

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 596-0383-09

לימוד ההשפעות ארוכות הטווח של ההשקיה בקולחים על עץ האבוקדו בקרקעות שונים.

Long term study on the effect of wastewater irrigation on avocado grown in different soil types

גרנות אבוקדו	צוות החוקרים: מרים זילברשטיין
שירות שדה, שה"מ.	ענת לוינגרט – אייז'יז'יי
מכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי	שמואל אסולין
המכון לחקר הגולן	עמוס נאור
חוזה לנסיונות עכו	עמנואל להב
מכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי.	רמי קרן
מחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות	יונה חן
מכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי	דרור מינץ

בשיתוף עם: שמואל פרידמן, בוריס נפתלייב, יצחק רגב, הדר כהן, עמרם אשל, נעם יחיאלי, גואל יקוטי, רותי סטרול ושמואל לוי

ינואר 2011

שבט תשע"א

. Zilberstaine miriam, Granot Avocado, Emeq Hefer,

E-mail: mirzil@012.net.il

Lowengart Anat, Extension Service, M.O.A., Western Galilee, 25212.

E-mail: anatlw@shaham.moag.gov.il

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/ לא

חתימת החוקר _____

רשימת פרסומים: לא נכתבו מאמרים. פורסמו דוחות מדעיים (למדען ולאיוורים) וניתנו הרצאות בכנסי מגדלים.

תקציר:

המחקר התבצע בשני אזורים: מטע בהמעפיל (קרקע בינונית) ומטע בחוות עכו (קרקע חרסיתית). בשני האתרים נבחנו הזנים אטינגר והאס, על גבי כנות וגטטיביות. מטרת המחקר הינה זיהוי הגורמים האחראיים לפגיעה זו בכושר קליטת המים. שני גורמים עיקריים נבחנו: (א) גורם מגביל באחד ממרכיבי שרשרת ההולכה מהקרקע לעלה; (ב) משטר החמצן וזמינותו בבית השורשים. בחלק ניכר של המדידות בעכו נמדדו ערכי פוטנציאל מים בגזע שליליים יותר בגזעי העצים אשר הושקו במי קולחים בהשוואה לאלו שבעצים שהושקו במים שפירים. נמדדו מתחי מים בקרקע המושקית במי קולחים נמוכים יותר מאלו שבקרקע המושקית במים שפירים. מספר ומשקל הפירות המצטבר בעצים המושקים במי קולחים בעכו היה נמוך יותר, בשני הזנים. כ-20% פחיתה ביבול עצי הזן אטינגר (2007-2010) וכ-30% פחיתה ביבול עצי הזן האס (2008) המושקים במי קולחים. בקרקע הכבדה נמדדה ירידה עם העומק של החמצן, המודגשת יותר בהשקיה בקולחים, ותמונה משלימה של עליה עם העומק של דו-תחמוצת הפחמן, כאשר הריכוז בקרקע המושקת בקולחים גבוה יותר. מדידות בעכו לחידור הקרקע למים בשדה ובמעבדה הצביעו על חידור מצטבר קטן יותר בקרקעות המושקות קולחים. הפער בין תנאי השדה למעבדה במונחים של חידור גדול יותר בתנאי השדה שם החידור בקרקע המושקת קולחים הוא הנמוך ביותר. בעכו הוצבו מערכות לדגימת שורשים. ניתוח התוצאות הראשוניות שנאספו ב-2010 מצביע על כך שלעצים המושקים בקולחים יש מערכות שורשים פחות מפותחות מאשר לאלה המושקים בשפירים. התופעה הזאת לא נובעת כתוצאה מהשפעה מקומית של תנאי הקרקע על צמיחת השורשים, אלא מהבדלים בצמיחת העץ כולו.

מבוא:

ההיפותזה שעמדה בבסיסו של המחקר עד כה, התמקדה בהשפעת מרכיבי המליחות (כלוריד ובורון) על גידול האבוקדו. מממצאי המחקרים בשני אתרי הניסוי לא ניתן עד כה להצביע על כך שריכוזי הכלוריד והבורון שנבחנו היוו את הגורמים המגבילים העיקריים (בטווח הזמן שנבחן במחקר). ריכוזי הכלוריד במעפיל היו גבוהים מאלו שבעכו אך במעפיל לא נצפתה ירידה ביבול ו/או פגיעה משמעותית בעץ. בעכו, נמדדה פחיתה יבול מובהקת ורב שנתית בטיפולים שנחשפו להשקיה במי קולחים. נמצאה פגיעה מובהקת ורב שנתית בגידול הוגטטיבי של העצים המושקים במי קולחים. בנוסף, נמצאו בעכו הבדלים ברורים בפוטנציאל המים בגזע ומתח מים בקרקע כתלות בסוג המים. פוטנציאל המים בגזע בעצים המושקים במי קולחים היה נמוך (שלילי יותר) מזה שבעצים המושקים במים שפירים, בעוד שמתחי המים בקרקע המושקית במי קולחים היו נמוכים יותר (פוטנציאל מים גבוה יותר). ניתן היה לחשוב שפוטנציאל המים בגזע השלילי יותר בהשקיה בקולחים נובע מלחץ אוסמוטי שלילי יותר בקרקע עקב מליחות גבוהה יותר. אולם המוליכות החשמלית וריכוז כלוריד בקרקע המושקית במי קולחים בעכו נמוכים מאלו בקרקע המושקת בשפירים החל משנת 2001 ואילך למרות ריכוזי כלוריד נמוכים יותר במים השפירים, וזאת לאחר שהמגמה הייתה הפוכה בשנים הראשונות (מ-1996 עד 2001). מהאמור לעיל, נראה כי תגובת האבוקדו להשקיה במי קולחים שונה בקרקעות שונות (לא נמצאה תגובה לריכוזי כלוריד ובורון במעפיל ונמצאה פחיתה ביבול ופגיעה בגידול העץ בעכו) וכנראה שבחלקת עכו מתקיימים גורמים מגבילים נוספים. הפרש קטן יותר בקולחים בין פוטנציאל המים בקרקע לזה שבגזע, יחד עם רטיבות נמוכה בשפירים ומליחות גבוהה יותר מצביעים על אפשרות של מיגבלת קליטת מים ע"י העץ, כאשר הפגיעה יכולה להיות באחד ממרכיבי כושר ההולכה מהקרקע עד לצינורות העצה בגזע. פגיעה בכושר קליטת המים ע"י העץ יכולה גם לנבוע משינוי במשטר החמצן וזמינותו לצמח.

מטרת המחקר הנוכחי הינה זיהוי הגורמים האחראיים לפגיעה זו בכושר קליטת המים. שני גורמים עיקריים נבחנו: (א) גורם מגביל באחד ממרכיבי שרשרת ההולכה מהקרקע לעלה; (ב) משטר החמצן וזמינותו בבית השורשים.

פרוט הניסויים שבוצעו לתקופת הדו"ח:

המחקר מתבצע בשני האזורים המרכזיים של גידול אבוקדו, הנבדלים בסוגי הקרקעות ובטיב מי הקולחים: במטע מסחרי בעמק חפר, בקיבוץ המעפיל (קרקע בינונית) ובמטע בחוות עכו (קרקע חרסיתית)

I. ניסוי השקיית אבוקדו בקולחים בקרקע בינונית-קלה-(ניסוי המעפיל)

המטע ניטע ביולי 1991, על שטח של כ-30 דונם, בקיבוץ המעפיל. הקרקע בינונית, חול חמרה, עם שוני רב באזורים השונים של המטע. מקורות המים לניסוי הם - מים שפירים מבאר מקומית וקולחי נתניה. **הזנים הכלולים** בניסוי הם האס ואטינגר, המורכבים על כנות מצטיינות בתנאי מליחות. הזן **אטינגר** נטוע על כנות וגטטיביות: VC40, VC51. בזן **האס**: דגניה 117,

דגניה 189 וכנת VC51. הניסוי כולל 6 טיפולים, בכל טיפול 96 עצים המחולקים ל 4- בלוקים באקראי. בכל טיפול בכל בלוק 24 עצים 8 עצים לכל צירוף. הטיפולים בניסוי הם: א. שפירים קיימים (עפ"י הפירוט למעלה). ב. קולחים קיימים (עפ"י הפירוט למעלה). ג. קולחים קיימים ומומלחים עד 400 מ"ג/ל' כלורידים*. ד. קולחים קיימים בתוספת בורון עד 0.7 ח"מ. ה. קולחים קיימים ומומלחים עד 400 מ"ג/בל' כלורידים ובתוספת בורון עד 0.8 ח"מ בורון. ו. שפירים קיימים בתוספת בורון עד 0.8 ח"מ.

