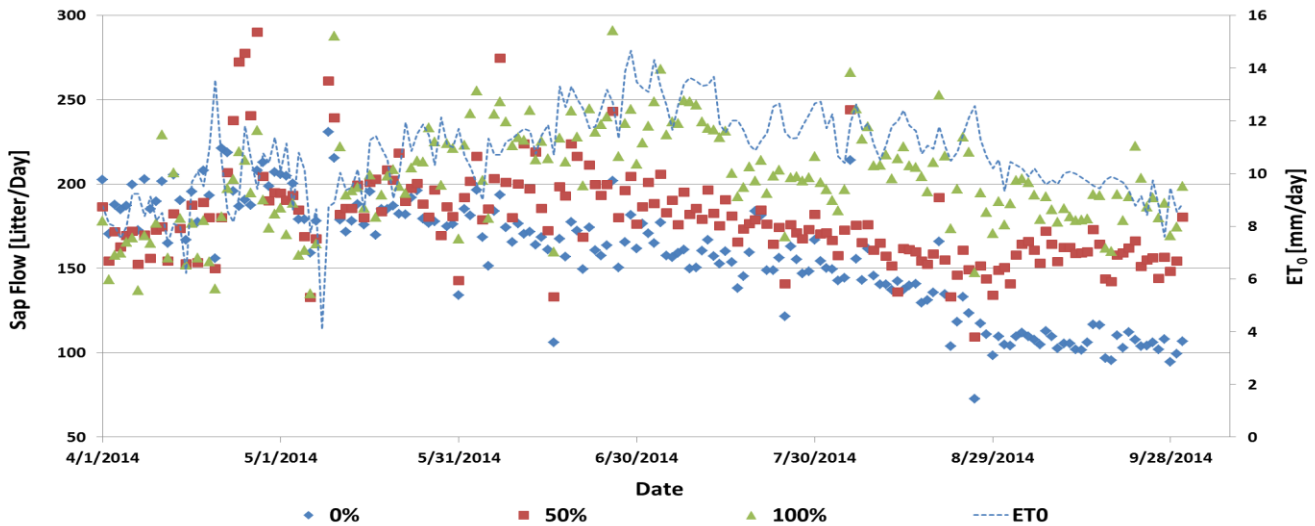
1. קצב זרימת המים בגזע על ידי חיישני גזע (Granier).
2. תכולת הרטיבות בקרקע באזור בית השורשים: 20 חיישני TDR (CS-630, Campbell scientific) בתצורה של 5 (אופקית) על 4 (אנכית) 120X150 ס"מ, בהתאמה) מוקמו ליד שני עצים, 60 ס"מ מהגזע, 25 ס"מ מתחת לפני הקרקע, מטיפולי ה- 100% וה- 0%.
3. תכולת הרטיבות בגזע על ידי חיישני TDR: שני מוטות עשויים פלדת אל חלד (אורך- 33 ס"מ, קוטר- 6 מ"מ) הוחדרו למרכז הגזע במקביל, חמישה ס"מ האחד מהשני. המוטות נעטפו בסרט מבודד (איזולירבנד) למניעת הפרעות הנגרמות על ידי המוליכות החשמלית הגבוהה של הגזע.
4. התארכות לולב על ידי מד התארכות לולב (Phytek).
5. נתונים אקלימיים (טמפרטורה, לחות יחסית, קרינה סולארית ומהירות הרוח) נאספו מהתחנה המטאורולוגית הנמצאת במו"פ והאוּפּו-טרנספירציה הפוטנציאלית (ETp) חושבה לפי משוואת פנמן-מונטיטי (Allen *et al.*, 1998).

