

זיהוי גורמי הפגיעה והתנוונות במטעים המושקים בקולחים ונטועים בקרקעות חרסיתיות

Identification of the factors inducing degeneration of fruit tree orchards, planted on clay soil and irrigated with treated wastewater

ע"י

חורחה טרציצקי – מו"פ צפון
שמואל אסולין – המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מנהל המחקר החקלאי
עמוס נאור – פיזיולוגיה סביבתית, המכון לחקר הגולן
ענת לוויןגרס-איציצי - שרות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות
משה שנקר – המחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית
עמרם אשל - המחלקה לביולוגיה מולקולרית ואקולוגיה של צמחים, אוניברסיטת ת"א
אמנון שוורץ, המכון למדעי הצמח, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים
אדולפו לוי, מו"פ צפון, פיזיולוגיה
הדר כהן, מו"פ גליל-מערבי
מוטי פרס – מו"פ צפון
יעל גרינבלט - שרות ההדרכה והמקצוע
יוני גל - שרות ההדרכה והמקצוע
כפיר נרקיס- המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, מינהל המחקר החקלאי
נועם יחיאלי - מו"פ גליל מערבי
רועי חסון – מו"פ צפון

Jorge Tarchitzky North R&D, tarchitz@agri.huji.ac.il
Shmuel Assouline Soil, Water and Environmental Sciences, A.R.O., P.O.B. 6, Bet Dagan 50250, E-mail:
vwshmuel@agri.gov.il
Amos Naor The Golan Research Institute, P.O.Box 97 Kazrin 12900 E-mail,
amosnaor@research.haifa.ac.il
Anat Lowengart- Ministry of Agriculture, Extension Service, Beit Dagan anatlw@shaham.moag.gov.il
Aycicegi
Moshe Shenker The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Moshe.Shenker@mail.huji.ac.il
Amram Eshel Department of Molecular Biology and Ecology of Plants, Tel-Aviv University
amrame@ex.tau.ac.il
Amnon Schwartz Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Rehovot 76100
Schwartz@agri.huji.ac.il
Adolfo Levin Northern R&D, adolfolevin@gmail.com
Hadar Cohen Western Galilee R&D, hadpa@bezeqint.net
Moti Peres Ministry of Agriculture, Northern Galilee- Kiriati Shmona, 10200 , peres@migal.co.il
Yael Greenblat Ministry of Agriculture, - Kiriati Shmona, 10200 , yael_gr@shaham.moag.gov.il
Yoni Gal Ministry of Agriculture, - Kiriati Shmona, 10200 , yonigal@ortal.org.il

ינואר 2013

תוצאות המחקר אינן מהוות המלצה לחקלאים

חתימת החוקר: _____

תקציר

רקע – במטעים מושקים בקולחים הנטועים על בקרקעות כבדות, מסתמנת בשנים האחרונות מגמת פגיעה בעצים לאורך הזמן. לאחר מספר שנות השקיה בקולחים נצפה נזק עם ביטוי חזותי בולט – הקטנת מידת הכיסוי העלוותי, לעיתים צריבות והתנוונות ענפים, וכן מגמה של ירידה ביבול ולפעמים גם בגודל הפרי.

מטרות – המחקר נועד לאבחן מהם המנגנונים האחראיים באופן ישיר לשינויים החלים בסביבת השורש ובתוך הצמח וגורמים לפגיעה בעצים הגדלים בקרקעות חרסיתיות מושקות בקולחים. אבחון גורמים אלה יאפשר הצעת פתרונות אפשריים.

חומרים ושיטות – המחקר מתנהל בשני אתרים: אבוקדו בעכו ואגס בראש פינה. נערכו בדיקות קרקע, מים וצמח נשקל ומיין היבול לעץ. הותקנו תחנות מדידה רציפה הכוללות חיישני חמצן, pH, חימצון-חיזור, וטנסיומטרים. כמו כן, הותקנו משאבים מיוחדים לדיגום תמיסת הקרקע בקרבת החיישנים. בדיקות הצמח כללו אנליזת יסודות בעצה, בשיפה ובעלים, וכן בדיקה של התפתחות מערכת השורשים אל תוך גלילים ייעודיים שהותקנו בקרקע. נבדק גם פוטנציאל המים בעצים.

תוצאות – באבוקדו לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוז החנקן (חנקתי ואמוניאקלי), הזרחן והאשלגן בין הקרקע שהושקתה בקולחים לבין זו שהושקתה במים שפירים. חוסר ההבדל נובע מהתשומות הכמעט זהות של יסודות אלה בשני הטיפולים. לעומת זאת, באגס בסתיו נמצאו ריכוזי חנקן, זרחן ובמידה מסוימת גם אשלגן, גבוהים יותר בחלקות המושקות בקולחים, כפי שצפוי מההבדלים המשמעותיים בתשומת יסודות אלה במים.

ההבדלים באיכות מי ההשקיה התבטאו בשני האתרים בריכוזי כלוריד, נתרן ובורון, וכן בערכי מוליכות חשמלית ו-SAR גבוהים יותר בקרקע המושקית בקולחים. בחלקת האבוקדו במהלך העונה, אף שכמויות המים שהושקו היו זהות בשני הטיפולים, מתח המים בקרקע המושקית במים שפירים היה גבוה יותר. ריכוז החמצן בקרקע בעכו בשכבות הקרקע השונות היה בקשר הדוק לאירועי ההרטבה ולנוכחות השורשים. השכבה הרגישה ביותר לשינויים אלה הינה בעומק 20 ס"מ ובה היו ריכוזי החמצן בקרקע המושקית בקולחים נמוכים מאלה שבקרקע המושקית במים שפירים. פוטנציאל החמצון-חיזור בקרקע בחלקות האבוקדו המושקות בקולחים ירד לאחר אירועי ההשקיה באופן חד יותר מאשר בחלקות המושקות במים שפירים. ממצא זה מתאים לירידה בריכוז החמצן בקרקע. בחלקת האגס גרמו אירועי גשם לירידה לערכי pe+pH נמוכים ולמשך זמן ממושך יותר מאשר בחלקות השפירים. בהתפתחות השורשים באגס לא נמצאה השפעה כתוצאה מאיכות המים. ריכוז הנתרן ברקמת העצה, אך לא בעלים, של האבוקדו היה הרבה יותר גבוה בעצים המושקים בקולחים. הצטברות הנתרן בעצה ובעלים ריכוז גבוה יותר של נתרן בעצים המושקים בקולחים. בורון, אבל לא עבור כלוריד. באגס נמצא בעצה ובעלים ריכוז גבוה יותר של נתרן בעצים המושקים בקולחים.

בעצי אבוקדו, במרבית העונה, ובאגס בחלק מהעונה, היו קריאות תא הלחץ ומוליכות הפיוניות נמוכות בעצים המושקים בקולחים מאלה שבעצים המושקים במים שפירים. תוצאות אלו הן הביטוי החד ביותר של שינוי בתפקוד העצים ויש לבחון את הסיבה לכך. באגס השינויים שחלו בקרקע ובמידה מסוימת בעץ המושקה בקולחים לא השפיעו בשלב זה על היבול ואיכותו. לעומת זאת, באבוקדו, היבול ומספר הפירות לעץ בחלקות המושקות במים שפירים היו גבוהים מאלו שבחלקות המושקות בקולחים.

חלק ניכר ממטעי עצי הפרי בצפון נטוע בקרקעות המאופיינות בתכולת חרסית גבוהה (מעל 40%). בסקר הקולחים הארצי (טרצ'יצקי ואח', 2006) נמצאו הבדלים בין קרקעות מושקות בקולחים ואלה המושקות במים שפירים. ניתן להפריד בין תגובת קרקעות קלות לקרקעות כבדות. הקרקעות מעל 30% חרסית המושקות בקולחים נבדלו מהקרקעות עם פחות מ- 20% חרסית ונמצאו בהן ערכים גבוהים יותר של מספר מדדים. נתוני הסקר וכן המחקרים שבחנו את השפעת ההשקיה בקולחים במטעים, מצביעים על תרחיש משותף: שינויים מהירים יחסית ומשמעותיים במדדי קרקע כמו הצטברות מלחים, עליה ב-SAR ובריכוז יסודות הזנה. בשנים האחרונות, מסתמנת במטעים מושקים בקולחים הנתועים על גבי קרקעות כבדות, מגמה ברורה של פגיעה בביצועי העצים לאורך הזמן ונמצא כי לאחר מספר שנות השקיה בקולחים התפתח נזק עם ביטוי חזותי בולט – הקטנת מידת הכיסוי העלוותי, לעיתים צריבות והתנוונות ענפים, וכן מגמה של ירידה ביבול ולפעמים גם בגודל הפרי. ההשפעה באה לידי ביטוי רק מספר שנים לאחר המעבר להשקיה בקולחים, שינוי שנעשה בדרך כלל ללא שינוי של ממשק ההשקיה שהיה מקובל במים שפירים [באבוקדו (זילברשטיין ואח', 2009), מנגו (נאור ואח', 2009), הדרים (אייזנקוט ואח', 2004), ואגסים (נאור ואח', 2009)]. בחלק מהמחקרים הובחן הבדל במצב המים בעץ: פוטנציאל המים בגזעי אבוקדו (זילברשטיין ואח', 2009) ואגס (נאור ואח', 2009) המושקים בקולחים היו שליליים יותר מאשר בעצים המושקים במים שפירים. באבוקדו נמדדו מתחי מים נמוכים יותר בקרקע המושקית בקולחים. הירידה בפוטנציאל המים בעצים מצביעה על פגיעה בכושר קליטת המים, אשר יכולה להיות בתכונות ההידראוליות של הקרקע או בכושר הולכת המים של העץ. בדגימות מופרות נמצאה ירידה במוליכות ההידראולית ברוויה של הקרקע בחלקות מושקות בקולחים בהשוואה לקרקעות מושקות בשפירים (אסולין ואח', 2010), אך לא ברור אם ממצא זה מסביר את מלוא הירידה בכושר קליטת המים ע"י העצים. הממצאים עד כאן מצביעים על ירידה בכושר הולכת המים במערכת קרקע-צמח בעצים המושקים בקולחים כאשר הירידה בכושר ההולכה בקרקע אינה מסבירה את מלוא הירידה במערכת כולה. לא ברור היכן נפגע כושר ההובלה, האם ברמת הקרקע, או שהמקור הינו ברמת הצמח, פגיעה בפעילות השורש הבודד, בצפיפות השורשים, או במערכת ההולכה בתוך העץ, או מצירוף של כמה גורמים, או שהפגיעה עקיפה – פגיעה בנשימת השורשים ומכאן פגיעה בפעילותם ופגיעה ברמת מערכת ההולכה בתוך העץ. אפשרות אחת היא פגיעה בצמיחת השורשים, שמופחתת בתגובה להשפעת הקולחים על תנאי הקרקע, הרכב המומסים וריכוזם, היווצרות ריכוזים ארעיים גבוהים של ניטריט, ירידה בזמינות החמצן, וכד'. אפשרות אחרת היא פגיעה בתפקוד השורשים בקליטת מים ו/או חומרי הזנה והעברתם לנוף. שינוי כזה בתפקוד השורשים יכול להתבטא בעיכוב בצימוח הנוף ובסופו של דבר בירידה באספקת פחמימות לצמיחת שורשים.

