

דו"ח סופי לתכנית מחקר: 301-0499-08, מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות  
הכוונה של צימוח ווגטטיבי, מערכת שורשים ורמת יבול של עצי אבוקדו באמצעות ממשק  
ההשקיה והדישון

## **Manipulation of the vegetative growth, root system and yield of avocado trees through fertigation management**

**צוות המחקר:** אבנר זילבר, שבתאי כהן, שמואל אסולין, אירית לבקוביץ-המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי; יצחק אדטו, אלקנה בן-ישר-מו"פ צפון; עמי קינן, יאיר ישראלי, ג'ורג' חודי-צמח ניסיונות; נורית בן-הגיא, שה"מ עמק הירדן; ענת לוינגרט איצ'יצי - שה"מ, גליל מערבי.

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: [vwschmuel@agri.gov.il](mailto:vwschmuel@agri.gov.il)

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

## תקציר

במסגרת המחקר המוצע בוצע ניסוי בכלים (ליזימטרים) שמטרותיו היו: (א) בחינת ההשפעה של שני גורמי ממשק שונים (תדירות ההדשיה והיחס בין אמון לחנקה) על התפתחות עצי אבוקדו מזן האס (מורכבים על כנת וגטטיבית דגניה 117); (ב) מדידה ישירה של דיות (מחושב מנתוני ליזימטרים) והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון מדידות Heat-pulse, מדידות תרמיות, שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), התנגדות פיוניות ופוטנציאל מים בגזע או בעלים במהלך תקופות הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה; (ג) בדיקה של ריכוז יסודות מזון באיברי הצמח השונים ובנייה של פרוטוקול לבקרה על כמות הדשן המוספת במהלך השנה. המחקר התבצע במתכונת של בלוקים באקראי בחמש חזרות (כל חזרה שני עצים) בצמח, עמק הירדן. בניסוי נבחנו הגורמים הבאים: (א) תדירות ההשקיה – גבוהה (10-30 השקיות ביום, לפי מנת המים הכללית); בינונית (אחת ליום) ונמוכה (אחת ליומיים) ו-(ב) יחס בין אמון לחנקה במי ההשקיה.

התשתית למחקר (בניית המערכת, הצבת מכשירי המדידה ונטיעת העצים) הוצבה בשנה הראשונה (2006) ולכן עד כה נאספו נתונים רק משנתיים של צימוח ווגטטיבי (2007 ו-2008). 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. הממצאים העיקריים בשנתיים של צימוח ווגטטיבי (2007 ו-2008) היו:

- א. הטיפולים בניסוי גרמו להבדלים משמעותיים בתכולת המים במצע. למרות זאת, לא נמדד הבדל משמעותי בקיבוע  $CO_2$ , מוליכות פיוניות, פוטנציאל מים בגזע ו/או בעלים בין הטיפולים. ייתכן כי פתיחת הפיוניות בעלי אבוקדו בעמק הירדן הושפעה בעיקר מתנאי אקלים (טמפרטורה, לחות יחסית, גרעון מים אטמוספרי?).
- ב. 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.
- ג. דישון באמון הביא לירידה חזקה ב-pH בבית השורשים (הרכב תמיסות הדשן בשנת 2008 שונה על מנת למנוע ירידה ב-pH מתחת ל-5 pH מחד, ולהביא לעלייה ב-pH מעל ל-7.5 pH מאידך).
- ד. טיפולי הדישון ותדירות ההשקיה השפיעו על הרכב יסודות המזון בעלים.
- ה. השנים 2007 ו-2008 היו שנים של צימוח ווגטטיבי בלבד ולכן יש להתייחס בזהירות לממצאים שנאספו. שנת 2009 תהיה שנת היבול הראשונה ולכן יש לעקוב אחר השפעת הטיפולים על התפתחות העצים ועל יכול הפרות.

## מבוא ותיאור הבעיה

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

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 (מאחד לחמש) הביאה להגדלה בקצב גידול השורשים, לשיפור מצב המים בעץ ולהגדלת הדיות (Cantuarías 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 אטמוספרית 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 גדולה מאוד והיא קריטית לגיבוש ממשק ההדשיה האופטימאלי. המרחק בין נקודת יישום הדשן בטפטפת (מקור) לבין מערכת השורשים הפעילה הקולטת (מבלע) משפיע מאוד על זמינות יסודות המזון לצמחים (Bar-Yosef, 1999), ולכן, באם מערכת השורשים השטחית היא תוצאה של ירידה בזמינות של יסוד מזון כלשהו כתוצאה מתהליכי ספיחה\שקיעה בקרקע אזי ניתן לשנות את הפריסה של מערכת השורשים בקרקע על ידי שינוי מיקום הטפטפות (טפטוף תת-קרקעי) או שינוי הגיאומטריה של הנפח המורטב באמצעות מפזרי מים (ממטירון, מתז). הדשיה תת-קרקעית באמצעות טפטוף טמון מאפשרת הספקה של יסודות מזון ומים במרכז מערכת השורשים של הצמח ושמירה על ריכוז רצוי בפני השורש ויכולה לתרום לשיפור יעילות קליטת המים ויסודות מזון ע"י הצמח

(Bar-Yosef, 1991; Coelho and Or, 1999; Mmolawa and Or, 2000). ליחס שורש\נוף ולמיקום המרחבי של שורשים יש משמעות גדולה בכל גידול אינטנסיבי על היכולת של מערכת השורשים לספק מים ויסודות מזון לצמח בשלבי גידול שונים והם מושפעים מגורמים שונים כגון תכולת המים בקרקע ותכולת יסודות המזון בצמח (בעיקר זרחן). ייתכן כי נפח קטן של שורשים המתרכז בחלק העליון של הקרקע אינו מספיק לספק את הדרישה במצבי שיא זמניים למבלעים החזקים של פרחים\חנטים וכתוצאה מכך הם נושרים במצבי עקה. בנוסף, שורשים הם מבלע לסוכרים ומקור לחומרי צמיחה רבים המשפיעים על הצמח (הורמונים, אנזימים) ולכן מלבד לקליטה של מים ויסודות מזון, 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 הביאו לעלייה ביבול אבוקדו (אדטו 2002 א', ב'; 2003 א', ב'; 2004 א', ב'). בסיכום מחקרים אלו הוערך כי היבול הפוטנציאל של עצי אבוקדו יכול להגיע ל-5 טון לדונם (אדטו, 2002א'). המסקנה הבסיסית של החוקרים מניסויים ותצפיות אלו הייתה כי ניתן להקטין עקות מים זמניות באמצעות הגדלת תדירות ההשקיה ופס ההרטבה וכי משטר זה מביא לעלייה בנפח השורשים היחסי (יחס שורש/נוף) ובחלוקה היחסית שלהם במרחב (שורשים בחלק העליון של המצע).

תנאי הכרחי וראשוני לאופטימיזציה של משטר השקיה ודישון בכל גידול חקלאי הוא בקרה על הקליטה של מים ויסודות מזון על ידי הצמח. ברוב הגידולים החקלאיים מקובל להשתמש בריכוז יסודות מזון בעלים או בפרות ככלי בסיסי לבקרה על מצב ההזנה של הצמח. המלצות דישון הנסמכות על ריכוזים מדודים של יסודות מזון באיברי הצמח השונים ניתן למצוא לרוב בספרות החקלאית. למרות שמספר היבטים של דרישות עצי אבוקדו ליסודות מזון נבחנו בישראל ובעולם, עדיין הבקרה של מצב ההזנה של הצמח באמצעות בדיקות צמחיות איננה מספקת

(Lahav, 1995; Crowley et al., 1996; Bar et al., 1997; Castillo-Gonzalás et al., 2000;

Lahav&Zamet, 1999; Zilcah et al., 2000; Lovatt, 2001; Lahav&Aycicegi, 2003;

Razeto&Salgado 2004).

למרות הזמן שחלף, המסקנה של Lahav (1995) כי עדיין אין הבנה של התהליכים המשפיעים על היבול נכונה גם היום. מכאן, קידום ענף האבוקדו מותנה בסגירת פערי ידע בנושאים כגון: ריכוז קריטי של יסודות מזון בעלים, השפעת משטר הדישון על החלוקה של יסודות מזון ופחמן באיברי הצמח, השפעת יסודות קורט על הצימוח ודרכי היישום (דישון באמצעות מערכת ההשקיה, ריסוס עלויות, הזרקה לגזע). ריכוזים נמוכים של זרחן בעלים (1.0-1.5 ג'ק"ג ח"י) וריכוזים גבוהים בפרחים (3.0-3.5 ג'ק"ג ח"י), וקשר מובהק בין התכולה של זרחן בפרחי אבוקדו שנשרו לבין היבול בשנה העוקבת (Lahav&Zamet, 1999) מלמדים אולי כי מחסור זמני בקליטה של זרחן בתקופת הפריחה/חנטה הביא לנשירה. ייתכן גם כי מחסור בברזל גרם לנשירה של פרחים (Lahav&Zamet, 1999). הפרחים/חנטים המתפתחים מהווים מבלע חזק ליסודות מזון וסוכרים וייתכן כי זמינות נמוכה של זרחן ו/או יסודות בתקופה זו גרמה לפגיעה ביבול. אי ההתאמה המדווח בין ריכוז יסודות המזון בעלים ובפירות לבין היבול (Lahav&Zamet, 1999) מקשה על הבנת הסיבות לנשירת הפרחים/חנטים. יתכן כי העלייה ביבול בעקבות עלייה בתדירות ההשקיה ובפס ההרטבה שדווחה ע"י אדטו וחובריו (אדטו, 2001 א', ב'; 2002 א', ב'; 2003 א', ב') נבעה משיפור הקליטה של זרחן או של יסודות קורט.