* המלחים מורכבים מ CaCl_2 ו MgCl_2 ביחסים שונים.

* פירוט על ממשק ההשקיה והדישון – ראה בנספח 5 טבלה 2 (א – ג).

II. ניסוי השקיית אבוקדו בקולחים בקרקע חרסיתית (ניסוי עכו): הניסוי מתבצע בשתי חלקות צמודות, כל אחת בשטח של כ-10 ד'. החלקה הותיקה ניטעה באביב 1993 (להלן 'חלקת 93') בזנים אטינגר והאס המורכבים על גבי 3 כנות זריעות מערב הודיות וכנה מכסיקנית (אילון), דגניה 113, נחל-עוז 8 באטינגר ואילון 1, דגניה 62 ונחל עוז 8 (האס). החלקה הצעירה יותר ניטעה בשנת 1996 (להלן 'חלקת 96'), גם היא בזנים אטינגר והאס על כנות וגטטיביות מכסיקניות ומע"ה (VC 189), VC66 ו-VC 51 בהאס, VC 51, VC 28, VC 65 באטינגר). שתי החלקות מושקות בטפטוף וקיבלו עד לעונת 2007 את אותם הטיפולים. בחלקת 96 עצי אטינגר ו-133 עצי האס המאפשרים 4 טיפולים ב-4 חזרות. הניסוי בשנים 1996 עד תחילת 2007 היה זהה לזה של 'חלקת 93'. גם בחלקה זו הוסב הטפטוף כולו לעילי בעונת 2007 וכדי לנסות ולבחון מהם הגורמים התורמים להבדלים בין סוגי המים נבנו הטיפולים הבאים, בכל אחד מהזנים: המשך השוואה בין השקיה במים שפירים למי קולחים (על בסיס ה'היסטוריה' של טיפולים אלו, מ-1996) והשוואה בין השקיה במים שפירים לטיפול שפירים אשר הוסב להשקיה במי קולחים בעונת 2007. מטרת טיפול זה היא לנסות ולזהות תהליכים בקרקע ובעץ תוך כדי התהוותם בהשקיה במי קולחים. בשתי החלקות הני"ל הוחלפה, במהלך 2007, מערכת ההשקיה לטפטוף 'יונירעם' 1.6 ל"ש' במרווח של 0.5 מ' ('נטפים'). כל הטיפולים מושקים באותו מרווח השקיה (3 פעמים בשבוע) ובאותה מנת מים, אלא אם כן יתעורר צורך בשינוי כתוצאה מתצרוכת מים שונה בין הטיפולים או המלחה.

המחקר בחלקת עכו מתמקד כעת בחלקה 96 מאחר ומצבם הוגטטיבי של העצים טוב יותר מזה שב'חלקה 93' ובחלקה זו הוסב בקיץ 2007 אחד מטיפולי המים השפירים למי קולחים כדי לאפשר מדידות חמצן והובלת מים בעץ תוך כדי "זמן אמת" בהסבת ההשקיה למי קולחים. דו"ח זה מתייחס למדידות שבוצעו בחלקה זו.

מדידות

נערכות בדיקות תקופתיות של מי השקיה (אחת ל-3 שבועות עד אחת לחודש), עלים (סתיו).

פוטנציאל המים בגזע נמדד בעזרת תא לחץ אחת לשבוע (עם הפסקות גשמים במהלך החורף). 2 עלים (מוצלים) לחזרה ב'חלקה 96', בזן אטינגר (על גבי כנה VC 51), המכוסים בשעות הבוקר בשקיות ניילון אטומות לאור. המדידה בתא הלחץ מבוצעת בשעות הצהריים.

מדידות מתח המים בקרקע נעשות בעזרת טנסיומטרים המשדרים קריאות ברציפות ('מוטס'). הטנסיומטרים מוצבים ליד עצים מהזן האס. גם הטנסיומטרים מוצבים בטיפולים שב'חלקה 96' בעומקים שונים (ראה נספח). שתי חזרות בכל עומק ובכל טיפול בהשוואה בין קולחים לשפירים וחזרה אחת בהשוואה בין שפירים לבין הסבה לקולחים (אופן ההצבה מובא בנספח). הטנסיומטרים הוצבו בחלקה ביוני 2007.

לחץ התפיחה הפנימית נמדד על דוגמאות קרקע מופרות מהחלקה הותיקה המושקת בשפירים ובקולחים נמדדה במעבדה. נבנה חייושן המורכב משרוול גמיש מלא במים המחובר למתמיר לחץ. לחץ חייושן המופעל על מעטפת השרוול מגדיל בהתאם את הלחץ של הנוזל בתוך השרוול. החיושן כויל ללחצים עד 5 מ'. הדוגמאות נארוזו במצב של יובש אוויר במיכלים מחוררים בקוטר של 12 ס"מ וגובה של 22 ס"מ. החיושן מוקם במרכז המיכל בצורה אנכית כך שכל כולו היה קבור בקרקע. הקרקע נארזה בצפיפות גושית אחידה של כ-1 גר/סמ"ק. החלק העליון של המיכל נשאר פתוח. הקרקע הורטבה מלמטה במים מזוקקים במצב של עומד קבוע אשר מוקם 5 ס"מ מעל תחתית המיכל. תהליך ההרטבה במים מזוקקים גרם לתפיחת הקרקע. תהליך התפיחה התבטא בעליה הדרגתית בלחץ המופעל על המעטפת החיצונית של החיושן. השינוי בזמן של הלחץ על החיושן בעת התפיחה נמדד בשני סוגי הקרקע.

ריכוזי חמצן באוויר בקרקע נמדד בעזרת אלקטרודות חמצן שמוקמו בקרקע. שטף ריכוזי החמצן נמדד על ידי שמוליק פרידמן ובוריס נפתלייב, מהמכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, אשר עובדים בתחום זה במסגרת פרויקט 304-0359-07

(הגדלת יבולי מטעים בקרקעות כבדות על ידי שיטה חדשה להוספת חמצן באמצעות מיכלי אוורור טמונים). נמדד ריכוז החמצן הגאזי (שאיבה מבקבוק מחורר טמון), פוטנציאל החימוזור ושטף דיפוזיית החמצן (ODR), באמצעות אלקטרודת פלטינה, אורך 6 מ"מ, קוטר 1.2 מ"מ, בפוטנציאל של $-0.45V$ ביחס לקרקע) לאורך עונת ההשקיה. המדידות בוצעו במרחק של 20 ס"מ מהטפטפת, בניצב לשלוחה ובעומקים של 20, 40, ו-60 ס"מ ב- בין התאריכים 25.5.08 ל- 27.1.09 בחלקה המושקת בשפירים ובחלקה הותיקה המושקת בקולחים. המדידות בוצעו בשתי חזרות.

מדידות מדידת חידור במעבדה ובשדה בוצעו סידרה של מדידות חידור בעזרת מיני-אינפילטרומטר בשדה ובמעבדה בחלקות הותיקות. הבדיקות במעבדה התבצעו על דגימות קרקע מהעומק 0-20 ס"מ שנלקחו בשורות המושקות קולחים ושפירים. עקומי החידור נמדדו תחת עומד קפילרי שלילי של 2- ס"מ על מנת למנוע השפעה של סדקים על התוצאות.

הבדלים ברמת השדה בעזרת שדה מגנטי מושרה - ביקורו בארץ של Scott Jones מ-Utah נוצל לביצוע מדידות בעזרת מכשיר EM המשדה שדה מגנטי והמאפשר ביטוי בחישה מרחוק של המוליכות החשמלית של שכבה בפני הקרקע. עובי השכבה הנמדדת תלוי בתצורת המכשיר ומשתנה בין 70 ל-150 ס"מ. בוצעו מספר סריקות המאפשרות להרכיב תרשים תלת מימדי של השתנות המוליכות החשמלית במרחב בשכבה של ה-70 ס"מ העליונים.