במחקרים עד כה עיקר המדידות הקרקעיות נעשו בשתי עונות, באביב ובסתיו. התוצאות ממדידות אלו הן אינטגרציה של תהליכים רבים שהתרחשו בקרקע במהלך עונת ההשקיה ובמהלך השטיפה ע"י גשמי החורף, והן מהוות צילום מצב בשתי העונות. המדידה היחידה שנעשתה בתדירות גבוהה (כאחת לשבועיים) היא פוטנציאל המים בגזע המושפע מתנאי מזג האוויר (דרישות האטמוספירה) זמינות המים בקרקע וכושר קליטת המים ע"י מערכת השורשים והולכתם בעץ. קיימת אפשרות שנזקים שנצפו עקב השקיה בקולחים נגרמו ממצבים רגועים או זמניים מאוד (בפרקי זמן של שעות בודדות עד ימים בודדים) בהם התנאים עלולים להיות קיצוניים ועלולים להזיק לעץ או לפגוע בתהליכים בסיסיים המשפיעים על גידול העץ או היבול (התמיינות לפריחה, הפרייה, חנטה וכו'). יש חשש שתהליכים מסוימים בקרקע, אשר אינם נמדדים בדרך כלל (כגון היווצרות תנאים אנ-ארוביים רגועים, ירידה קצרת מועד של ריכוז החמצן ותמותת שורשים, עליה חולפת בריכוז ניטריט, ועוד), גורמים למצבי עקה רגועים. אומנם השינויים (במבנה הקרקע, פחיתה בקצב חידור ותנועת מים בקרקע, ותנאי חוסר אוורור) עלולים להתרחש גם בקרקעות חוליות, אבל הביטוי של מצבים קיצוניים בסביבת השורש יהיו נדירים יותר ויתקיימו למשכי זמן קצרים יותר, ולכן פגיעתם, במידה והיא קיימת, לא אובחנה במחקרים שנערכו עד כה. גם לגבי המדידות הצמחיות, בדיקה חד-עונתית של הריכוז בעלים או שקילת היבול ומינון מהווים אינטגרציה של אירועים מצטברים בעץ במהלך העונה ולא ברור באיזה שלב בין ההתמיינות לפריחה לבין

הבשלת הפרי, חלה הפגיעה ביבול, או מה הגורם או הגורמים לצריבות עלים בעצים המושקים בקולחים. במחקר המוצע יושם הדגש, בנוסף לבדיקות המעקב הנהוגות עד כה, על מדידות רציפות בקרקע ובצמח לאורך העונה על מנת לאתר את הגורמים הישירים לפגיעה וכדי לזהות את התקופה הרגישה בה נגרמת הפגיעה בעצים בהשקיה בקולחים.

מדידת רדוקס רציפה וממושכת בקרקעות תועדה כמדידה אינפורמטיבית ואמינה במחקרי קרקע בעמק החולה (Shenker et al., 2005). במחקר זה ובמחקרים עוקבים של קבוצה זו נמצא קשר הדוק בין מצב הרדוקס לבין ריכוזי הזרחן בתמיסת הקרקע. במחקר אחר (נגב, 2007) נמדדה השפעת השקיה בקולחים לעומת השקיה במים שפירים בליזימטרים על מצב הרדוקס בקרקע. תוצאות מחקר זה הראו תנודתיות גדולה בערכי הרדוקס, מערכים המציניים מצב מחומצן מאד עד למצב חיזור קיצוני (עד כדי חיזור סולפט והיווצרות סולפידים), וכן נמצא הבדל ניכר ברדוקס הקרקע בין שני סוגי המים. מצב הרדוקס בקרקע מושפע ע"י שני גורמים עיקריים: (i) קצב הפעילות המיקרוביאלית ו- (ii) קצב אספקת החמצן. הגורם הראשון צפוי להיות מוגבר עקב אספקת חומר אורגני עם הקולחים עצמם, וכן עקב תהליכי priming. בכל מקרה - אם קצב הפעילות עולה, יש צורך בקולט אלקטרוניים שיקבל את האלקטרונים המשתחררים במהלך פירוק (חמצון) החומר האורגני. בקרקע מאווררת קולט האלקטרוניים הראשון הוא חמצן. במצב זה באה לידי ביטוי השפעת גורם (ii): כפי שצוין לעיל, ההשקיה בקולחים מאיצה תהליכי דיספרסיה ופוגעת במבנה הקרקע (עקב עליית SAR ועקב השפעה מפזרת של החומר האורגני המומס), יציבות התלכידים קטנה ומבנה הקרקע נהרס. אם כן, השילוב של העליה בפעילות המיקרוביאלית והקטנת שטף החמצן אל הקרקע בהשפעת הקולחים מעלה את האפשרות שאוורור לקוי של הקרקע מהווה מנגנון פגיעה אפשרי בביצועי המטעים. כאשר הפירוק המיקרוביאלני של החומר האורגני נעשה בסביבה ענייה בחמצן, קולט האלקטרוניים יהיה ניטרט. זהו תהליך הדניטריפיקציה שבו ניטרט מחוזר לצורות גזיות שונות, עד לחנקן גזי (N_2). מעבר לכך קיימת גם פגיעה ישירה בפעילות השורשים עקב מחסור חמצן. תנאים אלה עלולים גם להביא להצטברות זמנית של ניטריט, שכבר בריכוזים נמוכים יחסית היא פוגעת באופן ישיר בשורשים. בהמשך התהליך, קולטי האלקטרוניים יכולים להיות הידרוקסידים של מנגן, ואח"כ של ברזל. תהליך זה עלול להעלות את ריכוז המתכות הללו לריכוזים שעלולים לפגוע בצמח באופן ישיר. ריכוזים גבוהים אלה עלולים לפגוע גם בזמינות הזרחן

בניסוי השקיה רב שנתי בקולחים בכרם ענבי מאכל באזור לכיש נמצא שהתפלגות המלח בקרקע תואמת רק באופן חלקי את התפלגות מערכת השורשים, שכן מערכת השורשים מתחילה לצמוח באביב המוקדם, עוד לפני תחילת ההשקיה ואורכם של שורשים רבים חורג באופן משמעותי מהנפח המורטב הסמוך לקו הטפטוף. למרות זאת, ברור כי במהלך העונה המים נקלטים בסמוך לטפטפת. למרות התנודתיות העונתית בריכוז הנתרן בקרקע ולמרות שהעלווה של הגפן מתחדשת מידי אביב, בעלים הסתמנה עליה עקבית בריכוזי הנתרן והכלור מידי עונה. העלייה המהירה של ריכוז הנתרן בעלים מיוחסת להעברה מהחלקים הרב שנתיים של הגפן, הגזע והענפים, אל העלים. בעקבות הניסוי הרב שנתי בגפן נמצא כי בחינה של ריכוז המלחים ברקמות הרב שנתיים מספקת תמונה אמינה על התפתחות תנאי עקת מלח בעץ כולו (שוורץ ואח', 2009; Netzer et al., 2010). ריכוז הנתרן ברקמות הקבועות של העץ מבטא בצורה טובה את הצטברות המלח מעונה לעונה ומאפשר לצפות מתי יגיעו ריכוזים אלה לסף רעיל מבחינת העץ. אנליזה של הרכב העצה עשויה לספק מידע על תהליכים המתרחשים בטווח זמן ארוך, דגימות של מוהל עצה עשויות לספק מידע על שינויים קצרי מועד בהרכב היונים המוסעים בעצה.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הכללית הינה לאבחן מהם המנגנונים האחראיים באופן ישיר לשינויים החלים בסביבת השורש ובתוך הצמח וגורמים לפגיעה בעצים הגדלים בקרקעות חרסיתיות מושקות בקולחים. אבחון גורמים אלו במספר קרקעות

חרסיתיות, בהשוואה בין עצי פרי המושקים במים שפירים לבין מי קולחים יאפשר הצעת פתרונות אפשריים. המטרות הספציפיות הן:

א. תיאור תהליכי החמצון-חיזור ומשטר המים בקרקעות חרסיתיות מושקות בקולחים על ידי מעקב רציף *in-situ* אחר פוטנציאל החמצון-חיזור ובחינת הקשר שלו לריכוזי החמצן, החנקן המינרלי (אמון, ניטריט וניטרט), הזרחן, הברזל והמנגן בתמיסת הקרקע בבית השורשים הפעיל.

ב. תיאור הדינמיקה של גידול מערכת השורשים בהשפעת קולחים במטע מסחרי;

ג. תיאור ההתפתחות הוגטטיבית והרפרודוקטיבית של העץ תחת השפעת השקיה בקולחים על ידי מעקב רציף אחר מדדים צמחיים;

ד. תיאור השינויים במצב המים בעץ, מצב ההזנה של הצמח (במספר יסודות הזנה שמושפעים ע"י מצבי החמצון-חיזור בקרקע: חנקן, זרחן, ברזל ומנגן) וקצב הפוטוסינתזה בהשקיה בקולחים לעומת הביקורת (מים שפירים).

ה. אפיון איכותי וכמותי של השינוי בתכונות ההידראוליות של קרקעות כבדות המושקות בקולחים לעומת אלו המושקות בשפירים.

ו. אפיון איכותי וכמותי של דגם פיזור המים והמומסים עבור שתי איכויות המים.

ז. שילוב הידע הנצבר במודל שיאפשר סימולציה של תהליך ההרטבה בעת השקיה בקולחים בהשוואה לזו בשפירים, וניצול מודל הסימולציה לזיהוי ממשקים מתאימים להשקיה בקולחים.

3. חומרים ושיטות

א. אתרי הניסוי

ניסוי האבוקדו בעכו: הניסוי מתבצע בחלקה בשטח של כ-10 ד' שניטעה בשנת 1996, בזנים אטינגר והאס על כנות וגטטיביות מכסיקניות ומערב הודיות (VC 189, VC 66 ו-VC 51 בהאס; VC 51, VC 28, VC 65 באטינגר). הטיפולים: השקיה בקולחים וטיפול ביקורת של השקיה במים שפירים. הניסוי מבוצע בארבע חזרות במתכונת של בלוקים באקראי כאשר בכל חזרה 7 עד 8 עצים מכל זן בתוספת עצי ושורות גבול. החלקה מושקית בטפטוף עילי, 2 שלוחות לשורה ('יונירעם' 1.6 ל'שעה במרווח של 0.5 מ' - 'נטפים'). שני הטיפולים מושקים שלוש פעמים בשבוע ובאותה מנת מים. מקור הקולחים הינו מאגר 'שמרת-אדמית', שבמשך השנים היו קולחים ביתיים ברמת טיהור שניונית והוסב בעונת 2011 למט"ש עכו המשודרג לספק קולחים לפי האיכות להשקייה בלתי מוגבלת על פי תקנות הקולחים.

ניסוי אגס בראש פינה: במחקר שהתחיל בשנת 2005 נכללו שלושה טיפולי השקיה, ביקורת של מים שפירים ושני טיפולי קולחים. בשלב ראשון הושקו שני טיפולי הקולחים בממשק זהה. בעקבות זיהוי תהליכי הצטברות מלחים בחתך הקרקע למרות גשמי החורף פוצלו ב-2007 טיפולי הקולחים במטרה לשפר חדרת מים לקרקע – בטיפול הקולחים הראשון ציוד השקיה זהה לשפירים (שתי שלוחות של 0.5 ל'שעה כל 0.5 מ') ובטיפול הקולחים השני יש שתי שלוחות של 1.6 ל'שעה כל 0.75 מ', כששיעור ההשקיה בטיפול הקולחים השני הוא כשליש מהטיפול הראשון. הניסוי מבוצע בשש חזרות במתכונת של בלוקים באקראי. בכל חזרה קיימים ארבעה עצי מדידה (שתי שורות) המוקפים בעצי גבול ושורות גבול מכל צד. מקור הקולחים בחלקה הינו מט"ש צחי"ר דרך מאגר הבלוע. כיום הקולחים הינם שניוניים.

ב. שיטות מדידה

על-מנת לקבוע את השפעת ההשקיה בקולחים על התכונות הכימיות של הקרקעות ועל מדדי גידול של העצים בשני שטחי המחקר, יבוצע מערך הבדיקות רקע הבא:

1. **קרקע:** בשני האתרים הקרקע נדגמה בשני מועדים (באביב ובסתיו), בשלושה עומקים (20, 40 ו-60 ס"מ), בכל הטיפולים וחזרות. בקרקע נבדק: מוליכות חשמלית, ריכוז כלוריד, נתרן, סידן, מגנזיום, חנקן-חנקתי, חנקן-אמוניאקלי, זרחן במיצוי אולסון, אשלגן במיצוי בסידן כלורי, pH ובורון.