בראשית שנות התשעים החלו בעמק בית שאן ליישם שיטה של גידול עצים בתוך תעלות עם מצע "זר" (טוף, פרליט, קומפוסט) וחפרו תעלות ליד עצי המנגו ומלאו אותם בטוף או בחצץ בזלתי (יצחק 1996). הגידול בתעלות טוף לווה בעלייה בתדירות ההשקיה (מהשקיה יומית או שבועית להשקיה של מספר פעמים ביום) ובהתאמת הרכב הדשן המיושם. בעקבות טיפולים אלו עלה היבול בשנים הראשונות ממאות קילו לדונם בחלקות הביקורת ל-3-4 טון לדונם בחלקות המטופלות, והגיע בשנים האחרונות בחלקות נבחרות אף ל-6-7 טון לדונם (אדטו, ידע אישי). שיפור התפתחות הצמחים יוחס לשיפור תנאי האוורור בקרקע ו/או לשיפור הזנת הצמח (בעיקר יסודות קורט). ההצלחה המרשימה בעליית היבול שהושגה בעצי מנגו הובילה לרעיון כי ניתן ליישם שיטה זו בעצי אבוקדו. ניסויים ותצפיות בשנים האחרונות בחנו את שיפור ממשק ההשקיה ע"י: (א) השקיה בתדירות גבוהה; (ב) בקרה רציפה של מצב המים בעץ באמצעות מדידות שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטר); ו - (ג) הגדלת מספר שלוחות הטפטוף לעץ, והשפעתן על הפחתת עקת המים לעץ במועדים קריטיים (תנאי שרב) ושיפור היבול. המסקנה הבסיסית של החוקרים מניסויים ותצפיות אלו הייתה כי ניתן להקטין עקות מים זמניות באמצעות הגדלת תדירות ההשקיה ופס ההרטבה (הוספת שלוחות טפטוף) וכי משטר זה מביא

לעלייה בנפח השורשים היחסי (יחס שורש/נוף) ובחלוקה היחסית שלהם במרחב (שורשים בחלק העליון של המצע, בדומה לממצאים של (Cantuarías et al., 1995; Cantuaruas Avilés, 1995). על בסיס מחקרים אלו הוצע כי על מנת להביא ליבול מרבי של עצי אבוקדו יש ליעיל את ההשקיה באמצעות: החלפת מערכות ההשקיה למערכות טפטוף צפופות יותר והשקיה בשלוש שלוחות בקרקעות המתאימות, השקיה על בסיס עקה מינימאלית שתביא צימוח מתמיד של העץ ושימוש בדנדרומטרים כאמצעי לבקרת השקיה (נוי, 2004). ללא הבנה בסיסית וללא כלים למעקב ולבקרה על התהליכים המפורטים לעיל לא ניתן יהיה להביא לשיפור היבול. גם כלים לבקרה צמחית על מנת המים ועיתוי ההשקיה במטע מסחרי של אבוקדו עדיין לא קיימים ובבדרך 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).

המטרה הכללית של המחקר הייתה לבחון את ממשק ההדשיה האופטימאלי הנדרש להשגת יבול גבוה של פירות אבוקדו. מטבע הדברים נדרש למטרה זו מחקר רב שנתי (5-10 שנה) ולכן אנו רואים את שלוש השנים הראשונות שאושרו על ידי המערכת של המדען הראשי את השלב הראשוני בלבד הכולל צימוח ווגטטיבי בלבד והוא משמש כמבוא למחקר ממושך יותר. בחלק זה של המחקר נערך ניסוי בכלים (ליזימטרים) שמטרתו היו: (א) בחינת ההשפעה של גורמי ממשק שונים כגון: תדירות ההדשיה והיחס בין אמון לחנקה על התפתחות על הצימוח הווגטטיבי; (ב) מדידה ישירה של דיות (נפח נקז, מדידת Heat-pulse) והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים במהלך תקופות הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה.

## שיטות וחומרים

המחקר מתבצע בצמח, עמק הירדן ובו נבחנת ההשפעה של ממשקי הדשיה שונים על עצי אבוקדו מזן האס (מורכבים על כנת וגטטיבית דגניה 117) שתולים בתוך כלים עם פרליט. השימוש בכלים מאפשר מעקב רציף אחר דליפת מים ומומסים ומאפשר 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 (תמונות 1-2). המיכלים חוברו למערכת איסוף מרכזית (תמונה 3 שמאל) והתשטיפים (כל טיפול בנפרד) נאספו ונשמרו לבדיקות כימיות. בניסוי נבחנו הגורמים הבאים: (א) תדירות ההשקיה – גבוהה (10-30 השקיות ביום, לפי מנת המים הכללית); בינונית (אחת ליום) ונמוכה (כל יומיים) ו- (ב) יחס בין אמון לחנקה במי ההשקיה (טבלה 1). מכל טיפול הוצבו 12 כלים, עשרה עם שתילים ושניים ללא צמח שהושקו ודושנו בצורה זהה לטיפולי הניסוי. כמות המים בניסוי הינה אחידה לכל הטיפולים, בהתאם לדיות הצמחים + 25% להזחת מלחים. בנוסף, מכל טיפול הוצבו חמישה מיכלים בנפח של 100 ליטר המושקים המדושנים בצורה זהה לצמחים השתולים בנפח של 200 ליטר, כך שניתן יהיה לבדוק את השפעת נפח בית השורשים על התפתחות העצים. חמישה עצים מכל טיפול חוברו למערכת חיישנים מתוצרת "פיטק" המודדס את השינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים, ראה תמונה 3 ימין). מדידות אלו מאפשרות מעקב ובקרה רציפה על גידול העץ ותגובות העצנים לעקות מים (חישוב התכווצות יומית מירבית). התנאים המטאורולוגים באזור הניסוי בשנים 2007 ו-2008 מוצגים בנספח I.

לקראת סוף שנת 2007 הותקנו שש מערכות (אחד לכל טיפול) המאפשרות מדידה רציפה של משקל הכלי ואיסוף אוטומטי של נפח המים המתנקז ממנו (תמונה 4). מערכות אלו מאפשרות חישוב של הדיות בכל זמן נתון במהלך היממה (כמות מים בהשקיה פחות שינויים במשקל הכלי פחות נפח נקז).

בטיפולים A, C ו-E מוקמו חיישני ECH<sub>2</sub>O TE (DECAGON) המודדים תכולת רטיבות נפחית, מוליכות חשמלית וטמפרטורה במצע. החיישנים מוקמו ב- 3 עומקים (10, 20 ו-40 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.

בתאריכים 17 ו- 18 ליולי 2007 ו- 23 אוגוסט 2007 נמדד השינוי היומי בפוטנציאל המים בגזע ובעלים בשלושה טיפולים הנבדלים בתדירות ההשקיה (טיפולים A, C ו-E). ביום 17 יולי 2007 הושקו כל הטיפולים במנה יומית אחידה ואילו ב- 18 ביולי 2007 הושקו רק צמחים מטיפולים A ו-C וטיפול E לא הושקה כלל. לאומדן פוטנציאל המים בגזע נמדדו שני עלים מעץ אחד מכל חזרה שנמצאו בחלק הפנימי של הנוף, צמוד לגזע. 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). פוטנציאל המים בעלה נמדד בעלים חשופים לשמש. בתאריך 23 אוגוסט 2007 נמדדה בנוסף לפוטנציאל המים בגזע ובעלים גם התנגדות הפיוניות במהלך היום. התנגדות הפיוניות של ארבע עלים בוגרים (עלה שמיני מלמעלה) מעץ אחד מכל חזרה נמדדה במכשיר פורומטר (Li-COR, Inc., USA).

מדידת חילוף גזים נעשתה ב-17 יולי 2007 (עלים מכל הטיפולים), שהיה יום בהיר וחם בו נשבה רוח מערבית ערה בשעות הצהריים וב-27 ביולי 2007 (רק בעלים מעץ שהושקה בתדירות גבוהה, טיפול A). נמדד עלה צעיר (עלה 8 עד 15 מהאמיר), בשל במבנהו, בצבע ירוק חזק (Fully expanded) שהיה חשוף לשמש ישירה טרם ובעת המדידה. מדידה ראשונה ואחרונה היתה בתא פתוח בצל (ENVIR). לאחר מכן נמדדו כל הטיפולים והחזרות לפי סדרם. מכל עץ נמדד עלה אחד ונדרשו לכך 2.25 דקות. ספירת פיוניות נעשתה ב תאריך 17 יולי 2007 בחמישה עלים משני עצים (סה"כ 10 עלים). העצים היו בגובה כ- 150 ס"מ. נלקחו תדפיסי אפידרמיס מהצד העליון והתחתון של העלה הצעיר ביותר שסיים את גדילתו (Fully expanded). התדפיס נלקח ממרכז העלה, באמצע המרווח בין העורק המרכזי לשוליים. שטחו כחצי סמ"ר. התדפיסים הוכנו בעזרת לק ציפורניים ונייר סלוטייפ דביק. הפיוניות נספרו במיקרוסקופ אור Leitz שכויל בעזרת זכוכית נושא מכוילת Leitz Wetzlar. קוטר השדה בעדשה צהובה (10/0.25) 1.77 מ"מ, בירוקה (25/0.50) 0.7 מ"מ ובתכלת (40/0.65) 0.44 מ"מ. מספר הפיוניות בשדה הראייה נספר בעדשה תכלת בשטח שדה של 0.152 מ"מ"ר (3.14x0.22x0.22).

בתאריכים 17 יולי 2007 ו-2 ביולי 2008 נדגמו עלים צעירים ועלים בוגרים מכל חזרה בטיפול. בכל מדגם נבדק המשקל הטרי והיבש (לאחר ייבוש בתנור מאוורר בטמפרטורה של 60 מ"צ), החומר היבש נטחן דק ועבר שריפה רטובה ב- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> לקביעת ריכוז זרחן, נתון ואשלגן ברקמות הצמח וב- HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub> לקביעת סידן, מגניון ויסודות הקורט. חנקן וזרחן נקבעו באוטואנלייזר (Lachat Instruments, Milwaukee, WI), אשלגן ונתרן בפוטומטר להבה (Corning 400, Sherwood Scientific, Watford Herts, UK), סידן, מגניון, ברזל, אבץ ומנגן במכשיר בליעה אטומי (Perkin Elmer Analyst 800).