מעקב אחר התפתחות השורשים - כדי לבחון אם מגבלת תנועת המים בעץ (או בקליטתם על ידי מערכת השורשים) קשורה להבדלים בהתפתחות מערכת השורשים של העצים כתלות בסוגי המים, הותקנה מערכת למעקב אחר צמיחת שורשים. במהלך יולי 2009 הותקנו 36 גלילי רשת (ראה תמונות 1,2). הגלילים בגובה - 33 ס"מ, בקוטר - 10.4 ס"מ, ובנפח מחושב של - 2.8 ליטר. הגלילים מולאו בקרקע מחלקת הניסוי, במשקל של 2.96 - 3.15 ק"ג/גליל (משקל נפחי של 1.06-1.1 גר"/סמ"ק). הגלילים הוטמנו לעומק של 33 ס"מ ומוקמו ליד 5 עצים בכל טיפול (5 חזרות). הטיפולים כוללים מים שפירים, מי קולחים, עצים שהוקשו במים שפירים בהם הונחו שלוחות המשקות כעת במי קולחים ועצים שהוקשו במי קולחים בהם הונחו שלוחות המשקות כעת במים שפירים. העצים הינם מהזן האס על גבי כנת VC66. בכל עץ מוקמו 2 גלילים משני צידי הגזע, 10 ס"מ צפונית לטפטפת שמול הגזע, לאורך השלוחה. הגלילים הוצאו מהקרקע, עם מערכת השורשים שהתפתחה בתוכם, בשני סבבים (חזרות), במאי וביולי 2010. מערכת השורשים נבחנה כמותית ואיכותית.

תוצאות

I. ניסוי המעפיל - השפעת מים מאיכויות שונות על מרכיבי העץ (בדוח רוכזו עקרי הממצאים. בנספח שובצו הנתונים).

1. השפעת מי הקולחים על העץ:

1.א. צריבות עלים כמדד לנזקי מליחות באבוקדו:

בשתי עונות מתוך שלוש ניתן היה להבחין ברמת צריבות גבוהה בטיפולים השונים. בשנים 2008 ו 2010\11 נצפו רמות גבוהות יחסית של צריבות עלים בכל המטע, וניכרו הבדלים בין טיפולי ההמלחה השונים (עפ"י אומדן מקובל בסולם של דרגה 0 ללא צריבות ודרגה 5 - מרבית העלים צרובים בכל שטח העלה). בממוצע, בזן אטינגר רמת הצריבות בעלים גבוהה יותר בכל הטיפולים ובשתי הכנות (VC40 רמה של 3.50 ; VC51 רמה של 2.49). בזן האס נצפו אמנם רמות נמוכות יותר (אומדן הצריבות הממוצע הגיע ל 1.26, 0.92, 1.19 בממוצע לכל הטיפולים, בשלשת הכנות שבניסוי - VC51, דגניה 117 ודגניה 189 בהתאמה) אך גבוהות יותר מאשר בשנים קודמות. (נספח 4, תרשים 1).

ב. חיוניות העץ: בשלושת העונות הגידול האחרונות עונת הגידול האחרונות העצים היו חיוניים ביותר ולא ניכרו התייבשויות עצים חריגות בהשפעת הטיפולים.

ג. מתכונת יסודות בעלים: במהלך השנים נצפו הבדלים בתכולת הבורון בעלים בהשפעת הטיפולים השונים, הן בעצי האס והן באטינגר (נספח 4, תרשים 2). נמצא מתאם בין רמת הבורון במים לרמת הבורון בעלים, וכן בשילוב מלח גבוה נמצא גם בורון גבוה בעלים.

ד. רמת יבולים: האבוקדו מתאפיין בסירוגיות רבה, ולכן נבחנו ההשפעות של הטיפולים על פני השנתיים האחרונות לניסוי. **כמות היבול באטינגר:** לאחר מספר שנים בהם היו העצים חשופים לאיכויות המים השונות, התקבלו יבולים דיפרנציאליים בהשפעת הטיפולים השונים על הכנות השונות. בכל הטיפולים היה יבול גבוה יותר בכנה VC51. טיפול ג הצטיין ביבולים דו שנתיים גבוהים יותר מאשר שאר הטיפולים בשתי הכנות (נספח 4, תרשים 3).

גודל הפרי באטינגר: בממוצע לכל הטיפולים בשלוש שנים נמצאו פירות המורכבים על כנה VC51 גדולים יותר מאשר על הכנה VC40. גם בטיפול מי הקולחים של המעפיל היו הפירות על עצי VC51 גדולים יותר מאשר על עצי (VC40). (נספח 4, תרשים 4). אלא שבאטינגר גודל הפרי אינו מהווה מחסום ליבול.

כמות היבול בהאס: השואת היבול בין 3 הכנות (ממוצע היבול של כל הטיפולים) הצטיינה הכנה 51VC עם יבול דו שנתי של 4.55 טון/דונם ושנתיים. העצים המורכבים על הכנה דגניה 117 נתנו את היבול הנמוך ביותר – 3 טון/דונם ושנתיים. העצים המורכבים על דגניה 189 הניבו יבול ממוצע של 4 טון/דונם ושנתיים. בקולחים הקיימים (טיפול ב) היה היבול הדו שנתי הגבוה ביותר לכנה דגניה 189 (5.4 טון/ד', הכנה דגניה 117 היה היבול הדו שנתי הנמוך ביותר (3.5 טון/ד'); ובכנה 51VC היה יבול של 4.9 טון/ד' (נספח 4 תרשים 5)

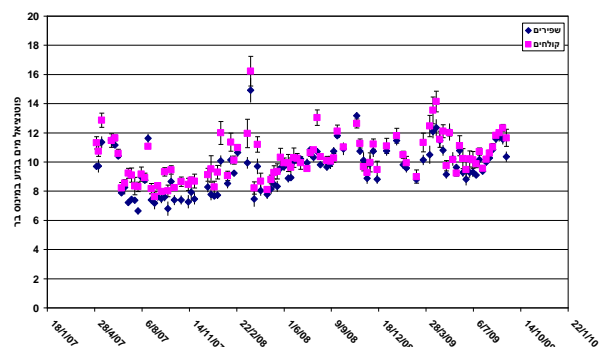
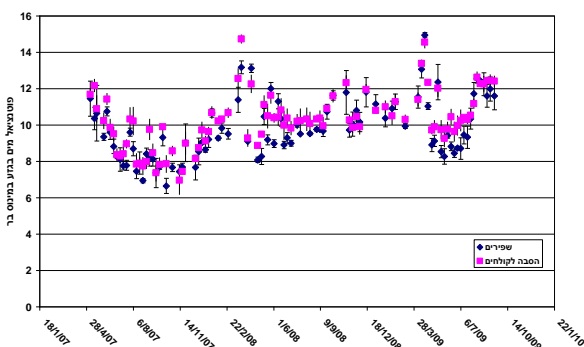
גודל פרי האס: גודל הפרי מושפע ממספר גורמים, בעיקר מרמת היבול לעץ, באותה שנה. בחינת הקשר בין גודל הפרי ורמת היבולים מצביעה על כך שהפרי הגדול ביותר, בממוצע לכל הטיפולים בשלוש שנים, התקבל בעצים המורכבים על כנת דגניה (210.7 ג') 117, בעוד שהאס המורכב על VC51 התקבלו הפירות הקטנים ביותר בממוצע לכל הטיפולים בשלוש שנים (203.3 ג'). גודל פרי האס הקטן ביותר - ממוצע לכל הטיפולים בשלוש שנים התקבל בעצים המורכבים על דגניה 189 (205.5 ג'). גדלי הפירות שהתקבלו בעצים שהושקו במי הקולחים הרגילים למטע (טיפול ב) היו: 211.1 ג' לפרי המורכב על דגניה 189; 210.7 ג' לפרי המורכב על כנת דגניה 117; ו 201.2 ג' לפרי המורכב על כנת VC51. כלומר, אם הגודל כן קובע, הרי שבתנאים של המעפיל, יש עדיפות לכנה דגניה 189. (נספח 4 תרשים 6).