עיקר הממצאים שהושגו במהלך העונה האחרונה

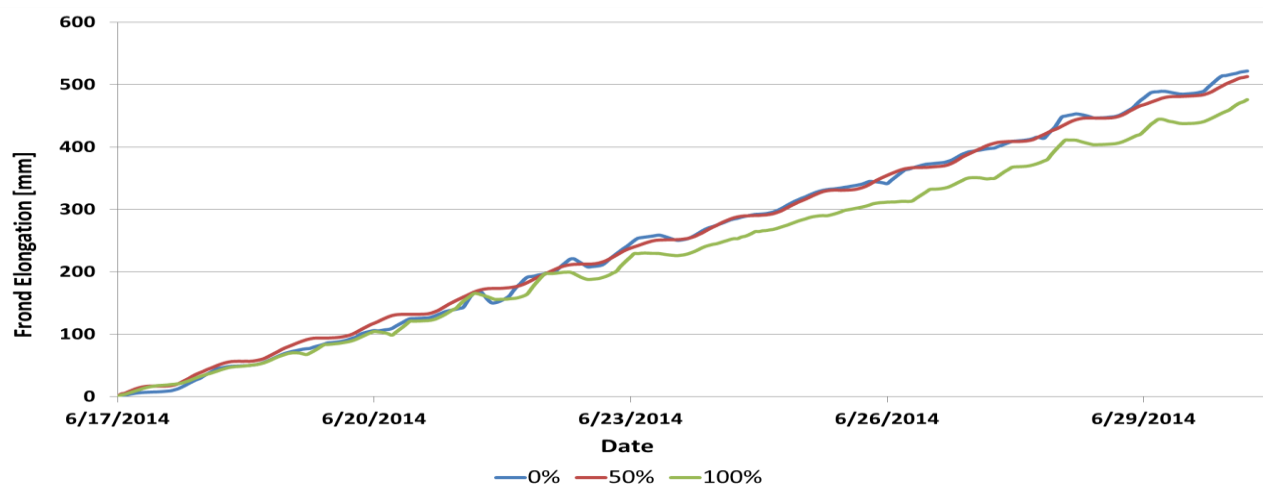
הנתונים שנאספו במטע שבתחנת יאיר בחצבה בעונת הגידול 2014-15, מצביעים על כך שעצי התמר בהם רמת היבול הייתה (100%) צרכו יותר מים במהלך היום (איור 1). מסיכום תקופתי ניתן להבחין כי בתחילת העונה לא היו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים אך לקראת יולי, עם תחילת תקופת צבירת הסוכר בפרי, עצי התמר מהטיפול של עומס היבול המלא (100%) צורכים יותר מים במהלך היום (איור 2). מתוך נתוני מד התארכות הלולב, נראה כי לעצים מטיפול ה- 100% קצב התארכות הלולב הנמוך ביותר (איור 3). מהמידה האחרונה של חילוף הגזים שבוצעה בעצים בתחנת יאיר, נראה הבדל בין הטיפולים מבחינת קצב הפוטוסינתזה כאשר לטיפול ה- 100% הקצב הגבוה ביותר (איור 4).