## תוצאות

### השפעת הטיפול על התפתחות הצמחים ועל ה-pH

בראשית חודש מרץ (בכל שנה) החל גל לבלוב חזק והעצים גדלו מאוד, כפי שמשקף גם בעלייה בקצב ההתעבות הגבוה של הגזע (עד יום 130, נספח II). במהלך הקיץ, קצב התעבות הגזע בכל הטיפולים השתנה במהלך מחזורי של 30-40 ימים (ראה קו שחור נספח II). 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 הבלוב. הצימוח המהיר של הצמחים נמשך עד הסתיו ולא היה תלוי בטיפולים בניסוי.

עד אמצע חודש מרץ כל הטיפולים בניסוי דושונו בדשן חנקתי ("שפר 7-3-7" של חברת דשנים וחומרים כימיים בע"מ") ולכן ה-pH בתשטיפים (ללא ועם צמח, אינו מוצג) היה גבוה ואחיד בכל הטיפולים. ב-15 למרץ 2007 החלו טיפולי הדישון בניסוי בהתאם לטבלה I. כתוצאה משינוי בהרכב הדשן העלייה במנת המים (נספח I למטה) שבאה בעקבות העלייה בגרעון המים האטמוספרי (נספח I) והתעוררות הצמחים, עלתה כמות האמון שסופקה לצמחים ולכן ה-pH בכלים שהושקו בדשן אמוניאקלי ירד באופן רציף והגיע בסוף העונה לערכים נמוכים מאוד (4 pH, טיפולים A, C ו-E, נספח III עליון). הירידה ב-pH הייתה תוצאה של שלושה תהליכים בלתי תלויים: (א) ניטריפיקציה; (ב) שחרור פרוטונים משטחי הפנים של המצע בעקבות חילוף עם אמון; ו- (ג) פליטה של פרוטונים על ידי הצמח כתוצאה מקליטה של אמון על ידי מערכת השורשים. תהליכים (א) ו- (ב) מתרחשים במצע הגידול ואינם תלויים בפעילות הצמח ואילו תהליך (ג) הוא תוצאה ישירה של פעילות הצמח. אנו מניחים כי תהליך (ב) במצע פרליט היה זניח יחסית ולכן הירידה ב-pH בתשטיפים מכלים ללא צמחים (אינו מוצג) שדושונו בדשן אמוניאקלי מיוחסת לתהליכי ניטריפיקציה. ההבדלים ב-pH בין תשטיפים מכלים עם צמח לבין כלים ללא צמח מלמדים על תרומת הצמח לשינוי ה-pH. כאשר ה-pH בתשטיפים מכלים עם צמח הוא נמוך מהתשטיפים מכלים ללא צמח ניתן להסיק כי בנוסף לתהליכי ניטריפיקציה גם תהליכי פליטה של פרוטונים על ידי הצמח (תהליך ג) תרמו לירידה ב-pH ולחילופין, כאשר ה-pH בתשטיפים מכלים עם צמח הוא גבוה מהתשטיפים מכלים ללא צמח ניתן להסיק על תהליכי פליטה של הידרוקסילים על ידי הצמח. הנתונים המוצגים בנספח III תחתון מלמדים כי צמחים שדושונו בדשן אמוניאקלי גרמו לירידה ב-pH ואילו צמחים שדושונו בדשן חנקתי (טיפולים B, D ו-F) גרמו לעלייה ב-pH. ראוי לציין כי ה-pH בתשטיפים מייצג ערך ממוצע של כלל התמיסה במיכל הגידול ולכן סביר להניח כי ה-pH בקרבה המיידית של השורש של צמחים שדושונו בדשן אמוניאקלי היה אף נמוך מהערכים המוצגים בנספח III עליון. ערכי pH נמוכים כפי שנמדדו טיפולים A, C ו-E הם נמוכים מדי וייתכן מאוד כי פגעו בעצים. בשנת 2008 נעשו שינויים בהרכב הדשן (הפחתה בריכוז האמון, טבלה 1) וה-pH בתשטיפים מכלים עם צמחים שדושונו באמון גבוה (טיפולים A, C ו-E) היה 6.5-6 ואילו בטיפולים B, D ו-F היה 7.5-7. השפעת תדירות ההשקיה על ה-pH בכלים ללא ועם צמחים בשנים 2007 ו-2008 הייתה זניחה ולא עקבית.

### השפעת הטיפול על ריכוז יסודות מזון בעלים

ריכוזי יסודות המזון העיקריים (חנקן, זרחן ואשלגן) בעלים הצעירים היה גבוה בהשוואה לעלים המבוגרים אולם לא הייתה השפעה לטיפולים בניסוי (טבלה 2). הריכוזים שנמדדו בעלים המבוגרים היו בתחום המקובל לאבוקדו מהזן האס (ראה נתוני Lahav&Aycicegi-Lowengart, (2003) בטבלה 2). עלייה בתדירות ההשקיה הביאה לירידה מובהקת בריכוזי הסיידן והמגניון בעלים הצעירים והמבוגרים. הסיבה לממצא זה אינו. דישון אמוניאקלי הביא לעלייה מובהקת

ברכיכוזי הברזל והמנגן בעלים המבוגרים, בהתאמה לירידה ב-pH (נספח III). השפעת הטיפולים על ריכוז יסודות המזון בעלים בשנת 2008 לא היתה מובהקת והיא מוצגת בנספח III.

### השפעת הטיפולים על משטר המים במצע הגידול

תכולת הרטיבות בכל הטיפולים עלתה בזמן ההשקיה וירדה לאחר מכן בעקבות ההתנקזות מהכלי ומקליטת מים על ידי הצמח. תדירות ההשקיה השפיעה על המשרעת של השינויים בתכולת הרטיבות. מנות מים קטנות האופייניות להשקיה בתדירות גבוהה הביאו לעלייה קטנה בתכולת הרטיבות בזמן ההשקיה (עלייה של 5-6% מתכולת הרטיבות לפני ההשקיה) שנמשכה כל מהלך ההשקיה (נספח IV, עליון). לעומת זאת, ככל שמנת המים הייתה גדולה יותר (מנת מים יומית אחת או מנת מים דו-יומית) תכולת המים בכלי הגיעה לערך שיא גבוה יותר (עלייה של 8-10% ושל 20-22% מתכולת הרטיבות לפני ההשקיה בטיפול C ו-E, בהתאמה) אך היא ירדה בצורה מהירה יותר לאחר מכן. מכאן, עלייה בתדירות ההשקיה הביאה להקטנת השינויים בתכולת המים במצע במהלך היממה כפי המוצג בנספח IV, עליון. תכולת הרטיבות בחלק העליון של כלי שהושקה בתדירות גבוהה הייתה הגבוהה ביותר והיא ירדה עם העומק (שינויים בתכולת הרטיבות בטיפול A מוצגים בנספח IV למטה). לעומת זאת, ירידה בתדירות ההשקיה (השקיה יומית או דו-יומית) הביאה לתופעה הפוכה, ז.א. תכולת הרטיבות בחלק התחתון של הכלי הייתה גבוהה יותר מאשר בחלק העליון (אינו מוצג).

### השפעת הטיפולים על קיבוע CO<sub>2</sub> ועל משטר המים בצמח

בחלק העליון של העלים לא נמצאו פיוניות ואילו בחלק התחתון של העלים נספרו  $737 \pm 25$  פיוניות למ"ר, בהתאמה לממצאי Whiley et al (1988). השיעור הגבוה ביותר של קיבוע CO<sub>2</sub> (פוטוסינתזה) נמדד בשעות הבוקר (08:30) והוא ירד במהלך היום (נספח V עליון). לטיפולים בניסוי לא הייתה השפעה עקבית על הפוטוסינתזה. שיעור הפוטוסינתזה שנמדד בניסוי זה היה בהתאמה לדיווחים בספרות למדידות דומות בזן האס (Chartzoulakis et al., 2002). נמצא קשר מובהק בין שיעור הפוטוסינתזה לבין מוליכות הפיוניות (אינו מוצג), בהתאמה לדיווחים דומים בספרות (Chartzoulakis et al., 2002). בבדיקה נוספת (בתאריך 27 יולי 2007) נבדק חילוף הגזים בעץ אחד מטיפול A (השקיה בתדירות גבוהה) במהלך היום. שיעור הפוטוסינתזה ומוליכות הפיוניות בבדיקה זו ירדו בצורה חדה משעות הבוקר (בדיקה ראשונה בשעה 7:45) עד שעה 11:30 ועלו לאחר מכן (נספח V אמצע). נמצא קשר מובהק בין ה-VPG (Vapor Pressure Gradient: הפרש בלחץ אידי המים ביו העלה לסביבה) לבין הפוטוסינתזה ומוליכות הפיוניות (נספח V תחתון). על פי דיווחים בספרות מוליכות הפיוניות יורדת כאשר פוטנציאל המים בעלים יורד מ-0.4 Mpa עד לסגירה בפוטנציאל של -1.2-1.0 MPa (Schaffer&Whiley, 2003). פוטנציאל המים בגזע עלה כתוצאה מהעלייה בגרעון המים האטמוספרי אך לא נמצאה השפעה מובהקת לטיפולי תדירות ההשקיה ביום ההשקיה (17 יולי 2007) ולמחרת, כאשר טיפול E לא הושקה (נספחים VI עליון ואמצע). נמצא קשר מובהק בין פוטנציאל המים בגזע לבין גרעון המים האטמוספרי (נספח VI, תחתון). תכולת הרטיבות ביום השני לאחר ההשקיה בטיפול E הייתה נמוכה בהשוואה לתכולת הרטיבות ביום ההשקיה (נספח IV), ולכן לא סביר כי תכולת הרטיבות במצע הגבילה את פתיחת הפיוניות והפוטוסינתזה. ייתכן כי מוליכות הידראולית נמוכה ונפח בית שורשים מצומצם הגבילו את קליטת המים. בתאריך 23 אוגוסט 2007 נבדק מחזור נוסף של מהלך יומי של פוטנציאל מים בגזע ובעלים ומוליכות פיוניות. ביום זה טיפול E לא הושקה, ולמרות הבדלים בתכולת המים במצע (אינו מוצג) לא נמצאו הבדלים מובהקים בפרמטרים שנבדקו (נספח VII).