II. תוצאות ניסוי עכו

איכות המים: כתוצאה משינוי מקור הקולחים במהלך עונת 2009 (מקולחי שמרת-אדמית לקולחי עכו) חל שינוי בהרכב הקולחים. בקולחי שמרת-אדמית מקור השפכים היה ביתי וטיפול שניוני ואילו בקולחי עכו מדובר בשפכים ביתיים ותעשיתיים, ברמת טיפול שלישוני (למרות שאין עד כה הכרה של משרד הבריאות בטכנולוגיה זו). ההבדלים העיקריים בין מקורות הקולחים התבטאו בעליה במדדי המליחות (כלוריד, נתרן, יחס ספיחת נתרן, מוליכות חשמלית), ירידה בריכוזי החנקן והזרחן ובשנת האחרונה גם ירידה במדדי עומס האורגני עם המעבר לקולחי עכו (נספח 3, טבלאות 1-3).

מנות המים והדשן - בקולחים נלקחה בחשבון זמינות יסודות ההזנה על הבסיס הבא: חנקן מינרלי המצוי במי הקולחים (אמוניאקלי וחנקתי), מלוא זרחן כללי ומלוא אשלגן מסיס. הדישון ניתן כאוראן, אשלגן כלורי וחומצה זרחתית. מנות המים השנתיות בטיפולים השונים היו כדלהלן: 582-589 מ"ק/ד' בעונת 2008, 642-648 מ"ק/ד' בעונת 2009 ו-718-742 מ"ק/ד' בעונת 2010. כמויות הדשנים השנתיות בטיפולים השונים היו כדלהלן: 20.0-20.5 ק"ג חנקן צרוף/ד', 12.0-12.6 ק"ג תחמוצת זרחן/ד' ו-21.5-22.0 ק"ג תחמוצת אשלגן/ד' בעונת 2008, 21.5-22.7 ק"ג חנקן צרוף/ד', 13.8-15.1 ק"ג תחמוצת זרחן/ד' ו-16.4-18.8 ק"ג תחמוצת אשלגן/ד' בעונת 2009, 19.4-21.3 ק"ג חנקן צרוף/ד', 6.4-7.6 ק"ג תחמוצת זרחן/ד' ו-23.3 ק"ג תחמוצת אשלגן/ד' בעונת 2010.

פוטנציאל מים בגזע: כללית ניתן לראות שנמדדו, בחלק גדול של המדידות, ערכי פוטנציאל מים בגזע שליליים יותר בגזעי העצים אשר הושקו במי קולחים בהשוואה לאלו שבעצים שהושקו במים שפירים (תרשים 1) בכל תקופת המדידה. גם בהשוואת הערכים שנמדדו בעצים המושקים במים שפירים לעומת אלו אשר עברו הסבה ממים שפירים למי קולחים בקיץ 2007 נמדדו, במרבית מועדי המדידה, ערכים שליליים יותר בהסבה לקולחים (תרשים 2). ההבדלים משתנים במהלך השנה.



תרשים 2. פוטנציאל מים בגזע עצי אטינגר (כנה VC 51) כתלות בסוג המים (שפירים וקולחים) והסבה לקולחים ב-2007). עכו 2007-2009 (הקוים ליד נקודות המדידה מציינים שגיאת תקן).

תרשים 1. פוטנציאל מים בגזע עצי אטינגר (כנה VC 51) כתלות בסוג המים (שפירים וקולחים 'היסטורים'). עכו 2007-2009 (הקוים ליד נקודות המדידה הינם קווי שגיאת התקן).

מעקב אחר התפתחות השורשים

מדידות אלו בוצעו בהנחייתו של פרופ' עמרם אשל ובביצוע צוות חוות עכו ואלעד מושביץ'.



תמונה 1. גליל הרשת למעקב אחר התפתחות השורשים. **תמונה 2.** הטמנת גליל הרשת בקרקע. עכו. 27/7/2009



תמונה 3. הוצאת גליל הרשת למעקב אחר התפתחות השורשים. **תמונה 4.** השורשים לאחר שטיפתם מהקרקע. 06/5/2010

מעקב אחר התפתחות השורשים (תמונות 1-4). בסבב הראשון בו הוצאו גלילי הקרקע והשורשים (מאי 2010) נמצא כי משקל יבש, נפח ואורך שורשים בעצים המושקים במי קולחים נמוכים מאלו המושקים במים שפירים. בטיפול ההסבה נתקבלו ערכי ביניים. נתקבלן גם הבדלים משמעותיים בקוטר הממוצע של השורשים כתלות בטיפולים אך הבדלים אלו אינם מובהקים (טבלה 1). עקב תקלת ביצוע בסבב השני יש תוצאות משקל יבש של השורשים. גם כאן נמדדו תוצאות דומות (טבלה 2).

טבלה 1 משקל יבש, נפח, קוטר ממוצע, שטח פנים ואורך שורשים כתלות בטיפולים. עכו. מאי 2010.

אורך (ס"מ)	שטח פנים (סמ"ר)	קוטר ממוצע (מ"מ)	נפח (סמ"ק)	משקל יבש (ג')	טיפול
א 1953.96	אב 695.21	א 3.404	אב 19.736	א 2.858	שפירים
א 2437.03	א 859.34	א 3.892	א 24.462	א 3.257	הסבה לקולחים
אב 1269.72	אב 378.99	א 1.420	אב 9.01	אב 1.0995	הסבה לשפירים
ב 420.12	ב 161.08	א 1.190	ב 4.925	ב 0.582	קולחים

טבלה 2 משקל יבש שורשים כתלות בטיפולים. עכו. יולי 2010.

משקל יבש (ג')	טיפול
א 5.866	שפירים
אב 5.608	הסבה לקולחים
אב 4.228	הסבה לשפירים
ב 2.389	קולחים

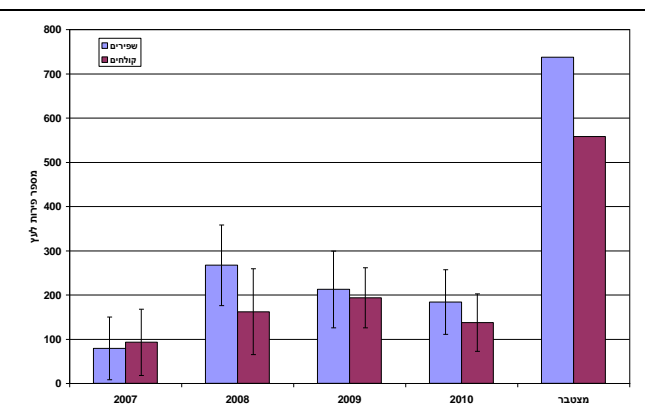
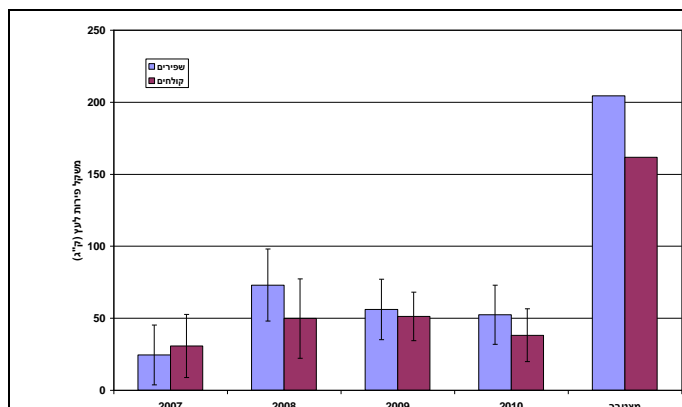
מהתוצאות שלעיל ניתן לראות שכמויות השורשים בקולחים היו הקטנות ביותר. דגימות שורשי עצים מטיפולי 'קולחים' שהוסבו לשפירים דומים לאלו של שורשי עצים שהושקו בקולחים ואילו שורשי עצים שעברו הסבה משפירים לקולחים דומים לאלו המושקים במים שפירים. תוצאה זו מרמזת על כך שההשפעה המעכבת של ההשקיה בקולחים על גידול השורשים איננה השפעה מקומית על התנאים במקום צמיחת השורשים אלא, ככל הנראה, השפעה עקיפה דרך הנוף והעץ כולו. בבדיקת התפלגויות אורך השורשים לפי קוטרם נמצא כי בטיפולי הקולחים כמויות השורשים קטנות יותר ורוב השורשים בקוטר גדול יותר בהשוואה לאלו המושקים במים שפירים. למערכת שורשים בריאה ומפותחת קוטר ממוצע נמוך הנובע מכך שיש בה הרבה מאד שורשים דקים. הבדל זה שנתקבל מעיד על עיכוב בהתפתחות השורשים כתוצאה מהשקיה במי קולחים.