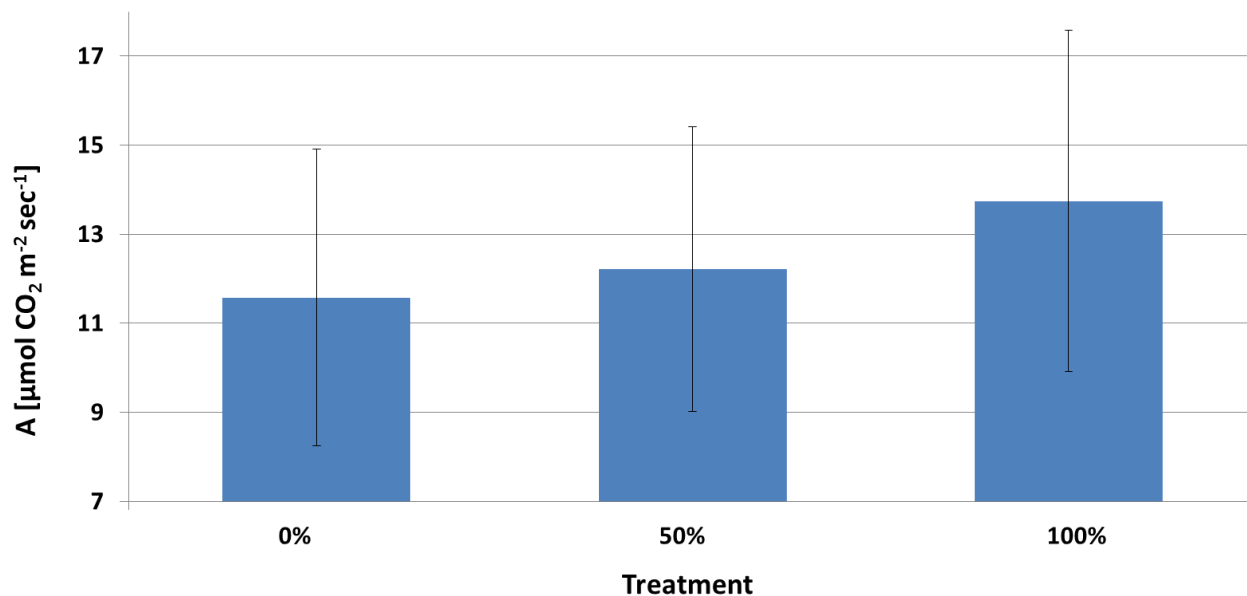
איור 1: קצב תנועת המים (ליטר/שעה) בעצי תמר הנמצאים בתחנת יאיר בחצבה משלושה ימים, כפי שהתקבלו מחיישני הגזע (Granier). ניתן לראות כי בשעות הבוקר עולה קצב זרימת המים בגזע בצורה חדה, מגיע לשיא בצהריים, ולאחר מכן נחלש עד הגעה למינימום בתחילת הלילה. הגרף מייצג ממוצעים לפי טיפולים, ארבעה עצים לטיפול, 0%, קו אדום 50%, קו ירוק 100%. המספרים הצבעוניים ליד כל שיא בעקומה מייצגים את כמות המים בליטרים שעברה בגזע במהלך אותו יום.



איור 2. קצב תנועת המים (ליטר/יום) בעצי תמר הנמצאים בתחנת יאיר בחצבה כפי שהתקבלו מחיישני הגזע (Granier). כל נקודה מייצגת ממוצע לפי טיפול, ארבעה עצים לטיפול, נקודות כחולות 0%, נקודות אדומות 50%, נקודות ירוקות 100%. מקווקו- אווופו-טרנספירציה מחושבת (מ"מ/יום) לפי פנמן.



איור 3. התארכות הלולב (במ"מ) בעצי התמר בתחנת יאיר כפי שהתקבלו ממד התארכות הלולב (Phytek). הגרף מייצג ממוצעים לפי טיפולים: קו כחול 0%, קו אדום 50%, קו ירוק 100%. ככל שהתקדמה עונת הגידול, גדל הלולב בטיפול ה- 100% פחות מאשר בטיפולי ה- 0% וה- 50%.



איור 4. קצב הפוטוסינתזה (A) כפי שנמדד בעצים בתחנת יאיר. ניתן לראות כי בטיפול ה-100% קצב ההטמעה של הפחמן הדו חמצני (במיקרומול למטר בריבוע לשנייה) הוא הגבוה ביותר. הערכים וסטיות התקן הם ממוצעים משלושה עלים לעץ, ארבעה עצים לטיפול ושלוש מדידות במהלך היום.

סיכום ומסקנות

ניתוח הנתונים עד כה מצביע על הבדלים בין הטיפולים בהתאם להנחת המחקר. עצי תמר בעומס יבול גבוה מטמיעים יותר פד"ח, צומחים לאט יותר וצורכים יותר מים מאשר עצים בעומס יבול בינוני ונמוך. בתקופת צבירת הסוכר הבדלים אלו גדלים. יש צורך לבדוק האם התופעה ממשיכה בהמשך השנה ובעונות גידול נוספות. במידה ואכן כך, ניתן יהיה לבחון מחדש את כמויות המים להשקיית העצים ולכוון על פי מצב הפרי על העץ. חיישני הגזע (Granier) מספקים מידע רציף לגבי צריכת המים של התמר וניתן יהיה להיעזר בהם בהכוונת ההשקיה. שיפור אופן התקנת החיישנים יגביר את אמינות המידע המתקבל מהם.