דיווחים בספרות הצביעו כי טמפרטורת אוויר גבוהה או הגבלת נפח השורשים גרמו לסגירת פיוניות ולשיעור פוטוסינתזה נמוך בעלי אבוקדו (Schaffer & Whiley, 2003; Schaffer et al., 1999, בהתאמה). במדידות שנעשו במהלך שנת 2007 לא נמצאה התאמה מובהקת בין טמפרטורת האוויר לבין פוטנציאל המים בגזע ו\או בעלה או לבין שיעור הפוטוסינתזה ו\או מוליכות פיוניות אך נמצאה התאמה מובהקת בין גרעון המים בעלה או באוויר לבין שיעור הפוטוסינתזה ומוליכות הפיוניות ולבין פוטנציאל המים בגזע (נספח V תחתון ונספח VI תחתון, בהתאמה).

סגירה חלקית של פיוניות החל משעות הבוקר (שעה 08:00) וירידה במוליכות הפיוניות נמדדה גם בשנת 2008 (רק נתונים מיום מדידה שנעשה ביום 16 יולי 2008 מוצג בנספח VIII). מוליכות הפיוניות שנמדדה ביום 16 יולי 2008 היתה גבוהה בהרבה מזו שנמדדה ב-2 יולי 2007 (השוואת נספח VII לנספח VIII) אך המגמה היתה זהה, דהיינו, למרות הבדלים משמעותיים בזמינות המים במצע (אינו מוצג), השפעת הטיפולים על מוליכות הפיוניות לא היתה מובהקת סטטיסטית. משעות הצהריים (13:00), פוטנציאל המים בגזע בטיפול שלא הושקה (טיפול E, נספח VIII) היה גבוה (הבדל מובהק סטטיסטי) בהשוואה לטיפולים שהושקו באותו יום.

### השפעת הטיפולים על קליטת מים במהלך היממה

הדינמיקה של קליטת המים על ידי העצים (ממוצע לשעה) חושבה מההפרש בין מנת המים שניתנה בהשקיה לבין נפח הנקו והשינויים במשקל מיכל הגידול. להדגמה, מובאים נתונים של ה-16 ביולי 2008 בו נמדדו פוטנציאל המים בגזע ומוליכות הפיוניות (נספח VIII). ההשקיה לטיפולים C ו-D החלה בשעה 00:00 ומשקל הכלים בטיפולים אלו עלה במהירות (קצב ממוצע של 16 ק"ג לשעה שהוא קצב ההשקיה) עד שעה 02:00 (נספח IX עליון) בעקבות הצטברות מים במצע. לאחר הרווית המצע במים החל תהליך התנקזות שנגמר עם סיום ההשקיה בשעה 09:00 (נספח IX אמצע). מכך, משקל הכלי ירד כתוצאה מקליטת מים על ידי הצמח. קליטת המים היתה בקצב קבוע (3.9 ו-3.8 ל' לשעה, בטיפולים C ו-D, בהתאמה, נספח IX אמצע), זאת למרות שינויים בדרישת המים האטמוספירית (VPD, ראה נספח VIII למטה) ושינויים בזמינות המים במצע כתוצאה מהתייבשות (אינו מוצג). משקל הכלים בטיפולים A ו-B שהושקו בתדירות גבוהה (18 דקות השקיה כל חצי שעה, משעה 04:00 עד 19:00) הגיב להשקיה במנות קטנות ועלה כל פעם שהחלה השקיה וירד עם סיומה כתוצאה מהתנקזות המים ודיות על ידי הצמח (נספח IX עליון ואמצע). הירידות החדות במשקל כלי מטיפול A הן תוצאה של הפרעות חשמליות. משעה 07:00 קצב הניקוז של מים מטיפול A ירד בהתמדה עד שכמעט ופסק בשעה 16:00 ולאחר מכן הוא עלה (נספח IX אמצע). הצמח בטיפול זה היה הגדול בניסוי והירידה בניקוז היא תוצאה של עלייה בדיות. צמח B היה קטן יותר ולכן קצב הניקוז היה כמעט אחיד במהלך היום. משקל כלים מטיפולים E ו-D שלא הושקו באותו יום ירד במתינות בשעות הבוקר ולאחר מכן ירד בקצב קבוע של 2.0 ו-4.0 ל' לשעה בטיפולים E ו-D בהתאמה. העץ בטיפול E נפגע בהעברתו למתקן השקילה ולכן הדיות שלו היה נמוך בהשוואה לעצים מטיפולים אחרים. הקצב הקבוע של ירידה במשקל הכלי מטיפולים E ו-D של הושקו (נקז = 0, השקיה = 0) מצביע על קצב דיות קבוע שלא היה שונה מהותית מקצב הדיות של עצים בשעות הבוקר של אותו יום (טיפולים C ו-D, נספח IX), זאת למרות שינויים בדרישת המים האטמוספירית (VPD, ראה נספח VIII למטה) ושינויים בזמינות המים במצע כתוצאה מהתייבשות. קצב הדיות המחושב מוצג בנספח IX תחתון והוא תוצאה של התנדדות במשקל ושל הנקז במהלך היממה. צמח מטיפול A היה הגדול ביותר ולכן כמות המים שדיית היתה הגדולה ביותר (73 ל' ליממה). כמות המים שדויתה על ידי צמחים מטיפולים B, C, D, E ו-F היתה 40, 45, 58, 20 ו-44 ל' ליממה, בהתאמה. כמות המים שניתנה בהשקיה באותו יום היתה 160 ל' ליממה.

## סיכום ותכניות לשנים הבאות:

- א. הטיפולים בניסוי גרמו להבדלים משמעותיים בתכולת המים במצע למרות זאת, לא נמדד הבדל משמעותי בקיבוע CO<sub>2</sub>, מוליכות פיוניות, פוטנציאל מים בגזע ו\או בעלים בין הטיפולים. ייתכן כי פתיחת הפיוניות בעלי אבוקדו בעמק הירדן מושפעת בעיקר מתנאי אקלים (טמפרטורה, לחות יחסית, גרעון מים אטמוספרי).
- ב. 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 בניסוי.
- ג. השנים 2007 ו-2008 היו שנים של צימוח ווגטיבי בלבד ולכן יש להתייחס בזהירות לממצאים שנאספו. שנת 2009 תהיה שנת היבול הראשונה ולכן יש לעקוב אחר השפעת הטיפולים על התפתחות העצים ועל יכול הפרות.

## רשימת ספרות

- אדטו, י. 2002 א'. ניסויים באבוקדו באזורי עמק הירדן ועמק בית שאן 2001, דו"ח מוגש לצמח ניסיונות ולועדת מגדלים סובטרופיים.
- אדטו, י. 2002 ב'. ניסויים באבוקדו באזורי הגליל העליון ודרום רמת הגולן 2001. דו"ח מוגש למו"פ צפון ולועדת מגדלים סובטרופיים.
- אדטו, י. 2003 א'. ניסויים באבוקדו באזורי עמק הירדן ועמק בית שאן 2002, דו"ח מוגש לצמח ניסיונות ולועדת מגדלים סובטרופיים.
- אדטו, י. 2003 ב'. ניסויים באבוקדו באזורי הגליל העליון ודרום רמת הגולן 2002, דו"ח מוגש למו"פ צפון ולועדת מגדלים סובטרופיים.
- אדטו, י. 2004 א'. ניסויים באבוקדו באזורי עמק הירדן ועמק בית שאן 2003, דו"ח מוגש לצמח ניסיונות ולועדת מגדלים סובטרופיים.
- אדטו, י. 2004 ב'. ניסויים באבוקדו באזורי הגליל העליון ודרום רמת הגולן 2003, דו"ח מוגש למו"פ צפון ולועדת מגדלים סובטרופיים.
- נוי, מ. 2004. ענף האבוקדו-סקירה. עלון הנוטע, נובמבר.
- Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., Goren, R. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *J. Plant Nutr.*, 20, 715-731.
- Castillo-Gonzalez, A. M., Tirado-Torres, J. L., Rubi-Arriaga, M. Avitia-Garcia, E. 2000. Seasonal variation in nutrient concentration in leaves and inflorescences of avocado. *J. Plant Nutr.*, 23, 663-671.
- Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A., Nastou, A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Hort.* 95, 39-50.
- Crowley, D. E., Smith, W., Faber, B., Manthey, J. A. 1996. Zinc fertilization of avocado trees. *Hortscience*, 31, 224-229.