יבול –

כללית, בזן אטינגר מובאות תוצאות יבול מכל שנות המחקר אך בזן האס רק נתוני יבול 2008 כתוצאה מהעדר יבול בחלק מהשנים או נשירת פירות טרם קטיף כתוצאה ממוזג אויר סוער. התוצאות המובאות מייצגות ממוצעי הטיפולים ללא הפרדה בין הכנות השונות.

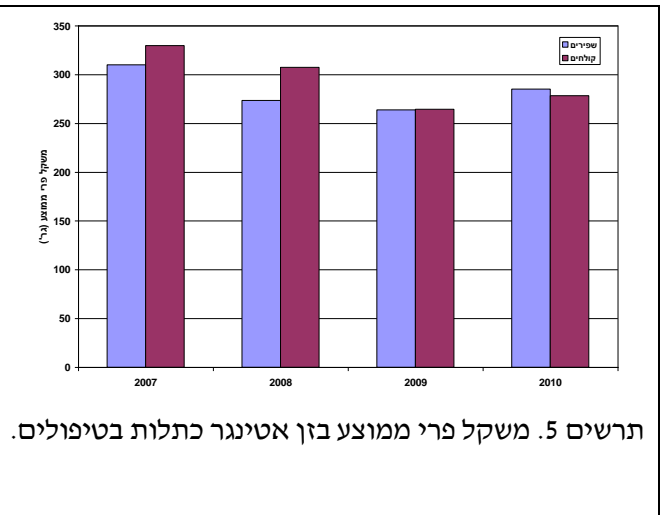
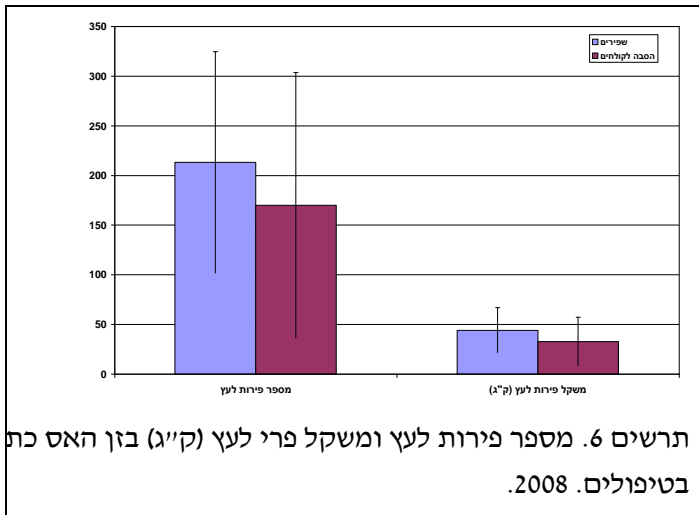
1. השוואה בין יבול עצים המושקים במים שפירים ובמי קולחים

מספר ומשקל הפירות בעצים המושקים במי קולחים היה נמוך יותר, בשני הזנים, למעט 2007 בזן אטינגר (תרשימים 3-6). היבול המצטבר בזן אטינגר, במונחי טון/ד' התבטאו ב- 5.34 ט"ד' בקולחים לעומת 6.74 ט"ד' בשפירים. כלומר, כ-20% פחיתה ביבול עצי הזן אטינגר המושקים במי קולחים. בזן האס, בשנת 2008, נתקבלה פחיתה של כ-30% במשקל הפרי בעצים המושקים במי קולחים (0.74 ט"ד' בקולחים לעומת 1.04 ט"ד' בשפירים). משקל הפרי הממוצע בזן אטינגר היה גבוה יותר בשנים 2007 ו-2008 אך דומה בשנים 2009 ו-2010, למרות ההבדלים במספר הפירות. לא ברור מדוע נתקבל פרי גדול יותר ב-2007, למרות מספר פירות גבוה יותר בטיפולי הקולחים (תרשים 4).



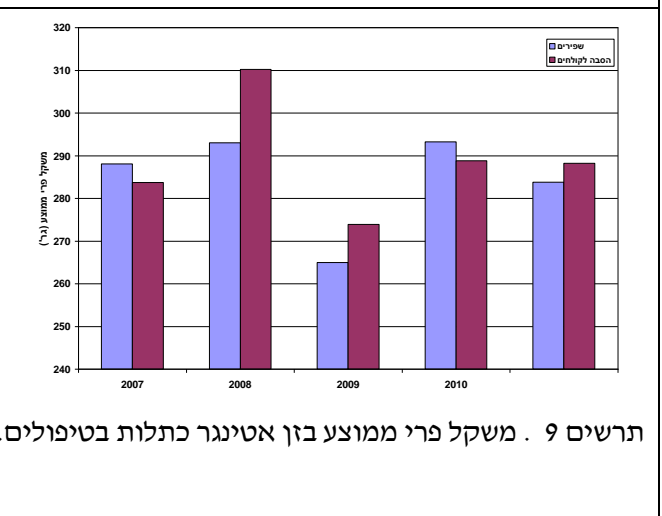
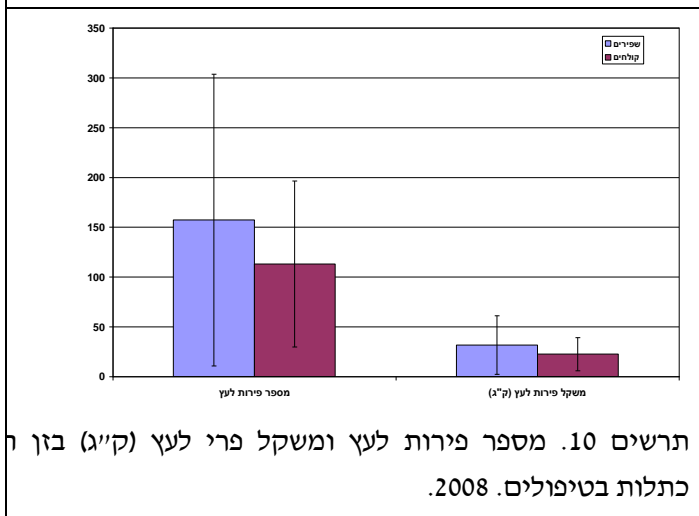
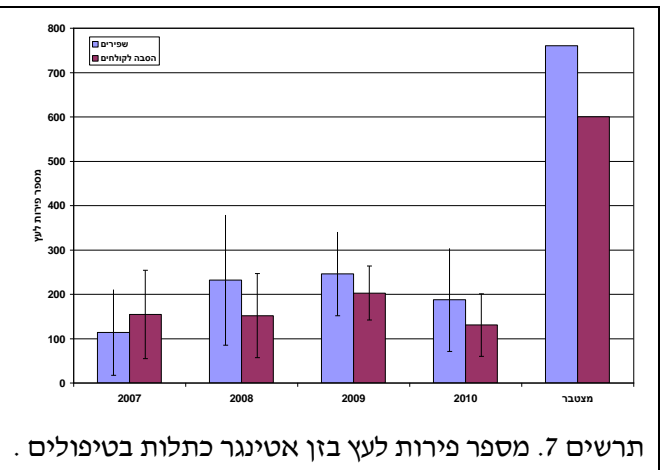
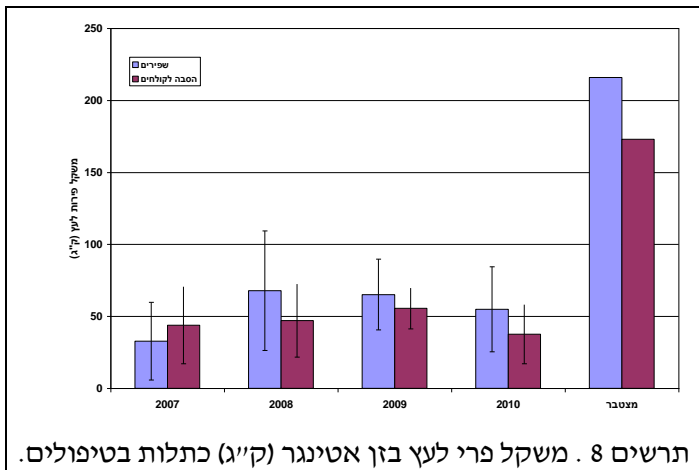
תרשים 4. משקל פרי לעץ בזן אטינגר (ק"ג) כתלות בטיפולים.