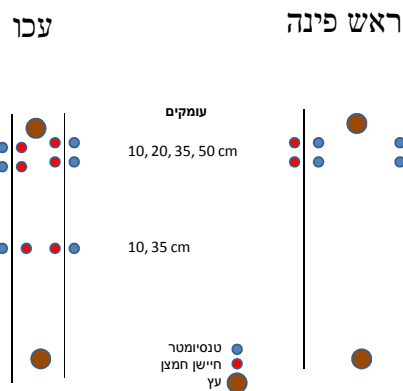
2. **איכות מים (שפירים וקולחים):** כל מקור קולחים נבדק פעם בחודש. בקולחים נבדקו הפרמטרים הבאים: מוליכות חשמלית, pH, ריכוז כלוריד, נתרן, סידן, מגנזיום, בורון, ביקרבונט, חנקן-חנקתי, חנקן-אמוניאקלי, חנקן כללי, זרחן מומס וכללי ואשלגן. מספר פעמים בשנה נבדקו גם BOD, COD, TSS וריכוז יסודות מיקרו בסריקה ב- ICP. המים שפירים בכל אתר נבדקו מספר פעמים בעונה: מוליכות חשמלית, pH, ריכוז כלוריד, נתרן, סידן, מגנזיום, בורון, ביקרבונט וחנקן-חנקתי.

3. **בדיקות עלים:** נדגמו עלים על פי השיטה והמועדים המקובלים במטעים המסחריים - אבוקדו בסוף חודש אוקטובר ואגס בתחילת חודש אוגוסט.

4. **קטיפ ויבול:** העצים מכל טיפול נקטפו באופן נפרד ונמדדו נתוני היבול ומספר הפירות לעץ. בוצע שקילה של כל פרי בנפרד לקבלת התפלגות גודל הפרי. בדו"ח זה מוצגות תוצאות היבול מניסוי האגס ומזן אטינגר בניסוי האבוקדו. הקטיפ של הזן האס בניסוי בעכו מתבצע בימים אלה ולא ייכלל בדו"ח הנוכחי.

תכונות כימיות ופיזיקליות של הקרקע

1. **חיישני חמצן וטנסיומטרים:** בשני האתרים נעשה שימוש בחיישני חמצן 50-KE של חברת Figaro מיפן. החיישן מספק קריאה של מתח שהיא מתכונתית עם ריכוז החמצן. קריאת החיישן איננה מושפעת מגזים אחרים לרבות דו-תחמוצת הפחמן. לחיישן תיקון מובנה לטמפרטורה בעזרת טרמיסטור המותקן בתוך החיישן. כל חיישן כויל ע"י מדידה של ריכוז חמצן באוויר החופשי המכיל 21% חמצן. במהלך קיץ 2012 הוכנה תשתית להעברת הכבלים מהחיישנים השונים לאוגר נתונים מרכזי ולהספקת מתח בעזרת פנל סולרי בעכו ובראש פינה. בעכו, הכבלים עוברים באוויר דרך סדרה של תרנים אשר מוקמו בתוך שורות העצים. בראש פינה הכבלים עוברים מתחת לקרקע בתוך צינורות הובלה קבורים. החיישנים מוקמו בשורות העצים השונות לפי הטיפולים. בשני האתרים, מוקמו חיישנים בעומקים 10, 20, 35, ו- 50 ס"מ מתחת לפני הקרקע כ- 15 ס"מ ליד הטפטפת הנמצאת כ- 50 ס"מ מגזע העץ. בעכו, מוקמו גם חיישנים בעומקים 10 ו- 35 ס"מ כ- 15 ס"מ ליד הטפטפת הנמצאת בין שני עצים סמוכים. החיישנים מוקמו ב-3 חזרות. בסה"כ הותקנו 36 חיישנים בעכו ו-24 חיישנים בראש פינה. כל החיישנים מוקמו ליד טנסיומטרים (מחברת מוטס בעכו ומחברת נטפים בראש פינה) אלקטרוניים המאפשרים מדידה רציפה שמשודרת למערכת ממוחשבת. הטנסיומטרים מספקים מידע על משטר המים בסביבת החיישן. תרשים של מיקום החיישנים והטנסיומטרים מוצג באיור 1.



איור 1: סכמה של מיקום חיישני החמצן והטנסיומטרים בשני האתרים

התקנת החיישנים הסתיימה באוגוסט בעכו, וביולי בראש פינה. הגשמים של תחילת העונה בנובמבר גרמו להצפה בקופסת החיבורים בראש פינה. אוגר הנתונים ניזוק והמערכת לא פעלה במשך מספר שבועות. המצב תוקן ובשלב זה המערכת תקינה ואוגרת נתונים. מכיוון שנמצאים רק בשלב הראשוני של איסוף ועיבוד הנתונים יוצגו רק תוצאות ראשוניות של תחנות מדידה נבחרות בשני האתרים על מנת להדגים את איכות הנתונים המתקבלים.

2. **מדידת פוטנציאל חמצון-חיזור** בבית השורשים מתבצעת באמצעות זוגות חיישנים – אלקטרודת חמצון-חיזור (ORP)-

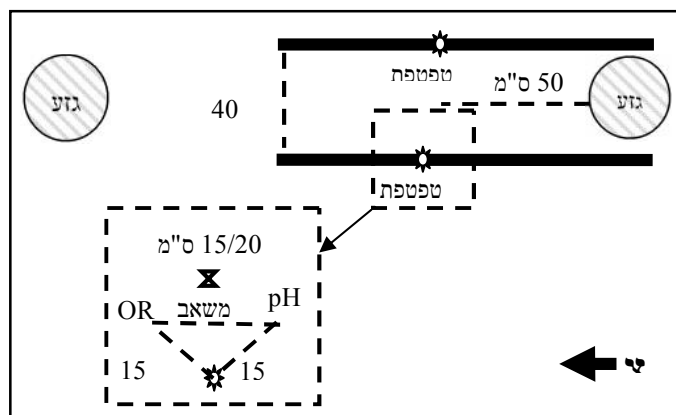
Oxidation Reduction Potential) משולבת Ag/AgCl של חברת Van London Phoenix למדידת Eh(mV) בקרקע, ואלקטרודת pH משולבת Ag/AgCl של חברת אל חמה.

תבנית פריסת החיישנים - לכל עץ מדידה 2 זוגות חיישנים, זוג בשלוחת הטפטפות המזרחית לעץ וזוג בשלוחת הטפטפות המערבית לעץ. החיישנים מוצבים בסמוך לטפטפת המצויה 50 ס"מ צפונית לגזע העץ, 15 ס"מ לכיוון הרווח בין השורות, ועומק הטמנתם הינו 25 ס"מ מפני השטח. מרחק בין חיישן החמצון-חיזור לחיישן ה-pH הינו 20 ס"מ באבוקדו ו-15 ס"מ באגס. תבנית ההצבה מוצגת באיור 2.

ביום ההצבה כוילו החיישנים בשטח הניסוי. אלקטרודות החמצון-חיזור כוילו אל מול תמיסות Quinhydrone ואלקטרודות ה-pH כוילו אל מול תמיסות בופר pH=4 ו-pH=7. האלקטרודות הוצבו לתוך קידוחים בקרקע מעט רטובה ופני האלקטרודה הוצמדו אל הקרקע.

אגירת הנתונים - בחלקת האבוקדו מתבצעת אגירת הנתונים באמצעות אוגרי נתונים MultiLog Pro של חברת פורייה. בחלקת האגס מתבצעת אגירת הנתונים באמצעות אוגרי נתונים pH-temp 101 של חברת Madgetech. פריקת הנתונים מאוגרי הנתונים מתבצעת כל 10-21 יום. עיבוד הנתונים - מתבצע באמצעות תוכנת אקסל. ערכי pe מחושבים על סמך משוואת נרנסט.

3. **דגימת תמיסת הקרקע:** דגימת התמיסה מתבצעת באמצעות משאבי קרקע. המשאבים מוצבים במרחק 15 ס"מ מהטפטפות שבהן נמדד פוטנציאל החמצון-חיזור ובעומק 25 ס"מ (איור 2). המשאבים מורכבים מבית מסנן עליו מורכב מסנן 0.45 מיקרון. בית המסנן מחובר באמצעות צינור גמיש אל מזרק היוצר כוח יניקה מתמיד המאפשר יניקת תמיסת קרקע אל תוך בית המזרק ללא מגע עם אוויר. משאבי הקרקע הוצבו אל תוך קידוח והוצמדו אל קרקע לחה. דגימת התמיסה תבצע תקופתית. בדיקת תכולת יסודות כללית תבצע באמצעות מכשיר ICP. קביעת ריכוז ברזל מחוזר תבצע בשיטה קולורимטרית על ידי כילאט פרוזין. דיגום ראשון בוצע, אולם אין עדיין תוצאות אנליטיות. חברת אל חמה.



איור 2: תבנית הצבת חיישני ORP ו-pH ודוגם תמיסת הקרקע בכל נקודת מדידה.

מעקב צמחי

1. **התפתחות שורשים:** במטרה לבחון את התפתחות השורשים, במטע אבוקדו בעכו הוצבו בתאריך 21/6/2012 מערכות גלילים Ingrowth cores לקביעה של צמיחת השורשים (תמונות של הגלילים ותהליך ההוצאה מוצגות בנספח). נערכו קידוחים שלתוכם הוכנסו סלי רשת בקוטר 10 ס"מ ובאורך 33 ס"מ שמולאו בקרקע המקומית נקיה משורשים בצפיפות זהה לזאת שבשטח. הגלילים הוצבו ליד עצי אבוקדו מזן האס על כנה VC66 במרחק של כ-1 מ' מהעץ ו-10 ס"מ מהשלוחה המזרחית מצידה הפנימי. הוצבו 8 גלילים בשורות של עצים המושקים במים שפירים ו-8 גלילים בשורות המושקות בקולחים. בנוסף לכך הוצבו בכל טיפול גליל ממולא פרלייט וגליל ממולא בחול-חמרה במטרה להשוות את צמיחת השורשים אליהם עם הצמיחה לגלילים המלאים בקרקע. הוצאת הגלילים ובדיקת צמחת השורשים במטע

האבוקדו יתבצעו במהלך חודש ינואר והתוצאות ידווחו בדו"ח השנתי הבא.

במטע האגס בראש-פינה הוצבו בתאריך 26/7/2012 מערכות גלילים Ingrowth cores לקביעה של צמיחת השורשים באותה שיטה כמו בעכו. הוצבו 6 גלילים בחלקות המושקות במים שפירים ו-6 גלילים בחלקות המושקות בקולחים. בתאריך 20/11/2012 נשלפו סלי הרשת, השורשים נשטפו במים והמידות שלהם נקבעו בעזרת תוכנה ייעודית WinRhizo (Regent Inst. Canada) הביומסה נקבעה לאחר ייבוש בתנור.

2. **תכולת מינרלים באברי העץ:** העצה של הגזע באבוקדו ובאגס נדגמה פעמיים בשנה. הדגימה הראשונה באבוקדו בוצעה באביב עם תום הגשמים ולפני תחילת ההשקיה (05/04/2012) והדגימה השנייה בוצעה בסתיו לפני תחילת הגשמים (13/10/12). באגס הדגימה הראשונה בוצעה באמצע העונה סמוך למועד הקטיף (26/7/12) והדגימה השנייה בוצעה בסתיו (13/10/12). העצה של הגזע נדגמה ע"י קידוח של נקב בקוטר שישה מ"מ בגובה שבין 30 ל-50 ס"מ מעל פני הקרקע. כדי לדגום את העצה בלבד, לפני הקידוח הוסרה פיסת הסות (Bark) כדי להפריד בין העצה לבין הרקמות שמחוץ לעצה: השיפה והפרידרם. בדגימה האביבית של עצי האבוקדו נדגמו גם הרקמות שמחוץ לעצה (שיפה). נקדח בעצה נקב לעומק של 3 ס"מ בקירוב והנסורת שנפלטה בזמן הקידוח נאספה. נלקחו שלוש דגימות מכל אחד מעצי הטיפול והביקורת. הנסורת הובאה למעבדה, יובשה בתנור 70°C במשך שלושה ימים. הנסורת היבשה ניטחנה ודוגמה שמשקלה 300 מ"ג עוכלה באמצעות חומצה ניטרית. המיצוי נמהל וריכוזי המינרלים נמדד באמצעות ICP.