- Lahav, E. 1995. Avocado nutrition - a review. *Proc. III World Avocado Congress*. Tel Aviv, Abstr. p. 121.
- Lahav, E. & Zamet. D. 1999. Mineral losses of avocado tree resulting from abscission of flowers, fruitlets and fruits. *Proc. IV World Avocado Congress*. Mexico, Abstr. p. 101-102.
- Lahav, E. and Aycicegi-Lowengart, A. 2003. Avocado mineral nutrition, the water-nutrients relationship. V Congreso Mundial del aguacate, Granada - Malaga, Spain. *Actes* 1:349-357.
- Lovatt, C. J. 2001. Properly timed soil-applied nitrogen fertilizer increases yield and fruit size of 'Hass' avocado. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 126, 555-559.
- Razeto, B., Salgado, J. 2004. The inflorescence and fruit peduncle as indicators of nitrogen status of the avocado tree. *Hortscience*, 39, 1173-1174.
- Schaffer, B., Whiley, A.W., Searle, C. 1999. Atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry-matter partitioning in subtropical and tropical fruit crops. *Hortscience* 34, 1033-1037.
- Schaffer, B., Whiley, A. 2003. Environmental regulation of photosynthesis in avocado trees – a mini-review. *Proc. V World Avocado Congress*, p 335-342.
- Whiley, A.W., Chapman, K.R. Saranah, J.B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* cv. Fuerte) during flowering. 1988. *Aust. J. Agric. Res.* 39, 457-467.
- Zilcah, S., Yeselson, Y., David, I. and Kein, I. 2000. Effect of seasonal phenological stage on uptake and distribution of <sup>15</sup>N-labeled ammonium and nitrate in young avocado trees. *Acta Hort.* 511, 107-113.

## טבלאות

### טבלה 1. פרוט הטיפולים בשנים 2007 ו-2008.

יחס אמון:חנקן (N-NO <sub>3</sub> :N-NH <sub>4</sub> )	תדירות השקיה	טיפול
גבוה <sup>1</sup>	לפי מנת המים הכללית	A
גבוה: 10-30 פעימות ביום, לפי מנת המים הכללית		B
נמוך <sup>2</sup>	לפי מנת המים הכללית	
גבוה	בינונית: יומית	C
נמוך	בינונית: יומית	D
גבוה	נמוכה: דו-יומית	E
נמוך	נמוכה: דו-יומית	F

<sup>1</sup> - אמון גבוה: בשנת 2007 דשן "גופר 5-2-5", בשנת 2008 דשן "גופר 4-2-6" של חברת דשנים וחומרים כימיים בע"מ;  
<sup>2</sup> - אמון נמוך: בשנת 2007 דשן "שפר 7-3-7", בשנת 2008 דשן "שפר 4-2-8" של חברת דשנים וחומרים כימיים בע"מ".  
 הדשן סופק במנה אחידה לאורך כל ההשקיה באמצעות משאבות מנתיות. ריכוזי החנקן, זרחן ואשלגן במי הטפטפת היו אחידים לכל הטיפולים: 40, 6 ו- 40 מ"ג לליטר, בהתאמה, ריכוזי ברזל, אבץ ומנגן היו: 0.1, 1 ו- 0.2 מ"ג לליטר, בהתאמה.

**טבלה 2.** השפעת הטיפול בניסוי על ריכוז יסודות מזון בעלים צעירים (Young) ומבוגרים (Mature) בתאריך 17 יולי 2007. ממוצע של בדיקות עלים שנעשו בשנת הגידול השנייה (2 יולי 2008) ונתוני Lahav&Aycicegi-Lowengart (2003) עבור עלים מבוגרים של אבוקדו מהזן האס מובאים לשם השוואה בשורה התחתונה.

Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	Cl	K	P	N	Treatments
mg kg <sup>-1</sup>			g 100g <sup>-1</sup>						
<b>Young</b>									
85	92	140	0.18	0.33	0.10	1.87	0.36	2.77	<b>A</b>
90	98	103	0.20	0.35	0.03	2.01	0.40	2.78	<b>B</b>
116	89	142	0.20	0.36	0.11	1.93	0.41	3.04	<b>C</b>
95	99	137	0.21	0.39	0.09	2.03	0.39	2.89	<b>D</b>
135	100	153	0.24	0.46	0.10	1.81	0.36	2.93	<b>E</b>
83	106	143	0.23	0.39	0.06	1.91	0.37	2.75	<b>F</b>
101	97	137	0.21	0.38	0.08	1.92	0.38	2.87	<b>Mean</b>
0.346	0.805	0.118	<b>0.027</b>	<b>0.012</b>	0.304	0.444	0.803	0.556	<b>Treatment effect<sup>1</sup></b>
85.6	40.2	50.2	0.051	0.096	0.103	0.342	0.107	0.543	<b>LSD<sub>0.05</sub></b>
0.461	0.522	0.127	<b>0.009</b>	<b>0.009</b>	0.414	0.302	0.512	0.351	<b>Irg<sup>2</sup></b>
0.143	0.316	0.098	0.449	0.977	0.057	0.116	0.673	0.350	<b>NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub><sup>3</sup></b>
<b>67</b>	<b>71</b>	<b>195</b>	<b>0.25</b>	<b>0.49</b>	-	<b>1.97</b>	<b>0.30</b>	<b>2.36</b>	<b>2008</b>
<b>Mature</b>									
52	200	274	0.56	1.15	0.18	0.84	0.16	2.05	<b>A</b>
68	87	174	0.58	1.04	0.16	1.03	0.19	2.09	<b>B</b>
53	164	244	0.69	1.44	0.29	0.79	0.18	2.15	<b>C</b>
44	106	201	0.67	1.29	0.30	0.97	0.18	1.98	<b>D</b>
54	155	205	0.60	1.21	0.34	1.01	0.18	2.09	<b>E</b>
65	131	205	0.76	1.52	0.20	0.80	0.17	2.03	<b>F</b>
<b>56</b>	<b>140</b>	<b>217</b>	<b>0.64</b>	<b>1.27</b>	<b>0.25</b>	<b>0.91</b>	<b>0.17</b>	<b>2.07</b>	<b>Mean</b>
0.594	< <b>0.0001</b>	<b>0.0004</b>	<b>0.0058</b>	<b>0.0103</b>	0.195	0.159	0.328	0.878	<b>Treatment effect</b>
45.7	57.0	57.9	0.154	0.393	0.260	0.357	0.044	0.442	<b>LSD<sub>0.05</sub></b>
0.466	0.916	0.596	<b>0.0164</b>	<b>0.0172</b>	0.107	0.842	0.908	0.994	<b>Irg</b>
0.475	< <b>0.0001</b>	<b>0.0015</b>	0.155	0.860	0.334	0.478	0.431	0.423	<b>NH<sub>4</sub>:NO<sub>3</sub></b>
<b>47</b>	<b>131</b>	<b>252</b>	<b>0.47</b>	<b>0.91</b>	-	<b>1.29</b>	<b>0.19</b>	<b>2.22</b>	<b>2008</b>
<b>19</b>	<b>127</b>			<b>1.9</b>	<b>0.16</b>	<b>0.75</b>	<b>0.13</b>	<b>1.82</b>	<b>Haas<sup>4</sup></b>

<sup>1</sup> – בחינה של השפעת ששת הטיפולים בניסוי; <sup>2</sup> – בחינה של השפעת שלושת טיפולי תדירות ההשקיה; <sup>3</sup> – בחינה של

שני טיפולי הדישון; <sup>4</sup> – נתונים נלקחו מ: Lahav&Aycicegi-Lowengart (2003)



**תמונה 1.** שמאל: חביות בתוך התעלות; ימין: הנחת החביות בתעלה וכיסוי בעפר.



**תמונה 2.** שמאל: מבט כללי על חלקת הניסוי; ימין: שתילה.

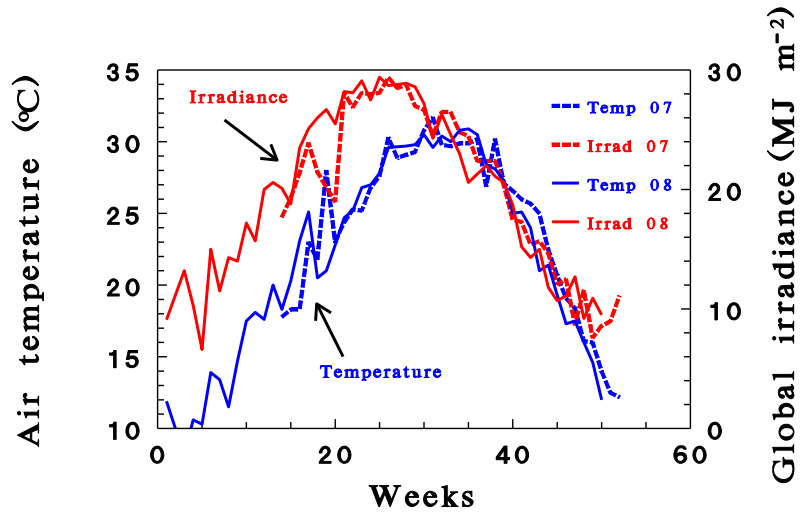


**תמונה 3.** שמאל: כלים לאיסוף נקז; ימין: מערכות מדידה של קוטר הגזע (דנדרומטרים).

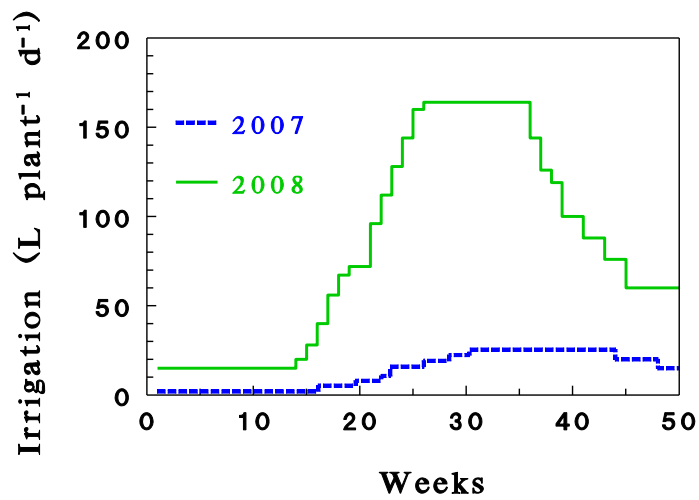
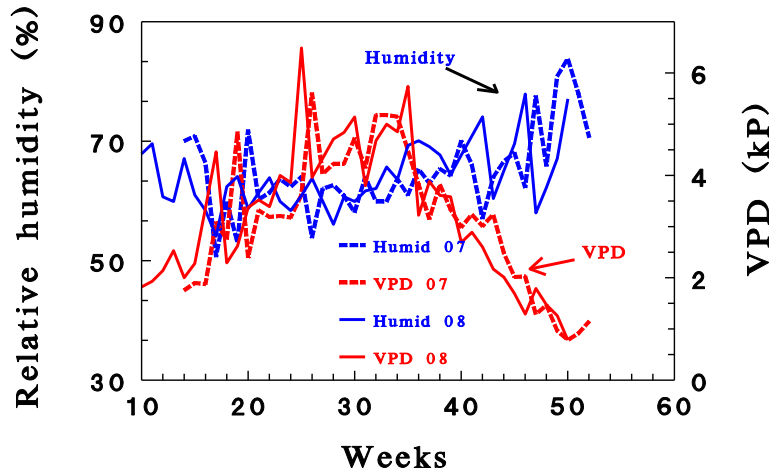