תרשים 3. מספר פירות לעץ בזן אטינגר כתלות בטיפולים.



2. השוואה בין יבול עצים המושקים במים שפירים לבין עצים שהוסבו להשקיה במי קולחים (בקיץ 2007)

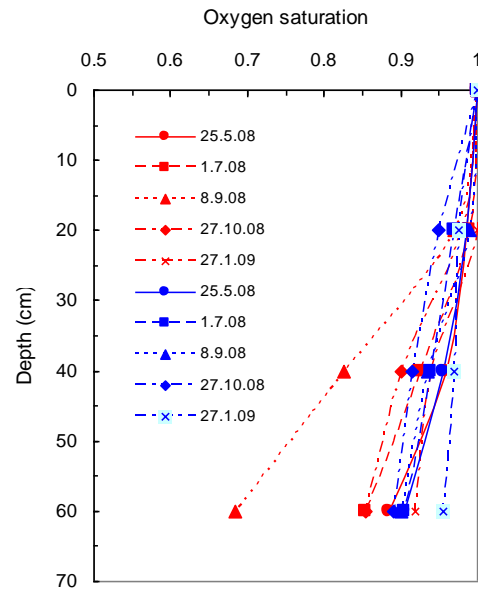
גם בעצי אטינגר והאס אשר הוסבו מהשקיה במים שפירים למי קולחים בקיץ 2007 מסתמנת מגמה דומה לזו שבהשקיה מתמשכת במי קולחים. כלומר, פחיתה במספר ומשקל פרי לעץ (תרשימים 7-10). מעניין לראות כי מגמה זו נתקבלה כבר כשנה לאחר ההסבה (2008).



מדידת ריכוז חמצן בקרקע.

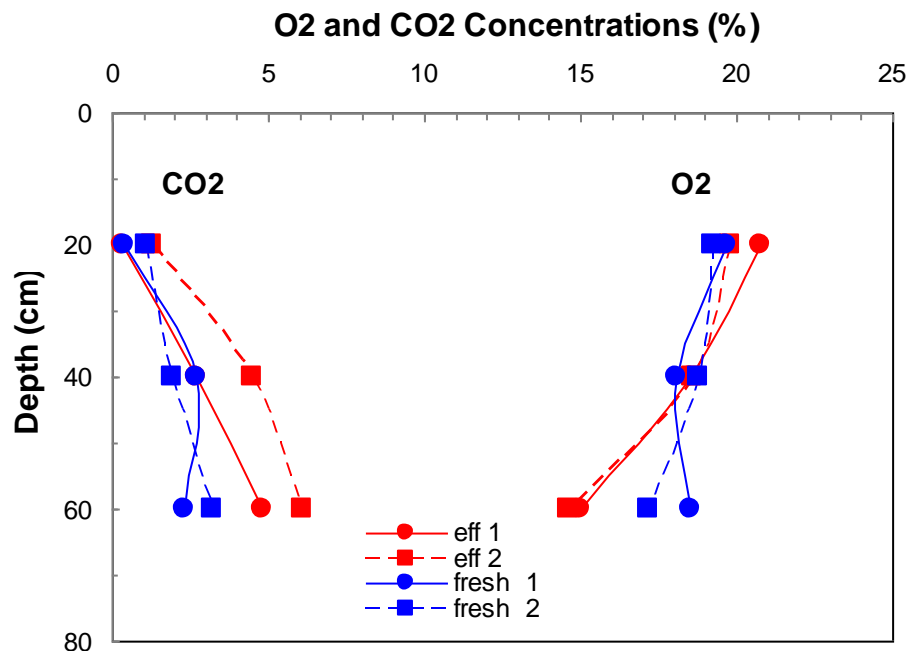
מעקב אחר ריכוז החמצן בחתך בוצע ע"י שמוליק פרידמן. חיישני חמצן מוקמו ב- 3 עומקים, 20, 40, ו- 60 ס"מ ב- 13.11.2007 בחלקה ה'ותיקה' המושקית במים שפירים ובקולחים. המדידות בוצעו בשתי חזרות. התוצאות מוצגות להלן.

פילוג הרוויה בחמצן עם העומק בתאריכים שונים במהלך השנה מוצג בתרשים 11. ב-20 ס"מ העליונים הקרקע רוויה בחמצן בשתי איכויות המים. יש פחיתה מסוימת בעומק בקרקע המושקת בקולחים. דבר זה ניכר בדיגומים של חודשי ספטמבר ואוקטובר, בעוד בשנה הקודמת זה התקבל בחודשים נובמבר ודצמבר.



תרשים 11: פילוג הרוויה בחמצן עם העומק בין התאריכים 25.5.08 ל-27.1.09

ב-8.09.08 נמדדו בו זמנית ריכוזי החמצן ודו-תחמוצת הפחמן בעומקים השונים בשתי החלקות. לירידה עם העומק של החמצן, המודגשת יותר בהשקיה בקולחים, יש תמונה משלימה של עליה עם העומק של דו-תחמוצת הפחמן, כאשר הריכוז בקרקע המושקת בקולחים גבוה יותר (תרשים 12). אין שום מידע לגבי השפעת ריכוזים אלו על האבוקדו, כמו שאין מידע לגבי הריכוזים המהווים מחסור בחמצן.

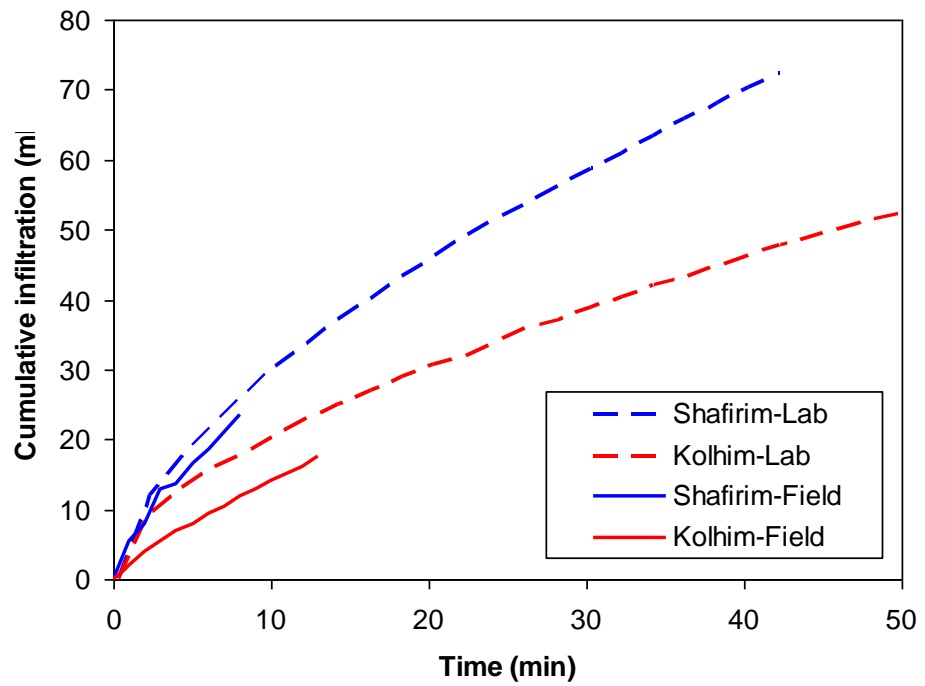


תרשים 12: ריכוזי חמצן ודו תחמוצת הפחמן בפאזה הגאזית שבחתך הקרקע כתלות בסוג המים ובעומק החתך.