3. **פוטנציאל המים בצמח:** על-מנת לקבוע את משק המים בעצים (אגס ואבוקדו) בוצע מדידה של פוטנציאל המים בגזע בתדירות גבוהה לאורך העונה. המדידה בוצע באמצעות תא לחץ (PMS OR USA) על עלים מחובו של הנוף שכוסו בשקית פלסטיק מצופה נייר אלומיניום כשעה וחצי עד שעתיים לפני המדידה (בשעת הצהריים). נמדדו שני עלים לחזרה. כמו כן, בוצעו עקומים יומיים של פוטנציאל המים.

ניתוח סטטיסטי- נערך ניתוח סטטיסטי של התוצאות באמצעות תוכנת JMP. הניתוח היה חד-גורמי. כאשר מובהקות הניתוח ($Prob > F$) קטנה מ-0.05 נבחן מובהקות ההבדלים בין טיפולי המים השונים עבור המשתנה המסוים. הבדלים אלה נערכו ע"י השוואת ממוצעים בשיטת Student's T-test. באיורים השונים אותיות שונות מצביעות על הבדל מובהק בין טיפולי המים.

תוצאות

כמויות מים ויסודות הזנה: מוצגות בטבלה 1. כמויות המים בטיפולים השונים בכל אחד מן האתרים היו דומות. בניסוי האגס הדישון במים השפירים היה על פי ההמלצות לחלקות אגס המסחריות באזור וטיפול הקולחים קבלו את כמות יסודות ההזנה כפי שנובע מהריכוז בקולחים וכמויות המים העונתיות. נובע מכך שטיפול הקולחים קבלו זרחן (שלא ניתן במים השפירים) ואשלגן בכמות גדולה יותר מהמים השפירים. בניסוי האבוקדו בעכו טיפול הקולחים קיבל 10 ק"ג חנקוד' בהתאם לריכוז החנקן בקולחים והיתרה (13.9 ק"ג חנקוד') כדשן אורן. כמות הזרחן והאשלגן היו דומות בשני הטיפולים.

טבלה 1: כמויות מים ויסודות ההזנה בטיפולים השונים בשני אתרי הניסוי

אגס			אבוקדו		גידול	
ראש פינה			עכו		אתר	
קולחים 2	קולחים 1	שפירים	קולחים	שפירים	טיפול	
706.8	701.7	702.4	542.4	542.1	מ"קד'	מים - שנתי
13.4	13.4	5.5	22.9	23.5	ק"גד'	חנקן (N)
7	6.9	0	5	4.8		תחמוצת זרחן (P_2O_5)
45.3	44.9	18.5	24.6	24.6		תחמוצת אשלגן (K_2O)

איכות המים: תוצאות איכות המים בשני האתרים מופיע בטבלה נ-1 בנספח.

בניסוי האבוקדו (עכו) (איורים נ-1 בנספח), נמצא שהמוליכות החשמלית גבוהה יותר בטיפול הקולחים, אף שההבדלים אינם מובהקים סטטיסטית. הבדלים אלה מתאימים לפערים בריכוז המלחים במי ההשקיה. עד לעומק 45 ס"מ ריכוז הנתרן וערך ה-SAR בקרקע המושקית בקולחים גבוהים באפן מובהק מאלה שבקרקע המושקית במים שפירים. אולם, ערך ה-SAR הגבוה יותר בקולחים אינו חריג ומתאים ל-SAR במים.

באופן דומה, ריכוז הבורון בעיסה הרוויה של הקרקע בשתי העונות גבוה יותר בקרקעות המושקות בקולחים, ובסתיו ההבדל לעומת הקרקע המושקית במים שפירים גדול יותר ומובהק סטטיסטית. אף שקיים הבדל בריכוז הבורון בין שני סוגי המים, ריכוז הבורון בקולחים נמוך יחסית לערכים שהיו בעבר במקורות הקולחים וביניהם במקור הקולחים של חלקת הניסוי. הפערים בין הקרקעות הינם כנראה תוצאה של שנים רבות של השקיה בקולחים בהם ריכוז הבורון היה גבוה הרבה יותר. צריך לציין ששטיפת הבורון מהקרקע ובמיוחד בקרקעות חרסיתיות יעילה פחות ממלחים מומסים אחרים (כלוריד). הוכחה לכך הינו ריכוז הבורון במניטול הגבוה יותר בקרקעות המושקות בקולחים (מובהק סטטיסטית באביב). המינציו במניטול ממצה את כלל הבורון בקרקע (בתמיסה וספוח). הצטברות הבורון (כאשר רובו ספוח על החרסית) ושטיפתו האיטית מאפיין במיוחד קרקעות חרסיתיות מהסוג שיש באתר הניסוי (טרצייצקי ואח', 2004 ו-2006).

בריכוז החנקן האמוניאקלי, החנקן החנקתי, הזרחן (אולסן) והאשלגן (סידן כלורי) לא נמצאו הבדלים. תוצאות אלה מתאימות לכך שהתשומה השנתית בחנקן, זרחן ואשלגן היתה דומה בשני הטיפולים.

בניסוי האגס (ראש פינה) (איורים נ-2 בנספח), היו ערכי המוליכות החשמלית בטיפולי הקולחים גבוהים מאלה שהתקבלו בקרקע המושקית במים שפירים, ובחלק מהעומקים הבדלים אלה היו מובהקים סטטיסטית. בחלק מהעומקים בסתיו ערכי המוליכות הגיעו לכ-2.0 דצ"ס/מ'. ריכוז הבורון בקרקע המושקית בקולחים גבוה מזה שבקרקע מושקית במים שפירים, אם כי ההבדל אינו מובהק. גם בקולחים בראש פינה ריכוז הבורון נמוך יחסית לשנים קודמות, אבל עדיין גבוה יותר מאשר במים השפירים.

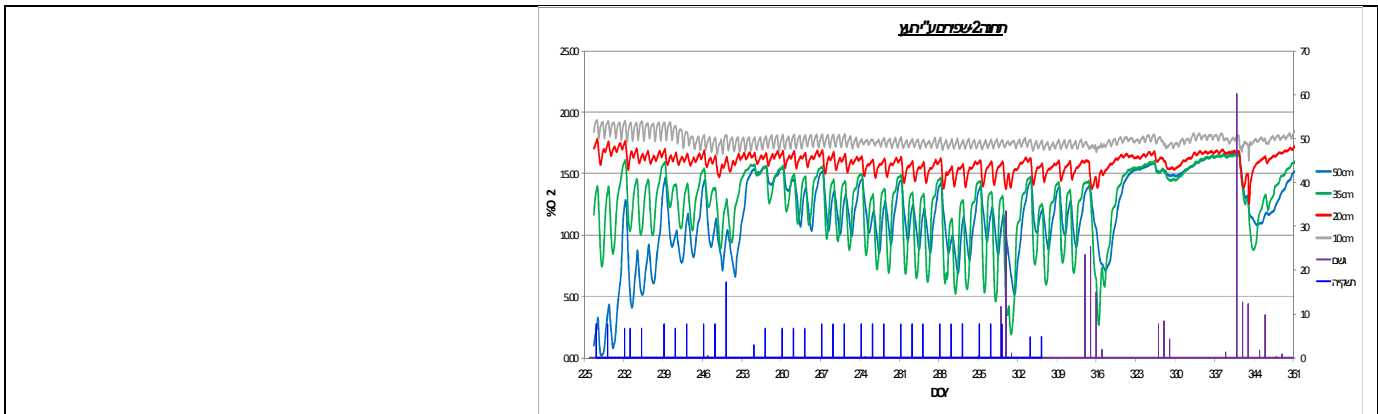
ריכוז הנתרן וה-SAR בטיפולי הקולחים גבוהים יותר, בדרך כלל באופן מובהק סטטיסטית, מאלו שבקרקע המושקית במים שפירים. יש לציין שערכי ה-SAR המתקבלים בקרקע [6-10 (מא"קולי)^{1/2}] גבוהים מהצפוי מהשקיה בקולחים בעלי SAR שבמהלך הניסוי היה בתחום 3.5-5.0 (מא"קולי)^{1/2}. שוני זה נובע כנראה מההרכב מינרלי החרסית בקרקע הבזלתית בחלקה בה נערך הניסוי. תכולת הגיר הממוצעת בקרקע הינה 1.6%.

לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים בריכוז החנקן האמוניאקלי, בסתיו. לעומת זאת ריכוז החנקן החנקתי גבוה באופן מובהק בקרקעות המושקות בקולחים, כנראה כתוצאה מכך שתשומת החנקן הכללית (טבלה 1) בקולחים כפולה מזו שבטיפול של המים השפירים. לעומת זאת, בריכוז הזרחן בקרקע (מיצוי אולסן) נוצרו הבדלים משמעותיים בעומק 15 ס"מ ואף יש חדירה של הזרחן לעומק 45 ס"מ. הבדלים אלה נובעים מתשומת הזרחן הגבוהה בטיפולי הקולחים לעומת העדר דיסון זרחני בטיפול המושקה במים שפירים. לגבי האשלגן קיימת הצטברות בשכבה העליונה של הקרקע המושקית בקולחים, אם כי ההבדל אינו מובהק. הצטברות זאת נובעת מכך שלמרות הדיסון האשלגני המוגבר בחלקות המים השפירים (18.5 ק"ג תחמוצת אשלגן/ד' בעונה האחרונה) בחלקות הקולחים תשומת האשלגן הייתה יותר מכפולה (כ-45 ק"ג תחמוצת אשלגן/ד' בעונה האחרונה) הנובעת מהריכוז החריג של אשלגן בקולחים (טבלה 2).

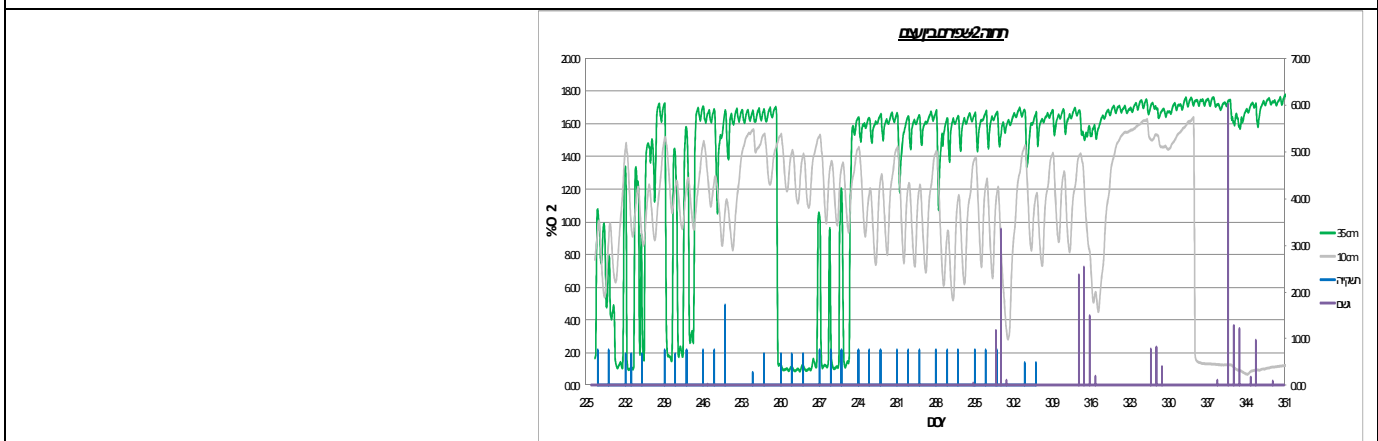
פוטנציאל המים בקרקע – טנסיומטרים: באיור נ-3 (נספח) מוצגת השתנות פוטנציאל המים בקרקע בטיפולים השונים בניסוי האבוקדו. ניתן להבחין שבמהלך החודשים אפריל-יוני מתח המים, בעומקים 10 ו-35 ס"מ בתחנה הקרובה לעץ, היה גבוה יותר בטיפול הקולחים. בעומק 20 ס"מ בחלק מהתקופה מתח המים היה גבוה יותר בטיפול המים השפירים. בתקופות הבאות (יולי-ספטמבר ואוקטובר-דצמבר) מתח המים הגבוה יותר באופן בולט בטיפול המים השפירים לעומת

הקולחים בכל העומקים. יש לציין שבמהלך כל העונה כמויות המים שהושקו היו כמעט זהות בשני הטיפולים וכך כמות המים המצטברת לעונה (טבלה 1). תוצאות אלה מצביעות כנראה על קליטת מים נמוכה יותר בעצים המושקים בקולחים. בניסוי האגס (איור נ-4), מתח המים בקרקע בחלק מזמן המדידה היה גבוה יותר בטיפול הקולחים ובחלקו במים שפירים ואין אפשרות עדיין להצביע על מגמה ברורה או על הבדל בין הטיפולים. צריך לציין שהתקנת הטנסיומטרים בראש פינה הייתה מאוחרת יותר ועד להתייצבות המערכת נערך הקטיף ומנות המים הוקטנו.