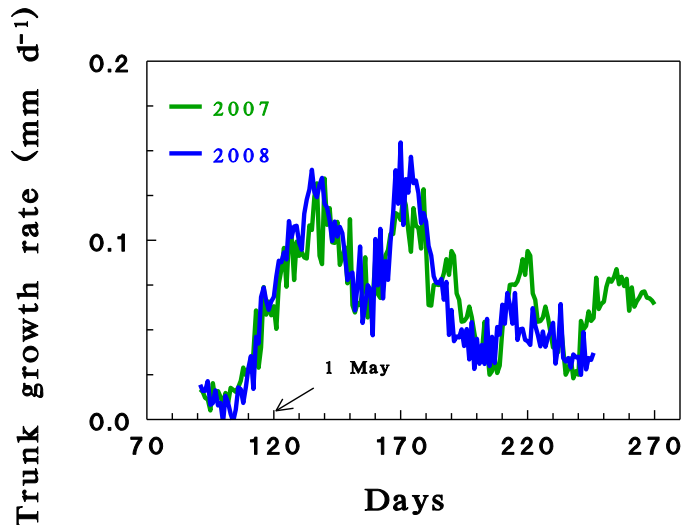
**תמונה 4.** מערכות למדידות רציפות של שינויים במשקל מיכלי הגידול ונפח המים המתנקזים מהם. שמאל: מערכות איסוף נקז אוטומטיות. הנקז ממיכלי הגידול נאסף בצינור אל כלי (מכוסה בדלי). חיישן לחץ המחובר לכלי האיסוף (משמאל) מודד באופן רציף את הלחץ במיכל, הנתונים מועברים למחשב צמוד האוסף את נתוני הלחץ ומחשב על פי עקום כיוול מיוחד את נפח הנקז הנאסף בכלי. כאשר גובה המים בכלי האיסוף מגיע לערך מוגדר נשלחת פקודה (באמצעות תכנה המותקנת במחשב) לפתיחה של ברז חשמלי הנמצא בתחתית הכלי לריקון המים. ימין: מערכת למדידה רצופה של משקל הכלי. מיכל הגידול הונח על מאזניים המוצבות בתוך מיכל (צהוב). לאחר ההתקנה המיכל הוטמן בקרקע למניעה של קרינה ישירה והתחממות המצע. המאזניים חוברו למחשב האוסף את הנתונים ומאפשר חישוב של כמות המים הנצברת במיכל הגידול במהלך היום (כתלות במשטר ההשקיה).

## נספחים

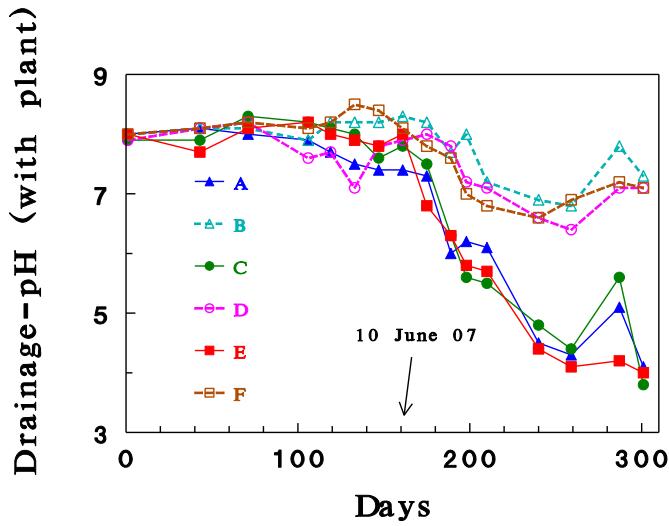


נספח I. נתונים מטאורולוגיים וכמות המים שנתנה בהשקיה בשנים 2007 ו-2008. עליון: טמפרטורה ממוצעת וקרינה גלובלית; אמצעי: לחות יחסית וגרעון מקסימלי בלחץ אדים (VPD); תחתון: מנת מים יומית לצמח.

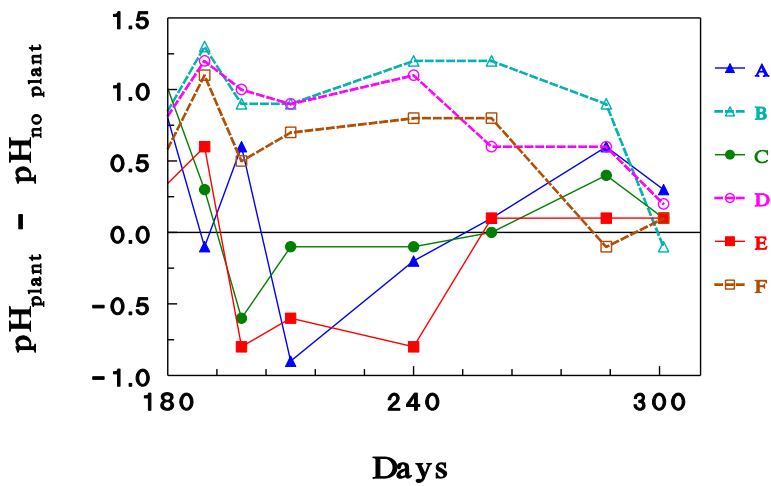




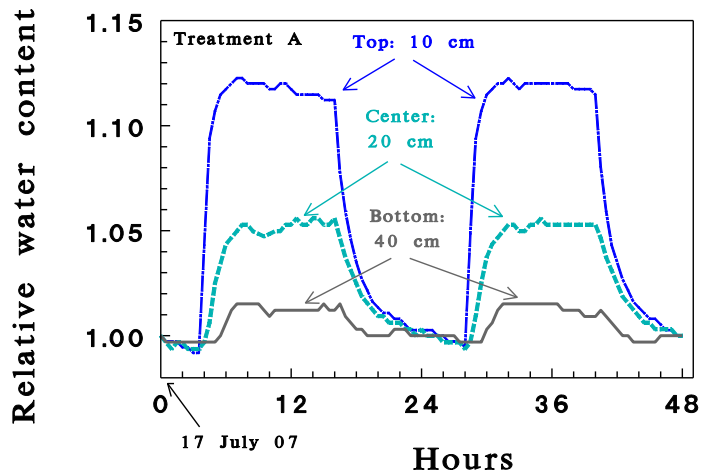
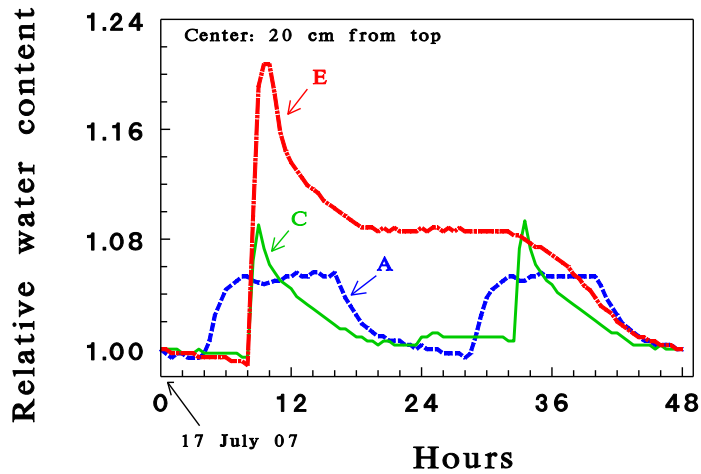
**נספח II.** קצב גידול ממוצע של הגזעים בשנים 2007 ו-2008. מכל טיפול נמדדו ארבעה עצים. יום האפס הוא הראשון בינואר.



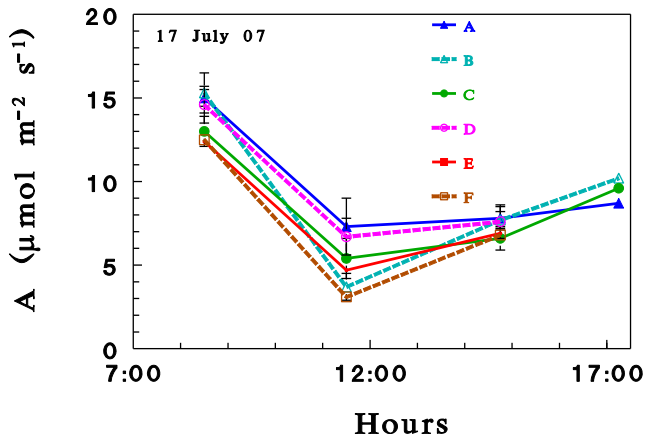
**נספח III.** עליון: השפעת הטיפולים בניסוי על ה-pH בתשפים מכלים עם צמחים במהלך שנת 2007; תחתון: ההפרש ב-pH בין תשפים מכלים עם צמחים לבין תשפים מכלים ללא צמחים במהלך שנת 2007. יום האפס הוא הראשון בינואר 2007.