8.9.2008. עכו.

מידת חידור במעבדה ובשדה

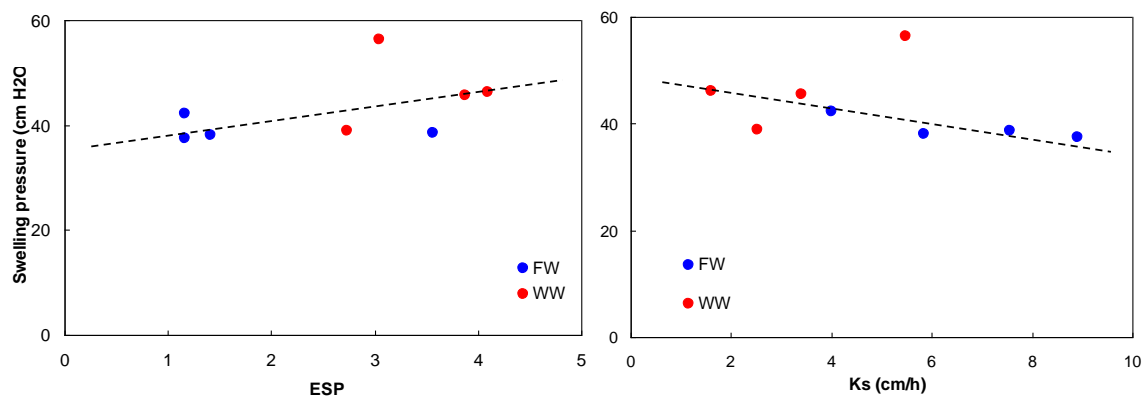
בוצעו סידרה של מדידות חידור בעזרת מיני-אינפילטרומטר בשדה ובמעבדה בחלקות הותיקות. הבדיקות במעבדה התבצעו על דגימות קרקע מהעומק 0-20 ס"מ שנלקחו בשורות המושקות קולחים ושפירים. עקומי החידור נמדדו תחת עומד קפילרי שלילי של 2- ס"מ על מנת למנוע השפעה של סדקים על התוצאות. התוצאות מוצגות בתרשים 13. החידור המצטבר קטן יותר בקרקעות המושקות קולחים. הפער בין תנאי השדה למעבדה במונחים של חידור גדול יותר בתנאי השדה שם החידור בקרקע המושקת קולחים הוא הנמוך ביותר.



תרשים 13: עקומי חידור מצטבר במעבדה (דוגמאות קרקע מעומק 0-20 ס"מ) ובשדה בהתאם לסוג המים להשקיה.

לחץ תפיחה פנימית.

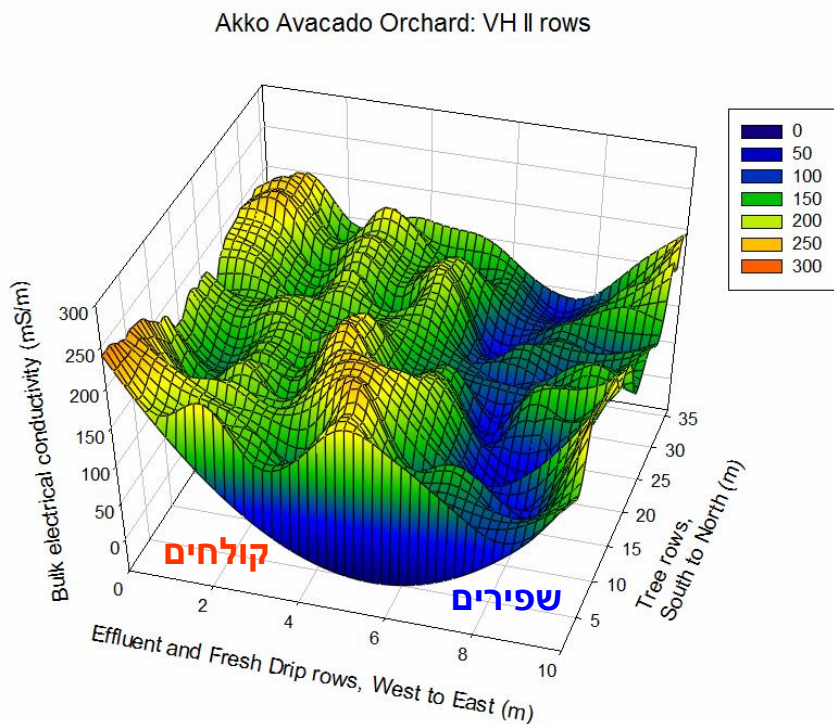
מידת לחץ התפיחה הפנימית של דוגמאות קרקע מופרות מהחלקה הותיקה ומהחלקה הצעירה המושקת בשפירים ובקולחים נמדדה במעבדה. במקביל נמדדו רמת ה-ESP והמוליכות ההידראולית ברוויה של הדוגמאות השונות. התקבלו קשרים מאפיינים בין לחצי התפיחה המתפתחים בתנאים השונים לבין רמות ה-ESP וערכי המוליכות ההידראולית ברוויה (תרשים 14). קרקעות המושקות בקולחים מתאפיינות ברמות ESP גבוהות יותר ובערכים נמוכים יותר למוליכות ההידראולית ברוויה. לחצי התפיחה המתפתחים בקרקעות המושקות בקולחים גבוהים יותר ומתאימים למוליכויות הנמוכות יותר המובילות לחידור המוגבל יותר (תרשים 14).



תרשים 14: הקשרים בין לחץ התפיחה לרמת ה-ESP ולערך המוליכות ההידראולית ברוויה.

הבדלים ברמת השדה בעזרת שדה מגנטי מושרה

ביקורו בארץ של Scott Jones מ-Utah נוצל לביצוע מדידות בעזרת מכשיר EM המשרה שדה מגנטי והמאפשר ביטוי בחישה מרחוק של המוליכות החשמלית של שכבה בפני הקרקע. עובי השכבה הנמדדת תלוי בתצורת המכשיר ומשתנה בין 70 ל-150 ס"מ. בוצעו מספר סריקות המאפשרות להרכיב תרשים תלת מימדי של השתנות המוליכות החשמלית במרחב בשכבה של ה-70 ס"מ העליונים. התוצאה מובאת בתרשים 15. ניתן לראות בבירור את ההבדל בין השורה המושקת בקולחים לזו המושקת בשפירים. ההבדל נובע המבדל במשטר המים והמלחים בחתך הקרקע אשר ישפיע בהכרח גם על הצמחים.



תרשים 15: ההשתנות במרחב של ההתנגדות החשמלית ב-70 ס"מ העליונים של הקרקע בשורה המושקת בקולחים לעומת שורה המושקת בשפירים.

מתח מים בקרקע

מדדו מתחי מים בקרקע במיקומים ועומקים שונים (ראה הצבת טנסיומטרים בנספח 1). בחלקות המושקות במים שפירים ובמי קולחים משנת 1996 (חלקות 'היסטוריות') מתחי המים בקרקע המושקית במי קולחים רפים יותר, בכל המרחקים מהטפטפת ובכל עומקי הקרקע הנבדקים (נספח 2, תרשימים 1-6). למרות המתחים הנמוכים בקרקע בטיפול הקולחים, ערכי פוטנציאל המים בגזע נמוכים יותר בטיפול זה, כפי שנמדד גם בעונה הקודמת. המשמעות היא שכנראה קימת מיגבלת קליטת מים בעצים המושקים בקולחים כאשר עדיין לא ברור האם הדבר נובע מנפח שרשים פעיל קטן יותר בקולחים (קצב היווצרות נמוך ו/או אורך חיים נמוך) או לחילופין פגיעה במוליכות הספציפית של השרשים בעצים המושקים בקולחים.