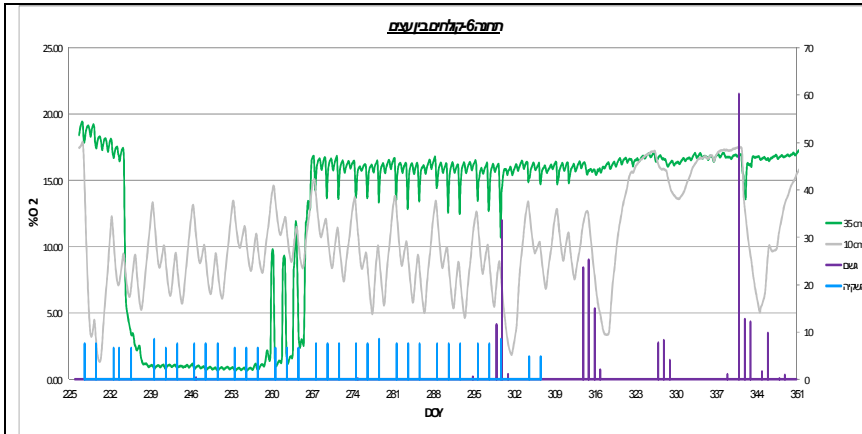
ריכוז חמצן: לאחר ההתקנה, החיישנים נמצאים בשלב הראשוני של איסוף ועיבוד הנתונים. בהמשך מוצגות תוצאות ראשוניות של תחנות מדידה נבחרות בשני האתרים על מנת להדגים את איכות הנתונים המתקבלים. התוצאות מחלקה המושקת במים שפירים **בעכו** (תחנה 2) מוצגות באיור 1. ליד העץ, ניתן לראות בבירור את השפעת אירועי ההרטבה (השקיה וגשם) על ריכוז החמצן בקרקע. משרעת השינוי גדלה עם העומק בגלל השינוי בתכונות הקרקע והירידה בקליטת המים ע"י העץ עם העומק. בעומק של 10 ס"מ בו הקרבה לאוויר היא הגבוהה ביותר וצריכת המים ע"י העץ גם כן, אין מחסור בחמצן. לעומת זאת, במיקום שבין העצים, שם ההנחה היא שיש הרבה פחות שורשים פעילים, המחסור בחמצן הכי גדול בעומק הזה בגלל שאין קליטה של מים ומרבית ההשקיה הולכת להרטבת הקרקע (איור 2). התוצאות מהחלקה המושקת במי קולחים בעכו (תחנה 6) מוצגות באיור 3. ניכר ההבדל בתפקוד שכבת הקרקע בעומק 20 ס"מ, בה יש פחות חמצן בהשוואה לאותה שכבה המושקת בשפירים. כמו כן, ההתנהגות בעת גשם שונה וניכר שהקרקע מגיבה בצורה שונה לאחר הרטבה בכמויות מים גדולות יחסית. בחיישנים שבין העצים לא נראה בשלב זה הבדל מהותי בין שני איכויות המים (איור 4). התוצאות מחלקה המושקת במים שפירים ובקולחים **בראש פינה** (תחנה 3) מוצגות באיור 5 ובאיור 6, בהתאם. השפעת איכות מי ההשקיה על השתנות רמת החמצן בעומקים השונים ברורה. ברור גם ההבדל בין שני האתרים, עכו וראש פינה. עם זאת מתקבל שבשני אתרים אלה השכבה הבעייתית הינה שכבת הביניים בין העומקים 20 ו-40 ס"מ.



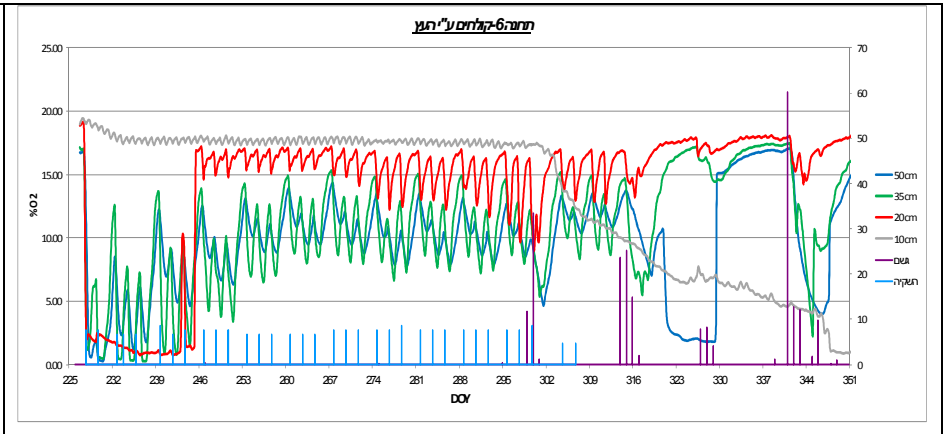
איור 1: ריכוז חמצן בקרקע בעומקים שונים ליד עץ מושקה במים שפירים בניסוי האבוקדו



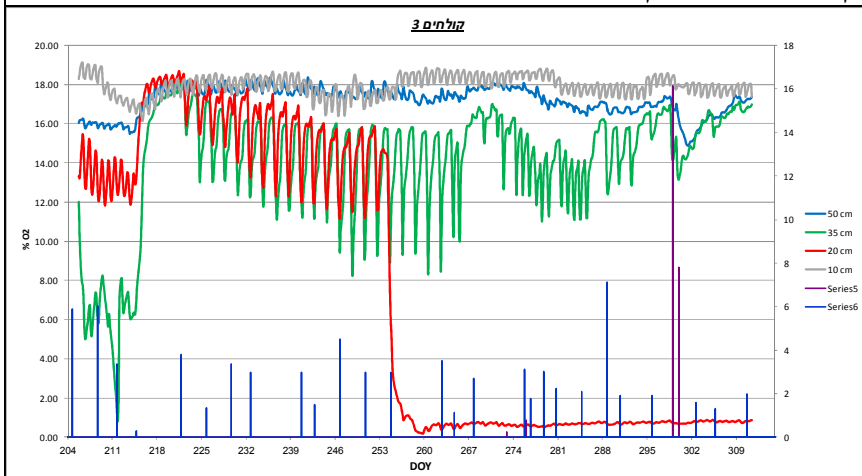
איור 2: ריכוז חמצן בקרקע בעומקים שונים בתחנה ממוקמת בין שני עצים מושקים במים שפירים בניסוי האבוקדו



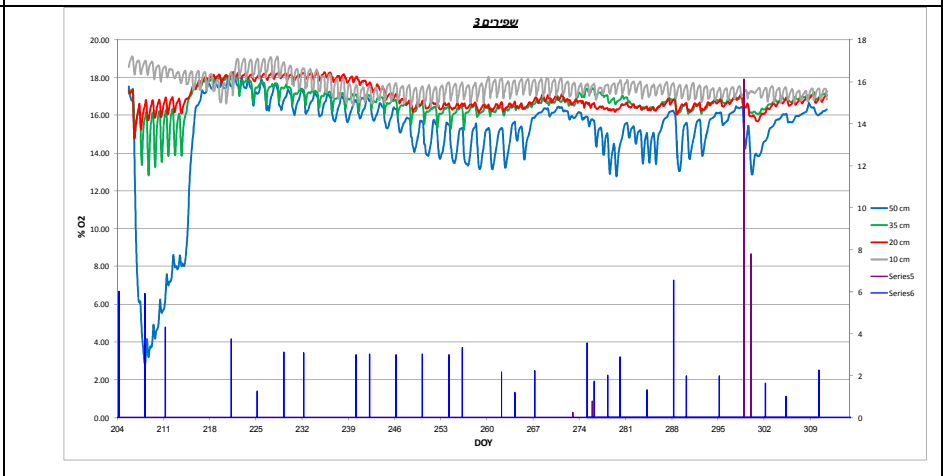
איור 4: ריכוז חמצן בקרקע בעומקים שונים בתחנה ממוקמת בין שני עצים מושקים בקולחים בניסוי האבוקדו



איור 3: ריכוז חמצן בקרקע בעומקים שונים ליד עץ מושקה בקולחים בניסוי האבוקדו



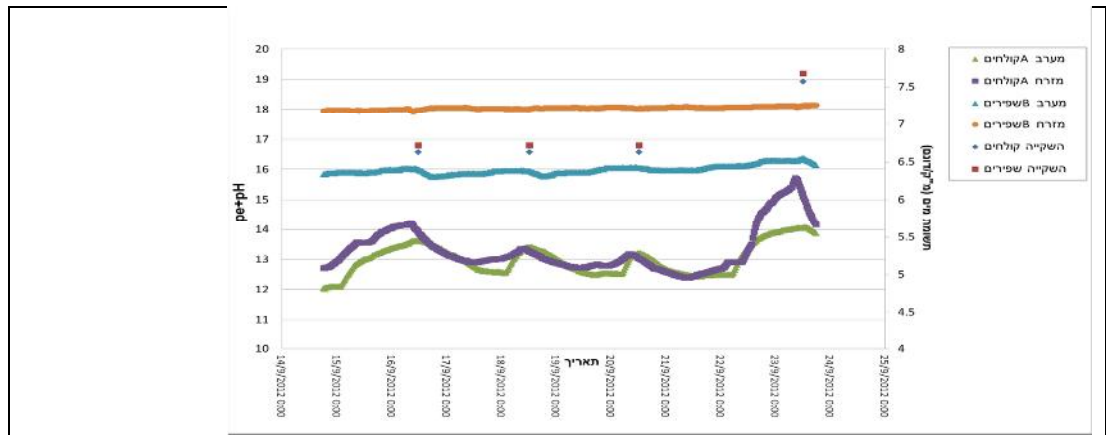
איור 6: ריכוז חמצן בקרקע בעומקים שונים ליד עץ מושקה בקולחים בניסוי האגס