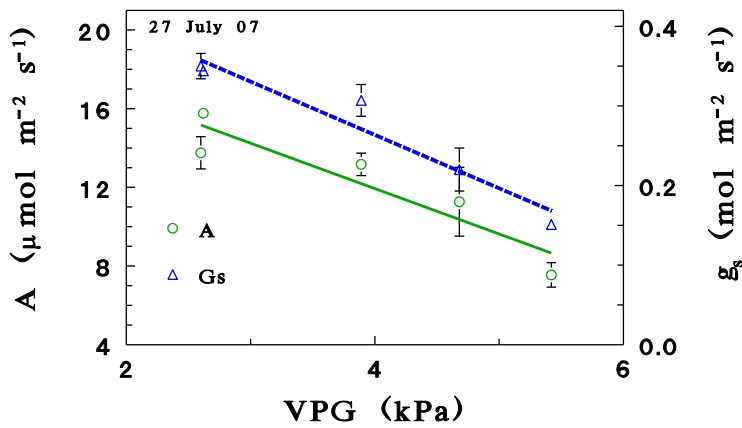
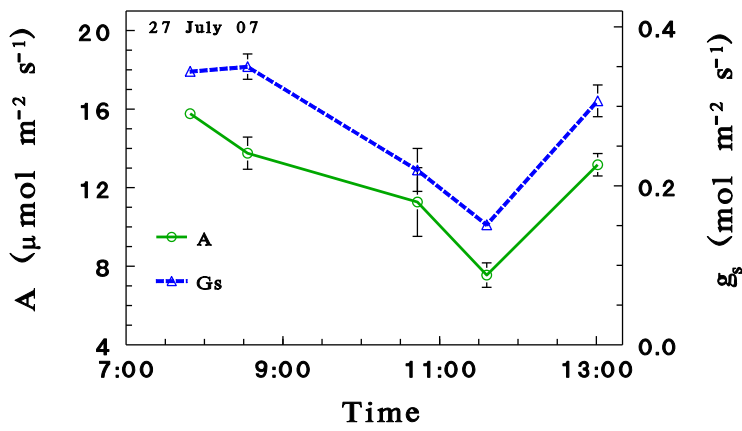


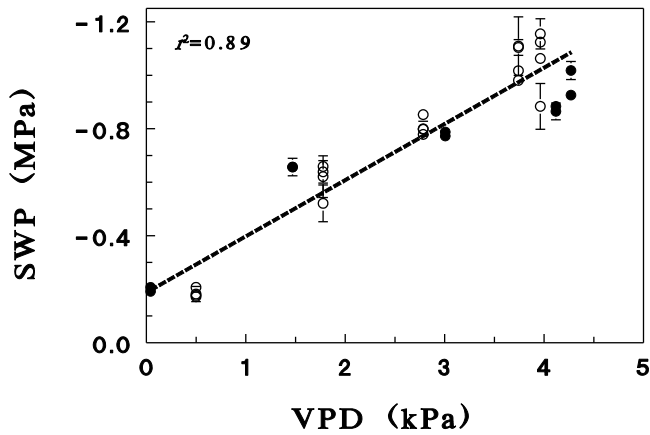
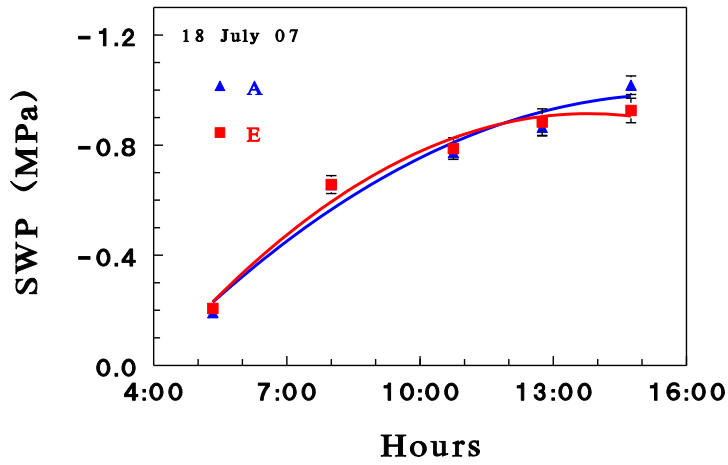
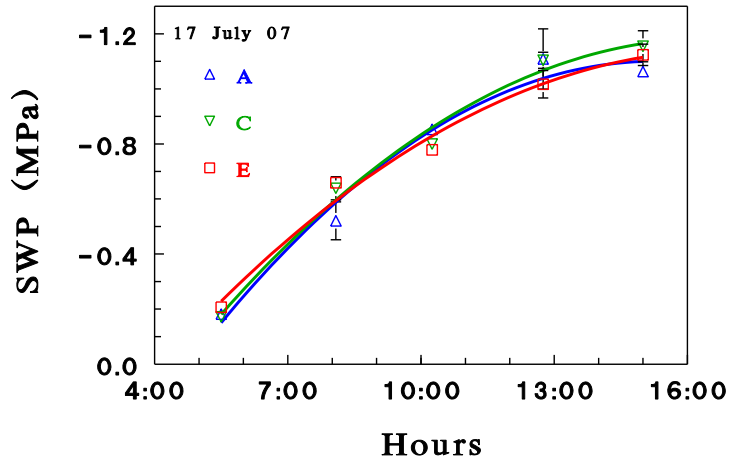


נספח IV שינויים יחסיים בתכולת המים במצע הגידול במהלך שתי יממות (17 ו-18 יולי 2007). שינוי יחסי בתכולת מים: תכולת מים ברגע נתון (נמדד באמצעות מכשירי  $ECH_2O$ ) מחולקת בתכולת המים בזמן אפס (שעה 0:00, 17 יולי 2007). עליון: השפעת תדירות ההשקיה על שינויים יחסיים בתכולת המים במרכז כלי הגידול. A - תדירות גבוהה מאוד במהלך היממה, C - מנה יומית אחת, E - מנה כל יומיים. תחתון: השפעת העומק על שינויים יחסיים בתכולת המים בטיפול A (השקיה בתדירות גבוהה מאוד במהלך היממה).

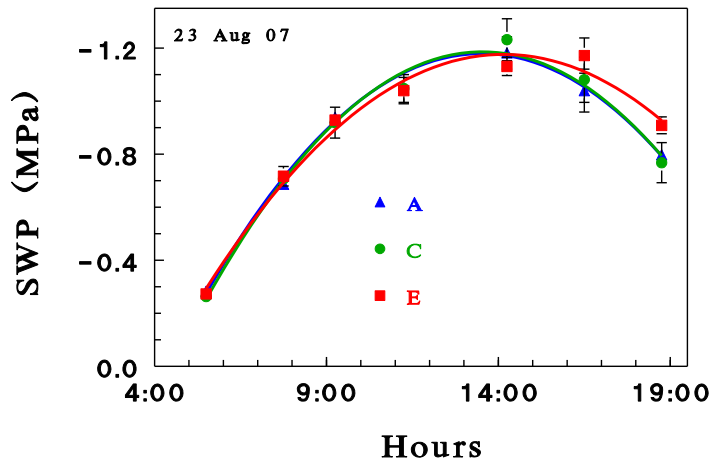


**נספח V.** עליון: השפעת הטיפולים בניסוי על קיבוע CO<sub>2</sub> במהלך היממה (פוטוסינתזה - A) במהלך היממה; אמצע: קיבוע CO<sub>2</sub> ומוליכות פיוניות (Gs) במהלך יממה (27 יולי 2007) בעלי עץ שהושקה בתדירות גבוהה (טיפול A); תחתון: הקשר בין גרעון מים בעלה (VPG) לבין הפוטוסינתזה (A) ומוליכות הפיוניות (Gs).

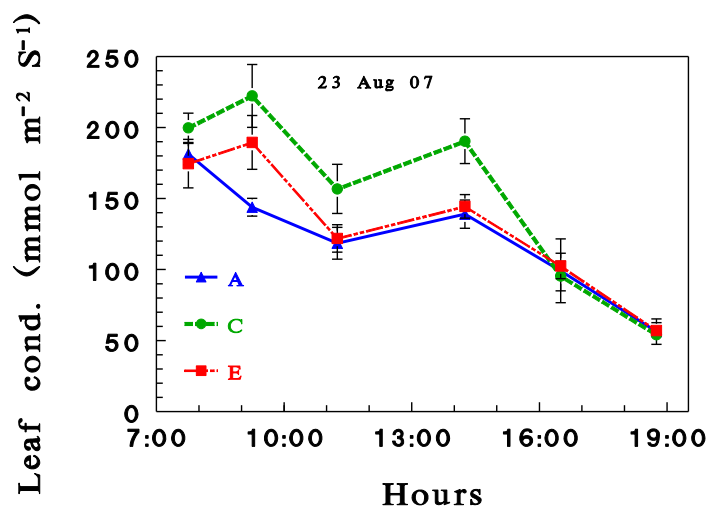
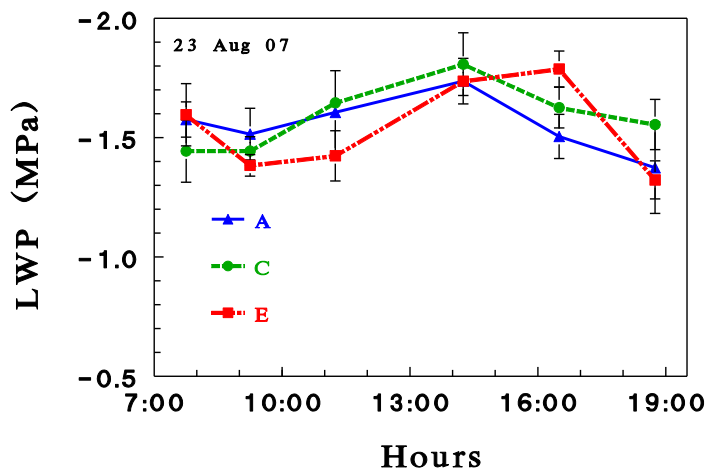