מקורות

- ברנשטיין צ 2004. התמר. המועצה ליצור ושיווק פירות.
- גולן א 2014. מדדים צמחיים לקביעת מאזן המים של תמר מזן מגיהול. עבודת מוסמך, האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות רחובות.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M (1998) Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements- FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300, 6541.
- Génard M, Dauzat J, Franck N, Lescourret F, Moitrier N, Vaast P and Vercambre G (2008) Carbon allocation in fruit trees: from theory to modelling. *Trees* 22: 269-282.
- Granier A (1985) Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestières* 42: 193-200. EDP Sciences.
- Mpelasoka B, Behboudian M and Green S (2001) Water use, yield and fruit quality of lysimeter-grown apple trees: responses to deficit irrigation and to crop load. *Irrigation Science* 20: 107-113.
- Norman WR, Shayya WH, Al-Ghafri AS and McCann IR (1998) Aflaj irrigation and on-farm water management in northern Oman. *Irrigation and Drainage Systems* 12: 35-48.
- Petrie PR, Trought MC and Howell GS (2000) Growth and dry matter partitioning of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area and crop load. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 40-45.
- Renninger HJ, Phillips N and Salvucci GD (2010) Wet- vs. dry-season transpiration in an Amazonian rain forest palm *Iriartea deltoidea*. *Biotropica* 42: 470-478.
- Sperling O (2013) Water Relations in Date Palm Trees—a Combined Approach using Water, Plant, and Atmospheric Data (Doctoral dissertation, Ben-Gurion University of the Negev).
- Sperling O, Lazarovitch N, Schwartz A and Shapira O (2014) Effects of high salinity irrigation on growth, gas-exchange, and photoprotection in date palms (*Phoenix dactylifera* L., cv. medjool). *Environmental and Experimental Botany* 99: 100-109.

Sperling O, Shapira O, Cohen S, Tripler E, Schwartz A and Lazarovitch N (2012) Estimating sap flux densities in date palm trees using the heat dissipation method and weighing lysimeters. *Tree Physiology* 32: 1171-1178.

Sperry JS (1986) Relationship of xylem embolism to xylem pressure potential, stomatal closure, and shoot morphology in the palm *rhaps excelsa*. *Plant Physiology* 80: 110-116.

Tripler E, Ben-Gal A and Shani U (2007) Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera L.*, cv. medjool). *Plant and Soil* 297: 147-155.

Tripler E, Shani U, Mualem Y and Ben-Gal A (2011) Long-term growth, water consumption and yield of date palm as a function of salinity. *Agricultural Water Management* 99: 128-134.

Whiting MD and Lang GA (2004) 'Bing Sweet' cherry on the dwarfing rootstock Gisela 5': thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO₂ Exchange. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129: 407-415.

Yonemoto Y, Matsumoto K, Furukawa T, Asakawa M, Okuda H and Takahara T (2004) Effects of rootstock and crop load on sap flow rate in branches of 'Shirakawa Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae* 102(3): 295-300.

נספח

טבלה 1 : לוח מים שנתי למטע תמרים מבוגר בערבה (עדכון 07/2012)

חודשית (מ"ק)	מנת מים לעץ יומית - ליטר			מקדם החזר התאדות מגיגית לעץ			עשרת שלב גידול	חודש
	30-21	20-11	10-01	30-21	20-11	10-01		
4.8	175	150	155	50	50	50		ינואר
6.6	245	220	195	50	50	50	תחילת הפריה	פברואר
9.7	370	325	275	50	50	50	הפריה	מרץ
13.5	480	465	400	50	50	50	דילול פירות	אפריל
17.7	660	565	540	55	50	50	מילוי פירות	מאי
22.8	810	780	688	60	60	55	סיום מילוי פרי	יוני
26.8	878	891	910	65	65	65	החלפת צבע	יולי
24.5	780	813	858	65	65	65	הצמלה גדיד	אוגוסט
19.6	558	670	728	60	65	65	גדיד	ספטמבר
11.0	310	365	425	50	50	50	גדיד	אוקטובר

7.1	205	230	270	50	50	50	הסרת כפות	נובמבר
5.0	150	170	180	50	50	50		דצמבר
168.9							סה"כ שנתי	