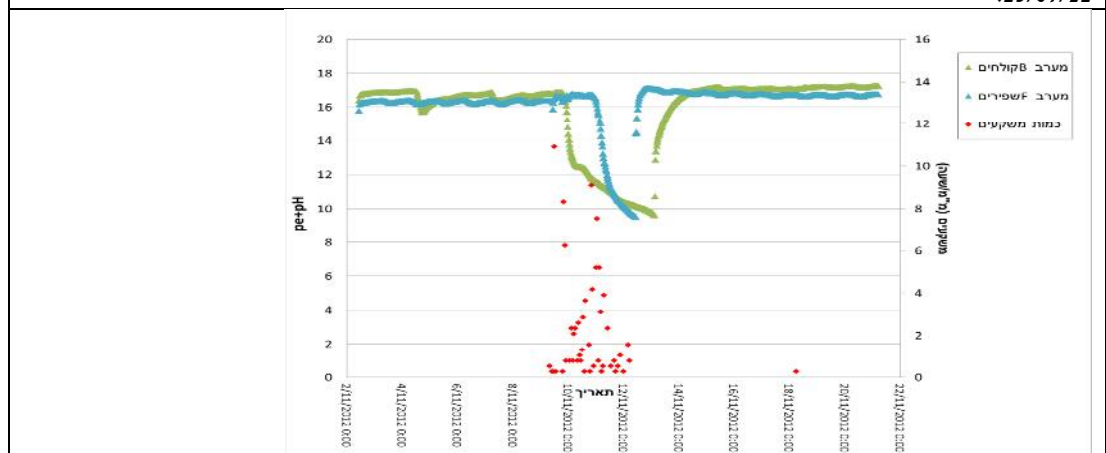
איור 5: ריכוז חמצן בקרקע בעומקים שונים ליד עץ מושקה במים שפירים בניסוי האגס

פוטנציאל חמצון-חיזור: מדידות חמצון חיזור התבצעו במהלך תקופת ההשקיה בחלקת האבוקדו בלבד כתוצאה מתקלות טכניות בחלקת האגס. כמו בנתוני החמצן, גם כאן מוצגות רק תוצאות ראשוניות מייצגות, ללא ניתוח סטטיסטי מסודר. איור 7 מציג את ערכי ה-pe+pH שנמדדו בתאריכים 14-25/09/12 במטע האבוקדו בסמוך לסיום עונת ההשקיה. ערכי ה-pe+pH בחלקת הקולחים היו נמוכים מאלה שבחלקת השפירים. התנודות בערכים תואמות את זמני ההשקיה – בשתי החלקות קיימת ירידה בערכי ה-pe+pH לאחר השקיה ולאחר מכן עליה חזרה עד להשקיה הבאה. שיעור הירידה בחלקות הקולחים היה גדול מזה שבחלקות השפירים, וכן גם משך הירידה.

באיור 8 מוצגים ערכי pe+pH שנמדדו בתאריכים 02-21/11/12, במטע האגסים בתחילת עונת הגשמים. הערכים בחלקת הקולחים היו דומים לאלה שנמדדו בחלקת השפירים. קיימת תנודתיות קלה בערכים, התואמת את המחזור היומי של שינויי הטמפרטורה (נתונים לא מוצגים). תגובה חריפה הרבה יותר של ירידה חדה בערכי ה-pe+pH התקבלה לאחר הגשמים. לאחר מכן חלה עליה לערכים דומים לאלו שנמדדו לפני הגשם. שיעור הירידה היה דומה בשתי החלקות, אך משך השהייה בערכים הנמוכים היה גדול יותר בחלקה המושקית בקולחים.



איור 7: ערכי pe+pH בחלקות האבוקדו המושקות בקולחים ובמים שפירים ומועדי ההשקיה בין התאריכים 14-25/09/12.



איור 8: ערכי ה-pe+pH בחלקות האגס המושקות בקולחים ובמים שפירים, וכמות המשקעים, בין התאריכים 02-21/11/12.

מעקב צמחי

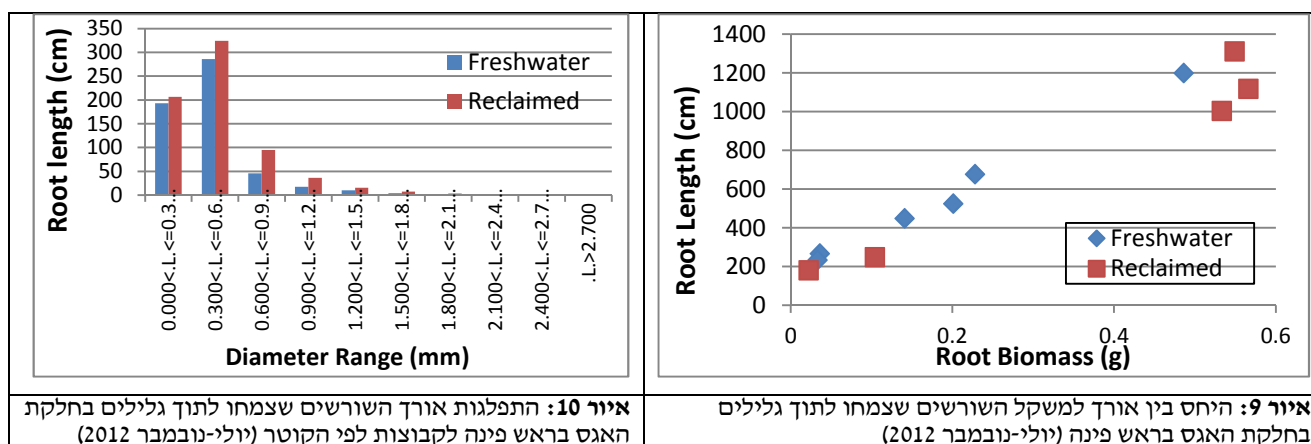
התפתחות שורשים: בטבלה 3 מוצגים הממוצעים וסטיות התקן של ממדי השורשים שצמחו לתוך גלילים שהותקנו בחלקת האגס (ראש פינה) בתקופה 20.11.2012-26.7.2012. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין טיפול הביקורת (מים שפירים) והקולחים. נתגלו מעט שורשים עבים בצורה יוצאת דופן והתכונות האנטומיות שלהם ייקבעו בשיטות מקובלות למיקרוסקופית אור.

טבלה 3: ממוצעים וסטיות תקן של ממדי השורשים בשני הטיפולים (שפירים וקולחים) בין יולי-נובמבר

טיפול	ביומסה גר'	אורך ס"מ	שטח פנים ס"מ ²	קוטר ממוצע מ"מ	נפח ס"מ ³
שפירים	ממוצע	0.188	559.01	0.47	1.02
	סטיית תקן	0.167	354.23	0.03	0.79
קולחים	ממוצע	0.405	694.13	0.58	1.74
	סטיית תקן	0.270	505.47	0.05	1.17

באיור 9 מוצג הקשר בין אורך השורשים בכל דוגמה למשקלם. נראה שהקשר ישר בכל הדוגמאות ואין הבדל מובהק בין השורשים בעצים המושקים במים שפירים לאלו המושקים בקולחים. באיור 10 מוצגת ההתפלגות אורך השורשים לעשר דרגות קוטר. בשני המקרים נראה שרוב השורשים היו בתחומי הקטרים 0 – 0.6 מ"מ. גם מבחינה זאת לא היה הבדל בין הטיפולים.

גלילי השורשים בניסוי עכו הוצאו מהקרקע במהלך כתיבת הדו"ח ומדגמי השורשים נמצאים בתהליך טיפול. הממצאים יוצגו בדו"ח השנתי הבא.



בדיקות עלים: תוצאות בדיקות העלים שנערכו בחלקות הניסוי מוצגות בטבלאות 4 ו-5.

בניסוי האבוקדו (טבלה 4), בזן אטינגר, נמצא שאין הבדל בריכוז החנקן הזרחן בעלים בין טיפול הקולחים וטיפול המים השפירים. לעומת זאת, ריכוזי האשלגן והאבץ היו גבוהים באופן מובהק בטיפול הקולחים, ואילו ריכוז המנגן היה נמוך יותר בקולחים. גורמי המליחות, ריכוז הבורון (באופן מובהק) וריכוז הכלוריד היו גבוהים יותר בעלים של העצים המושקים בקולחים. גם בזן האס לא נמצא הבדל בין הטיפולים בריכוז החנקן והזרחן. גם האשלגן גבוה יותר בקולחים לעומת הסידן שהינו נמוך באופן מובהק בטיפול הקולחים. גם בזן זה ריכוז המנגן נמוך יותר בקולחים, אם כי הבדל זה אינו מובהק.

בניסוי האגס (טבלה 5), ריכוז החנקן בטיפולי הקולחים היה גבוה באופן מובהק מהריכוז בעצים המושקים במים שפירים, כפי שצפוי בתשומת החנקן בטיפולים שהינה כפולה בטיפולי הקולחים (טבלה 1). בריכוז הזרחן אין הבדל מובהק, אף שבטיפול במים שפירים לא הייתה תוספת של דישון זרחני. ריכוז המנגן היה גבוה יותר

בקולחים לעומת האבץ שהיה נמוך יותר. מבחינת גורמי המליחות, ריכוז הכלוריד גבוה יותר בטיפול הקולחים, אם כי הבדלי זה אינו מובהק. לעומת זאת, בריכוז הנתרן בעלים גבוה באופן מובהק בשני טיפולי הקולחים. תכולת מינרלים באברי העץ: בטבלה 6 מוצגות תוצאות אנאליזה מינרלית של דגימות עצה ועלים שבוצעו במטע האבוקדו בסתיו. נתוני דגימות האביב באבוקדו והקיץ והסתיו באגס לא מוצגות בדו"ח. באיורים 11 ו-12 מוצגים ריכוזי הנתרן, הכלוריד והבורון באבוקדו ובאגס משני מועדי הדגימה. בעצה שנדגמה באביב באבוקדו מושקה בקולחים ריכוז הנתרן היה 171 מ"ג/ק"ג ובסתיו היה 349 מ"ג/ק"ג. בעצה של העצים המושקים במים שפירים היה ריכוז הנתרן באביב 23 מ"ג/ק"ג, ובסתיו הוא עלה ל-47 מ"ג/ק"ג. ריכוז הנתרן בעצה הכפיל עצמו במהלך הקיץ הן בקולחים והן בשפירים. ריכוזי הנתרן בעצה של העצים המושקים בקולחים גבוה, הן באביב והן בסתיו, פי 7.4 מאשר באלה המושקים במים שפירים. ריכוז הנתרן בעלים בדגימת הסתיו היה נמוך ולא ניכר הבדל בין הטיפולים. מדידות הנתרן של העונה הראשונה מעידות על קיומו של ריכוז נתרן גבוה בגזע יתכן כמנגנון מידור הנתרן ומניעת הגעתו לעלים. בניגוד לנתרן, ריכוז הכלוריד בעצה היה דומה בשני הטיפולים באביב והוא אף ירד במידה מועטה בדגימות הסתיו. בעלים בטיפול הקולחים היה ריכוז הכלוריד גבוה ב-87% מריכוזו בעלים של העצים שהושקו במים שפירים. בניגוד לנתרן הכלוריד איננו ממודר בעצה אלא עלה אל העלים. ריכוז הבורון בסתיו בעצה של העצים שהושקו בקולחים (28 מ"ג/ק"ג) היה גבוה ב-50% מריכוזו בעצה של העצים שהושקו במים שפירים (16 מ"ג/ק"ג). בעלים נמצא הבדל גדול יותר – ריכוז הבורון בסתיו היה גבוה ב-70% בעצים המושקים בקולחים לעומת העצים המושקים במים שפירים. תוצאות אנליזה המינרלים שבוצעה בשנה הראשונה מצביעה כי באבוקדו מושקה הקולחים חלה במהלך הקיץ עליה בריכוז הנתרן והבורון בגזע ועליה בריכוזי הכלוריד והבורון בעיקר בעלים.

באגס הדגימה הראשונה בוצעה בקיץ סמוך לקטיף והשנייה בסתיו לאחר הפסקת ההשקיה. ריכוז הנתרן בגזע בקיץ היה בעצים המושקים בקולחים כפול בקירוב מזה של העצים המושקים במים שפירים, 314 מ"ג/ק"ג לעומת 161 מ"ג/ק"ג, בהתאמה. ריכוז הנתרן בעצה של עצי הקולחים לא השתנה באופן משמעותי עד לסוף העונה אך דווקא הריכוז בעצים המושקים במים שפירים עלה עד לסוף העונה בכ-30%. ריכוז הנתרן בעלי האגס הכפיל עצמו מאמצע הקיץ ועד לסתיו ועלה מ-74 מ"ג/ק"ג ל-164 מ"ג/ק"ג בעצים המושקים בקולחים ומ-40 מ"ג/ק"ג ל-88 מ"ג/ק"ג בעצים המושקים במים שפירים. ריכוזי הכלוריד בעצה נמוכים יחסית, ואף ירדו במהלך הקיץ. לעומת זאת, ריכוז הכלוריד בעלים עלה במהלך הקיץ. ריכוז הבורון בגזע בדגימות הקיץ היה דומה בשני הטיפולים. בין הקיץ לסתיו נמדדה בגזע עליה בשיעור של 18% בריכוז הבורון. בריכוז הבורון בעלים לא היה הבדל בין שני הטיפולים, והוא גם לא השתנה באופן משמעותי בין דגימת הקיץ לדגימת הסתיו.