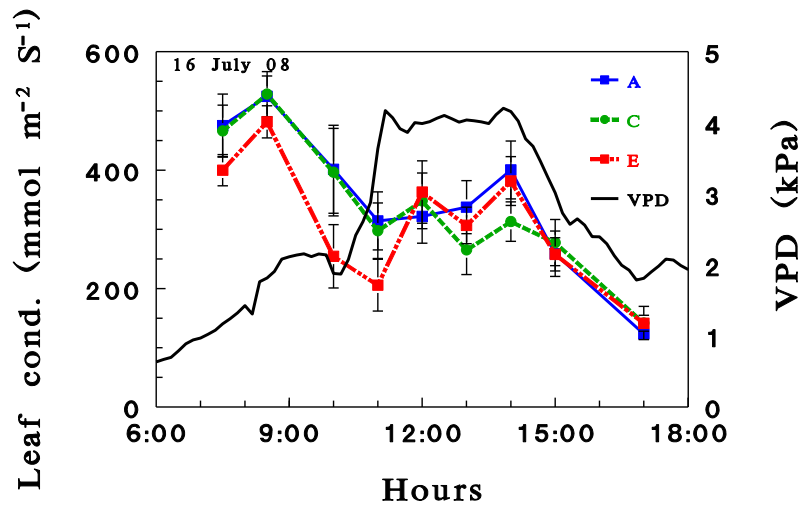
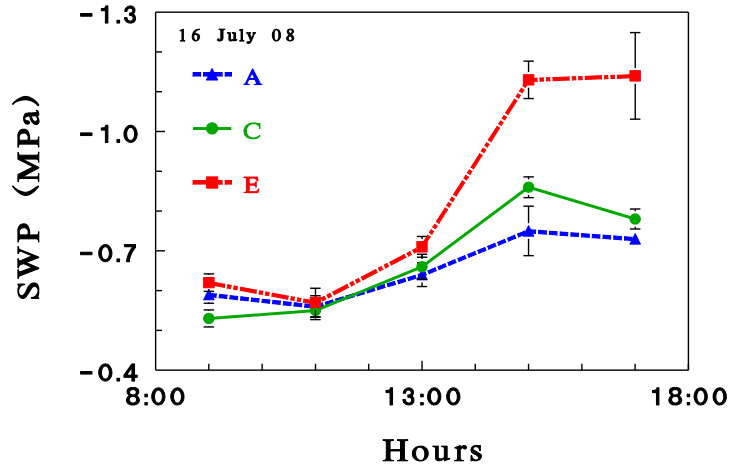
**נספח VI.** השפעת הטיפולים בניסוי על פוטנציאל מים בגזע במהלך היממה. עליון: פוטנציאל מים בגזע במהלך יממה בה כל הטיפולים הושקו (17 יולי 2007); אמצעי: פוטנציאל מים בגזע במהלך יממה (18 יולי 2007) כאשר טיפול A הושקו ואילו טיפול E הושקו ביממה הקודמת; תחתון: הקשר בין פוטנציאל מים בגזע לבין גרעון המים האטמוספרי במהלך היממה.



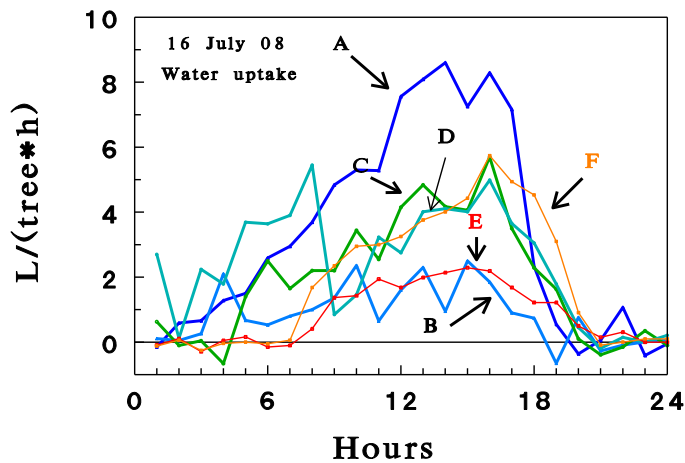
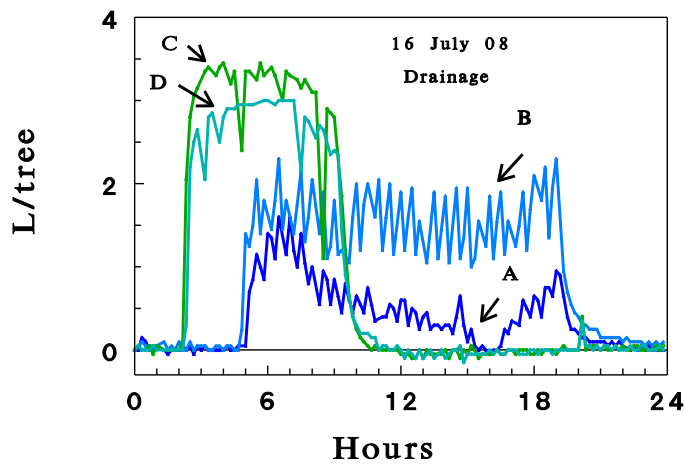
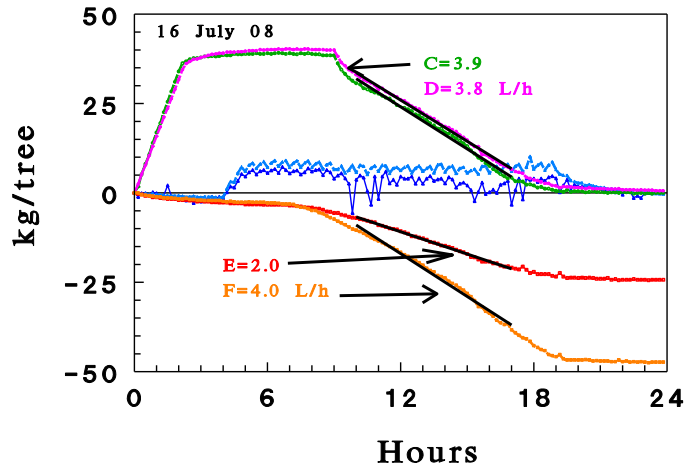
נספח VII. השפעת הטיפולים  
 בניסוי ביום 23 אוגוסט 2007 על:  
 עליון - פוטנציאל מים בגזע; אמצעי  
 - פוטנציאל מים בעלים; ו- תחתון -  
 מוליכות פיוניות. טיפולים A ו-C -  
 הושקו במהלך היממה ואילו טיפול  
 E הושקו ביממה קודמת.



**נספח VIII.** השפעת הטיפולים בניסוי ביום 16 יולי 2008 על: עליון - פוטנציאל מים בגזע; ו - תחתון - מוליכות פיוניות (קו שחור: ערכי VPD באותו יום). טיפולים A ו-C הושקו במהלך היממה ואילו טיפול E הושקה ביממה קודמת.



**נספח IX.** השפעת השפעת הטיפולים בניסוי ביום 16 יולי 2008 על: עליון – תנודות במשקל הכללי; אמצעי – נפח נקז; ו – תחתון – צריכת מים. טיפולים A, B, C, D-ו הושקו במהלך היממה ואילו טיפולים E ו-F הושקו ביממה קודמת.



### מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

המטרה הכללית של מחקר זה היא 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 גורמי ממשק שונים כגון: תדירות ההדשיה והיחס בין אמון לחנקה על התפתחות השורשים ומיקומם במרחב ועל הצימוח הווגטיבי; (ב) מדידה ישירה של דיות (נפח נקז, מדידת Heat-pulse) והשוואה למדידות לא ישירות של מצב המים בצמח כגון שינויים בקוטר הגזע (דנדרומטרים), פוטנציאל מים בגזע או בעלים במהלך תקופות הגידול ובנייה של פרוטוקול לבקרה של מנות המים המיושמות במהלך השנה.

### עיקרי הניסויים בתקופת הדו"ח:

המחקר התבצע בצמח, עמק הירדן ובו נבחנת ההשפעה של ממשקי הדשיה שונים על עצי אבוקדו מזן האס (מורכבים על כנת וגטיביית דגניה 117) שתולים בתוך כלים עם פרליט. בניסוי נבחנו הגורמים הבאים: (א) תדירות ההשקיה – גבוהה (10-30 השקיות ביום, לפי מנת המים הכללית); בינונית (אחת ליום) ונמוכה (כל יומיים) ו-(ב) יחס בין אמון לחנקה במי ההשקיה.

### מסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

1. הטיפולים בניסוי גרמו להבדלים משמעותיים בתכולת המים במצע. למרות זאת, לא נמדד הבדל משמעותי בקיבוע  $CO_2$ , מוליכות פיוניות, פוטנציאל מים בגזע ו/או בעלים בין הטיפולים. ייתכן כי פתיחת הפיוניות בעלי אבוקדו בעמק הירדן הושפעה בעיקר מתנאי אקלים (טמפרטורה, לחות יחסית, גרעון מים אטמוספרי?).
2. 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 הלבלוב.
3. דישון באמון הביא לירידה חזקה ב-pH בבית השורשים (הרכב תמיסות הדשן בשנת 2008 שונה על מנת למנוע ירידה ב-pH מתחת ל-5 pH מחד, ולהביא לעלייה ב-pH מעל ל-7.5 pH מאידך).
4. טיפולי הדישון ותדירות ההשקיה השפיעו על הרכב יסודות המזון בעלים.
5. השנים 2007 ו-2008 היו שנים של צימוח ווגטיבי בלבד ולכן יש להתייחס בזהירות לממצאים שנאספו. שנת 2009 תהיה שנת היבול הראשונה ולכן יש לעקוב אחר השפעת הטיפולים על התפתחות העצים ועל יכול הפרות.

### האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

חקלאים ומדריכי גידול רבים מבקרים באתר הניסוי.

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