סיכום עם שאלות מנחות :

- 1. מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:** היעד המרכזי של מחקר זה הוא זיהוי הגורמים האחראיים לפגיעה זו בכושר קליטת המים. שני גורמים עיקריים נבחנו: (א) גורם מגביל באחד ממרכיבי שרשרת ההולכה מהקרקע לעלה; (ב) משטר החמצן וזמינותו בבית השורשים.
- 2. עיקרי הניסוי והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח:** המחקר התבצע בשני אזורים: מטע בהמעפיל (קרקע בינונית) ומטע בחוות עכו (קרקע חרסיתית). בשני האתרים נבחנו הזנים אטינגר והאס, על גבי כנות וגטיביות. מטרת המחקר הינה זיהוי הגורמים האחראיים לפגיעה זו בכושר קליטת המים. שני גורמים עיקריים נבחנו: (א) גורם מגביל באחד ממרכיבי שרשרת ההולכה מהקרקע לעלה; (ב) משטר החמצן וזמינותו בבית השורשים. בחלק ניכר של המדידות בעכו נמדדו ערכי פוטנציאל מים בגזע שליליים יותר בגזעי העצים אשר הושקו במי קולחים בהשוואה לאלו שבעצים שהושקו במים שפירים. נמדדו מתחי מים בקרקע המושקית במי קולחים נמוכים יותר מאלו שבקרקע המושקית במים שפירים. מספר ומשקל הפירות המצטבר בעצים המושקים במי קולחים בעכו היה נמוך יותר, בשני הזנים. כ-20% פחיתה ביבול עצי הזן אטינגר (2007-2010) וכ-30% פחיתה ביבול עצי הזן האס (2008) המושקים במי קולחים. בקרקע הכבדה נמדדה ירידה עם העומק של החמצן, המודגשת יותר בהשקיה בקולחים, ותמונה משלימה של עליה עם העומק של דו-תחמוצת הפחמן, כאשר הריכוז בקרקע המושקת בקולחים גבוה יותר. מדידות בעכו לחידור הקרקע למים בשדה ובמעבדה הצביעו על חידור מצטבר קטן יותר בקרקעות המושקות קולחים. הפער בין תנאי השדה למעבדה במונחים של חידור גדול יותר בתנאי השדה שם החידור בקרקע המושקת קולחים הוא הנמוך ביותר. בעכו הוצבו מערכות לדגימת שורשים. ניתוח התוצאות הראשוניות שנאספו ב-2010 מצביע על כך שלעצים המושקים בקולחים יש מערכות שורשים פחות מפותחות מאשר לאלה המושקים בשפירים. התופעה הזאת לא נובעת כתוצאה מהשפעה מקומית של תנאי הקרקע על צמיחת השורשים, אלא מהבדלים בצמיחת העץ כולו.
- 3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:** לא ניתן, בשלב זה, להצביע על הגורם או המנגנון הקושר בין איכות המים, ממשיק ההשקיה והפגיעה בעץ. יש צורך בהמשך המחקר אך במתכונת מחקר/מיזם בינתחומי.
- 4. הבעיות שנותרו לפתרון והתייחסות המשך המחקר לגביהן:** לכשניתן יהיה להצביע על הגורם או המנגנון הקושר בין התופעות המדווחות לעיל, ניתן יהיה להתייחס לנקודות אלו.
- 5. האם הוחל בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:** ממצאי הדו"ח דווחו במפגשי מגדלים במקומות שונים בארץ **פרסום הדו"ח:** אנו ממליצים בשלב זה לא לפרסם את הדו"ח.

תודה לגורמי המימון שהשתתפו במימון מחקר זה: קרן המדען הראשי לחברות "דשנים וחמרים כימיים בע"מ" על תרומת הבורון לניסוי במעפיל.

משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר
לקרן המדען הראשי

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
596-0383-09	לימוד ההשפעות ארוכות הטווח של השקיה בקולחים על האבוקדו בקרקעות שונות.

ג. כללי	
מוסד מחקר של החוקר הראשי	
מו"פ צפון – מועצה אזורית גליל עליון	
סוג הדו"ח	תאריכים
מסכם	תקופת המחקר
	עבורה מוגש הדו"ח
	התחלה
שנה חודש	שנה חודש
11/2009	10/2010
שנה חודש	תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון
שנה חודש	01/2011

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	חוקר ראשי
מר	זילברשטיין	מר
חוקרים משניים		
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
קרן מדען ראשי, מש' החקלאות	120,000	

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים המחקר התבצע בשני אזורים: מטע בהמעפיל (קרקע בינונית) ומטע בחוות עכו (קרקע חרסיתית). בשני האתרים נבחנו ה-אטינגר והאס, על גבי כנות וגטטיביות. מטרת המחקר הינה זיהוי הגורמים האחראיים לפגיעה זו בכומר קליטת המים. גורמים עיקריים נבחנו: (א) גורם מגביל באחד ממרכיבי שרשרת ההולכה מהקרקע לעלה; (ב) משטר החמצן וזמינותו השורשים. בחלק ניכר של המדידות בעכו נמדדו ערכי פוטנציאל מים בגזע שליליים יותר בגזעי העצים אשר הושקו קולחים בהשוואה לאלו שבעצים שהושקו במים שפירים. נמדדו מתחי מים בקרקע המושקית במי קולחים נמוכים מאלו שבקרקע המושקית במים שפירים. מספר ומשקל הפירות המצטבר בעצים המושקים במי קולחים בעכו היה יותר, בשני הזנים. כ-20% פחיתה ביבול עצי הזן אטינגר (2007-2010) וכ-30% פחיתה ביבול עצי הזן האס (2008) המושק במי קולחים. בקרקע הכבדה נמדדה ירידה עם העומק של החמצן, המודגשת יותר בהשקיה בקולחים, ותמונה משלימה עליה עם העומק של דו-תחמוצת הפחמן, כאשר הריכוז בקרקע המושקת בקולחים גבוה יותר. מדידות בעכו לחידור הק למים בשדה ובמעבדה הצביעו על חידור מצטבר קטן יותר בקרקעות המושקות קולחים. הפער בין תנאי השדה למע במונחים של חידור גדול יותר בתנאי השדה שם החידור בקרקע המושקת קולחים הוא הנמוך ביותר. בעכו הוצבו מער לדגימת שורשים. ניתוח התוצאות הראשוניות שנאספו ב-2010 מצביע על כך שלעצים המושקים בקולחים יש מער שורשים פחות מפותחות מאשר לאלה המושקים בשפירים. התופעה הזאת לא נובעת כתוצאה מהשפעה מקומית של הקרקע על צמיחת השורשים, אלא מהבדלים בצמיחת העץ כולו.

ו. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

31/01/11	תאריך	רשות המחקר	אמרכלות (רשות המחקר)	מנהל המכון (פקולטה)	מנהל המחלקה	חוקר ראשי
	(שנה) (חודש) (יום)					

לימוד ההשפעות ארוכות הטווח של ההשקיה בקולחים על עץ האבוקדו בקרקעות שונים

Long term study on the effect of wastewater irrigation on avocado grown in different soil types

גרנות אבוקדו	צוות החוקרים: מרים זילברשטיין
שירות שדה, שה"מ.	ענת לוינגרט –אייצ'ייצ'יי
מכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי	שמואל אסולין
המכון לחקר הגולן	עמוס נאור
חוזה לנסיונות עכו	עמנואל להב
מכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי.	רמי קרן
מחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות	יונה חן
מכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי	דרור מינץ

בשיתוף עם: שמואל פרידמן, בוריס נפתלייב, עמרם אשל, יצחק רגב, הדר כהן, נעם יחיאלי, גואל יקוטי, רותי סטרול ושמואל לוי

ינואר 2010

שבט תשע"א

Zilberstaine miriam, Granot Avocado, Emeq Hefer,

E-mail: mirzil@012.net.il

Lowengart Anat, Extension Service, M.O.A., Western Galilee, 25212.

E-mail: anatlw@shaham.moag.gov.il

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/ לא

חתימת החוקר _____

רשימת פרסומים: לא נכתבו מאמרים. פורסמו דוחות מדעיים (למדען ולאיוזורים) וניתנו הרצאות בכנסי מגדלים.