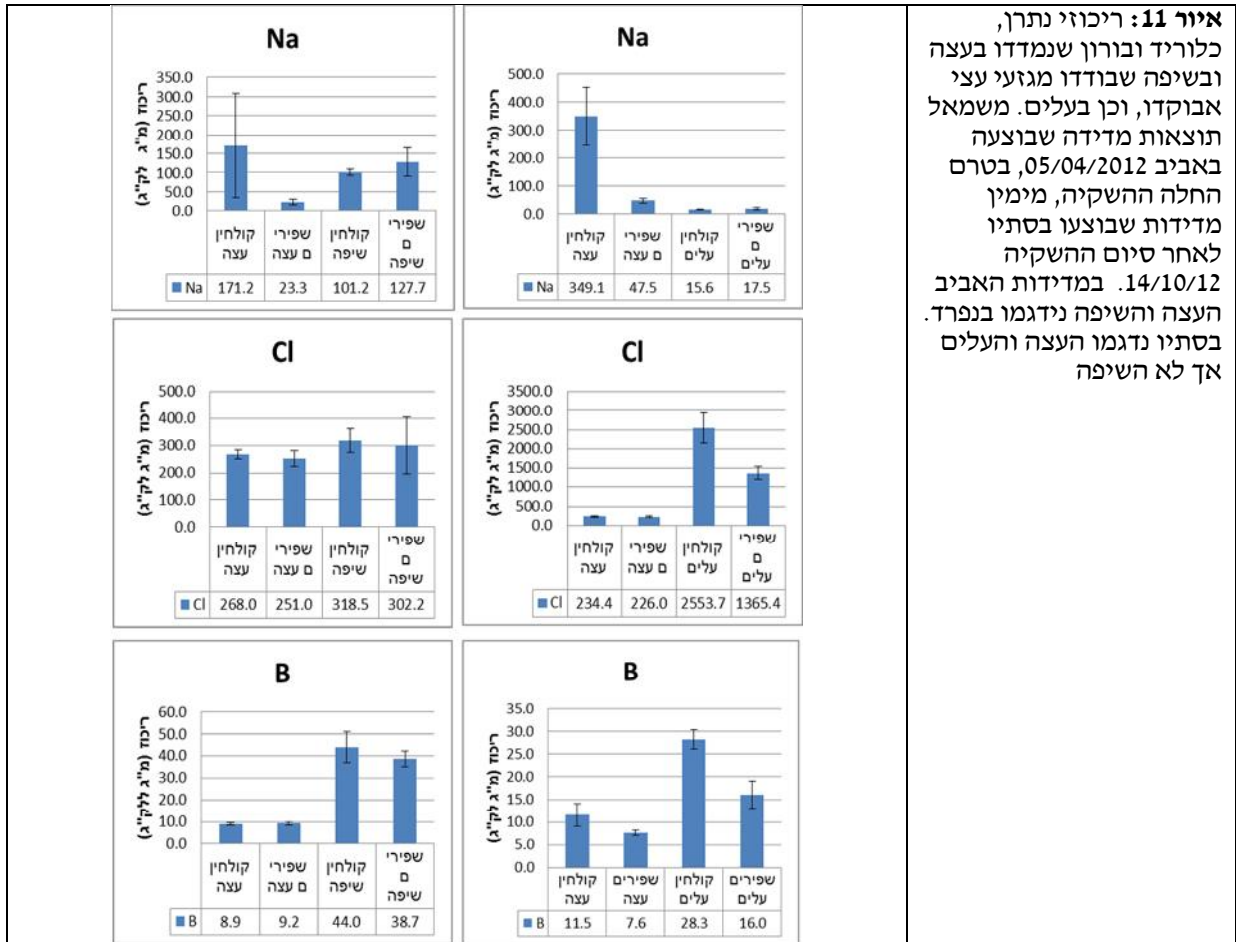
העצה של הגזע והענפים איננה צינור להובלת מים בלבד היא כוללת תאים חיים בעלי תפקידים מגוונים. עליה בריכוז הנתרן בגזע עלולה להיות בעלת משמעות לתפקודו של העץ בעיקר בטווח הארוך. השונות הגדולה בתוצאות בין החזרות תחייב בשנה הבאה להגדיל את המדגם וליעל את תהליך הדגימה.

תא לחץ: קריאות תא הלחץ בטיפול הקולחים היו גבוהות בחלק מהעונה באגס (איור 13) וברוב העונה באבוקדו (איור 14) בהשוואה למים שפירים. בעקומים היומיים נמצאו הבדלים במוליכות פיוניות בין טיפולי השפירים לקולחים כאשר בקולחים היו בדרך כלל ערכים נמוכים יותר. נמצא מתאם בין מוליכות פיוניות ותא לחץ ברוב ימי המדידה אך המתאם היה נמוך. המתאם הנמוך קשור לטווח הקטן של מצבי המים והמשמעות היא שבמתכונת הניסויים הקיימת לא ניתן יהיה להבחין בהבדלים בקשר שבין מוליכות פיוניות ופוטנציאל המים (איורים נ-5 עד נ-19 בנספח).

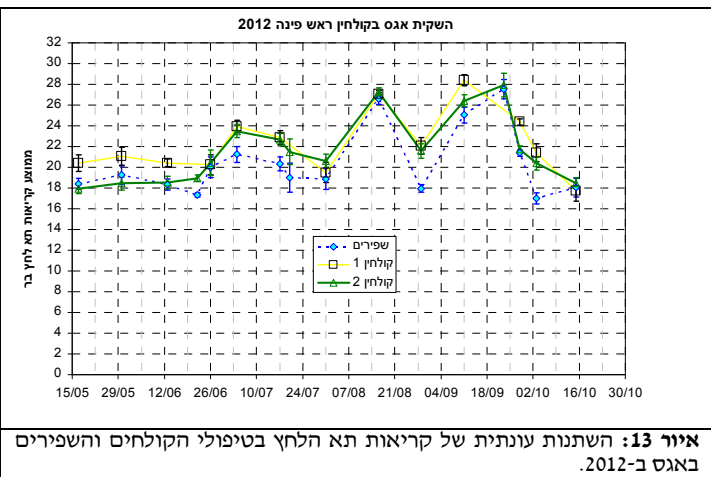
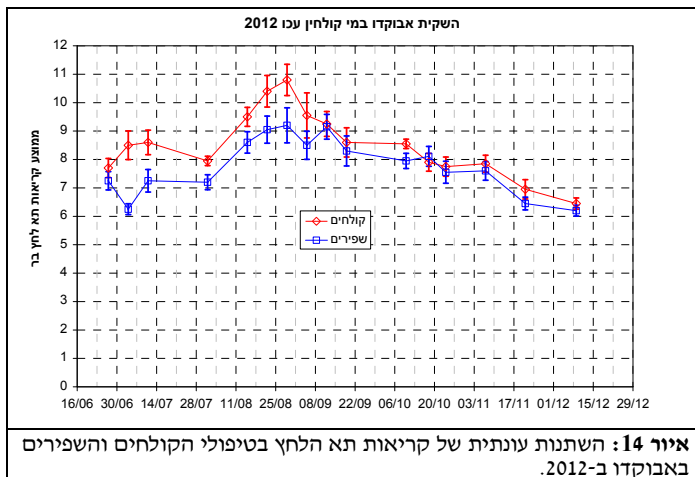
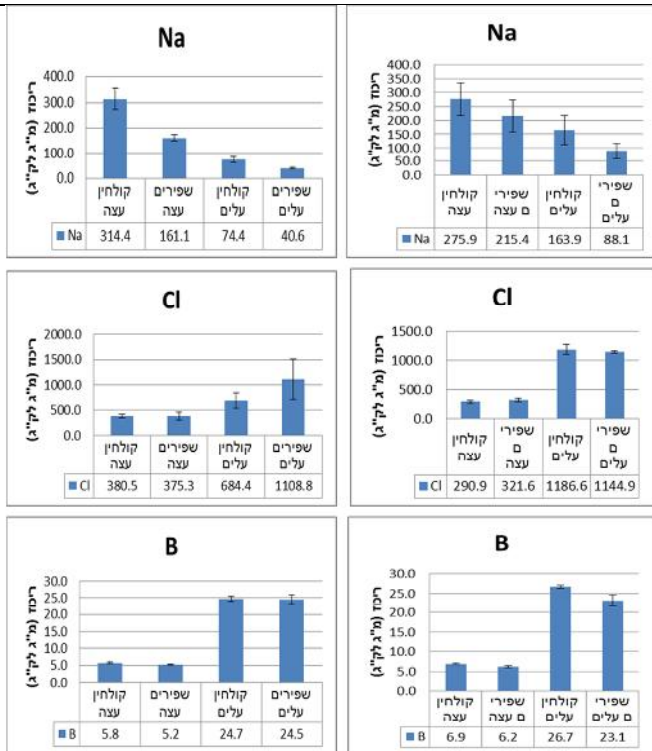
טבלה 6: תוצאות אנליזה מינרלית של עצה מדגימות שבוצעו בגזע של אבוקדו מושקה בקולחים ובמים שפירים בתקופת הסתיו לאחר הפסקת ההשקיה (13.10.12).

ריכוז מינרלים בעצה של הגזע בעצי אבוקדו מושקי מים שפירים מ"ג לק"ג										
מספר עץ-שורה	Zn	Mg	Fe	Mn	B	S	P	K	Na	Cl
17-13	5.7	299.9	38.4	8.7	5.8	166.8	301.0	235.7	27.4	251.1
5-11	7.3	474.3	43.8	12.8	10.1	362.0	480.3	360.1	52.9	199.5
17-11	4.4	385.4	20.3	8.3	7.0	308.4	364.0	282.1	74.3	150.6
9-11	4.9	483.8	310.9	16.2	7.8	288.0	428.2	323.2	60.4	201.2
5-13	3.7	337.0	29.1	7.6	7.6	280.3	330.4	336.4	36.4	300.8
9-13	6.4	333.3	42.5	8.5	7.2	227.2	342.0	247.8	33.5	252.9
AVE	5.4	385.6	80.8	10.4	7.6	272.1	374.3	297.6	47.5	226.0
S.E.	0.6	31.6	46.2	1.4	0.6	27.6	27.4	20.5	7.4	21.6

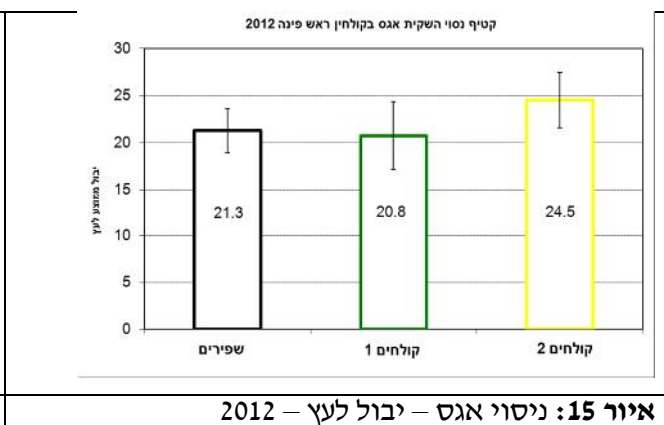
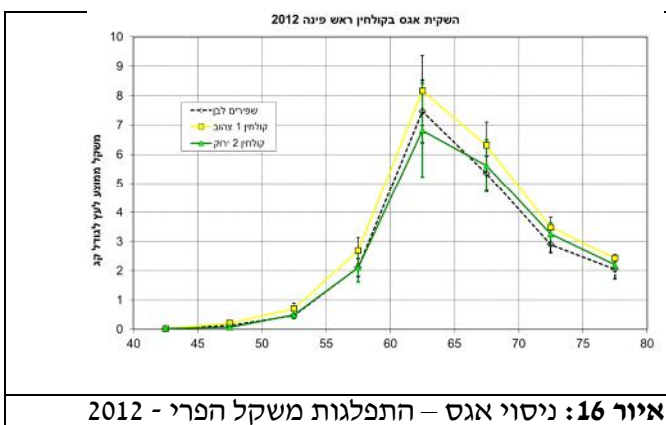
ריכוז מינרלים בעצה של הגזע בעצי אבוקדו מושקי קולחים מ"ג לק"ג										
מספר עץ-שורה	Zn	Mg	Fe	Mn	B	S	P	K	Na	Cl
19-13	6.9	551.5	63.8	10.2	7.8	301.0	501.2	400.4	84.6	150.2
19-13	5.5	295.0	23.1	7.6	7.4	209.2	320.1	310.3	452.6	299.9
11-11	3.0	380.5	23.8	8.3	10.2	192.9	316.5	363.3		251.5
11-13	9.4	435.7	25.1	7.6	9.0	359.6	496.4	421.9	291.0	200.4
9-13	9.2	646.3	505.6	15.6	23.6	321.5	387.6	383.6	592.5	303.8
3-11	3.7	455.6	180.3	10.5	11.2	243.2	484.5	291.6	638.2	200.9
AVE	6.3	460.8	137.0	10.0	11.5	271.2	417.7	361.8	411.8	234.4
S.E.	1.1	50.7	77.8	1.2	2.5	27.1	35.7	20.9	101.8	25.0



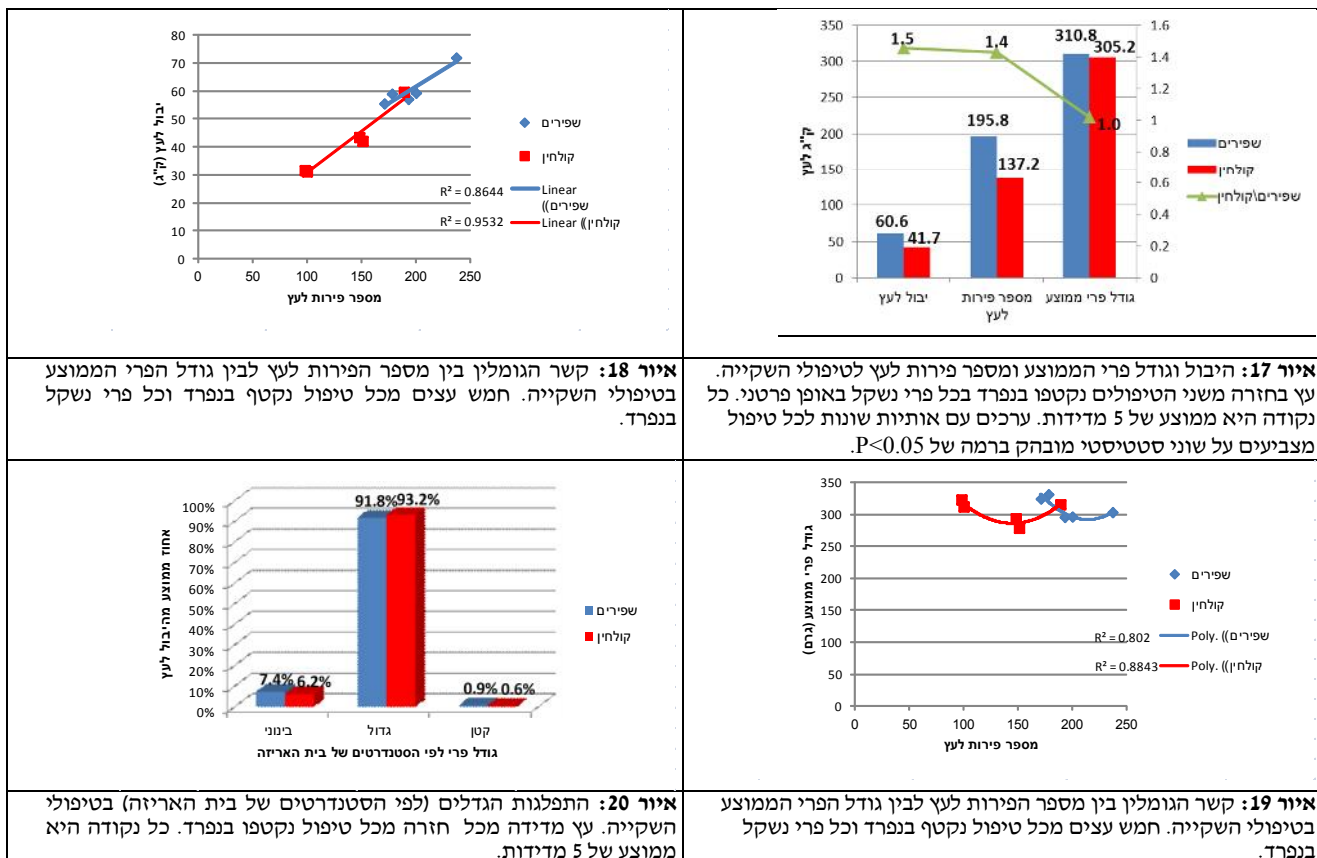
איור 12: ריכוזי נתרן וכלוריד שנמדדו בדוגמאות עצה ובעלים באגס במטע סמוך לראש פינה. משמאל ריכוזי נתרן וכלוריד וברון בדגימות שנלקחו במועד הקטיף (26/7/12), מימין ריכוזי נתרן וכלוריד בדגימות שנלקחו בסתיו בתום עונת ההשקיה (13/10/12).



יבול: תוצאות היבול ומיון היבול באגס בראש פינה מוצגות באיורים 15 ו-16. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.



נערך הקטיף והמיון בזן אטינגר. בזן האס הקטיף יערך לקראת סוף חודש ינואר 2013. בזן אטינגר, עונת 2012 נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים ביבול לטובת המים השפירים וזאת כתוצאה מכך שמספר פירות לעץ היה גבוה באופן מובהק בטיפול הנ"ל (איור 17). למרות זאת, לא נמצא הבדל מובהק בגודל הפרי הממוצע (איור 17), או בהתפלגות גודל הפרי בשני הטיפולים (איור 20). כאשר נבדקו קשרי הגומלין בין מספר הפירות לעץ לבין היבול (איור 18) וגודל הפרי הממוצע (איור 19), נמצאה התנהגות דומה בשני הטיפולים.



דיון ומסקנות

מחקרים בעבר, סקר הקולחים הארצי ודיווחים מחקלאים מלמדים על כך שבקרקעות חרסיתיות חל עם השנים שינוי בתכונות הקרקע ובתפקוד מטעים מושקים בקולחים. הניסויים במחקר הנוכחי נערכים בשני אתרים (אבוקדו בעכו ואגס בראש פינה) שמושקים מספר שנים בשני טיפולי איכות מים: מים שפירים וקולחים. חלקות הניסוי מוצבות במבנה של בלוקים באקראי. בכל אתר טיפולי איכות המים מיושמים באופן זהה, באופן דומה לממשק ההשקיה הנהוג במטעים המסחריים, בהתאם למין ולאזור. בניסוי האבוקדו תשומת יסודות ההזנה (חנקן, זרחן ואשלגן) כמעט זהה בשני הטיפולים. לעומת זאת, בניסוי האגס תשומת החנקן והאשלגן בטיפולי הקולחים היו כמעט פי 2.5 מאלה שבמים השפירים. בטיפולי השפירים לא ניתן זרחן בכלל, לעומת העצים המושקים בקולחים המקבלים כמות גבוהה של זרחן. בנוסף לכך, בשני האתרים ריכוז גורמי המליחות (כלל המלחים, כלוריד, נתרן ובורון) בקולחים גבוהים באופן משמעותי מריכוזם במים שפירים, ועקב כך גם תשומתם לקרקע.

בניסוי האבוקדו אין הבדלים משמעותיים בריכוז החנקן (חנקתי ואמוניאקלי), הזרחן והאשלגן בקרקע כפי שהיה צפוי מהתשומות הכמעט זהות של יסודות אלה בשני הטיפולים. לעומת זאת, בניסוי האגס בסתיו ניתן להבחין

בריכוז חנקן-חנקתי, זרחן ובמידה מסוימת גם אשלגן גבוהים יותר בחלקות המושקות בקולחים, כפי שצפוי מההבדלים המשמעותיים בתשומת יסודות אלה במים.

לגבי גורמי מליחות ניתן להבחין שההבדלים בריכוז במים מתבטאים באופן מובהק בריכוזם בקרקע, כלומר מוליכות חשמלית, כלוריד, נתרן, בורון וערך ה-SAR גבוהים יותר בקרקע המושקית בקולחים בשני האתרים. כמו כן, הבדלים אלה משפיעים באותו אופן על הנתרן והבורון הספוחים (נבדקו השנה רק בניסוי האבוקדו).

המשותף לשני המינים הנבחנים במחקר הוא שלאחר מספר שנים של השקיה בקולחים העצים גדלים כאשר מערכת השורשים חשופה לריכוז גבוה יותר של גורמי המליחות. בנוסף, קיימת השפעה של התכונות הכימיות-פיזיקליות של הקרקע עם פוטנציאל לפגוע בתכונות הקרקע כמצע גידול: פגיעה במבנה, תפיחה, ירידה במוליכות ההידראולית ובעקבותיהם עודפי מים ואוורור לקוי. ממצאי הקרקע מהווים צילום מצב של התכונות הכימיות של הקרקע בשני מועדים (אביב וסתיו). אחת המטרות העיקריות של המחקר הנוכחי הינה המעקב הרציף אחר שינויים במדדים שהוגדרו ע"י צוות המחקר ככאלה העשויים להיות מושפעים מריכוז היסודות בקרקע ותוספת החומר האורגני עם הקולחים (כגורם נוסף המבדיל בין איכויות המים). גורמים אלה שנמדדו באופן רציף צפויים להיות מושפעים מהשינוי בתכונות הפיזיקליות של הקרקע שהוזכרו לעיל, ומאידך הם צפויים להשפיע על תפקוד מערכת השורשים, ובהמשך על ביצועי העץ כולו. במהלך עונת ההשקיה האחרונה הסתיימה התקנתם וכיולם של חיישנים שונים (חמצן, pH, חיזור-חמצון וטנסיומטרים) המחוברים לאוגרי נתונים. כמו כן, הותקנו דוגמי תמיסת הקרקע. כל אלה מאפשרים קבלת מידע רציפה של תנאי הקרקע בסביבת מערכת השורשים של העצים. אף שחלק מהעונה שימשה להתקנה וכיול, התוצאות שהתקבלו עד כה מאפשרות להצביע על מגמות מסוימות המתארות את המתרחש במערכת השורשים.

תוצאות מתח המים בקרקע באמצעות טנסיומטרים, בחלקת האבוקדו, מראות שבתחילת העונה מתח המים היה גבוה יותר בטיפולי הקולחים. לעומת זאת, בהמשך העונה אף שכמויות המים שהושקו היו זהות בשני הטיפולים, מתח המים בקרקע המושקית במים שפירים היה גבוה יותר. ממצא זה מצביע על קליטת מים נמוכה יותר ע"י העצים המושקים בקולחים. המדידות בניסוי האגס התחילו בחודש יוני ועקב כך מרבית הערכים מייצגים את התקופה שלאחר הקטיף בה כמויות מי ההשקיה קטנות באופן משמעותי. הממצאים אינם חד משמעיים ולא מצביעים על מגמה ברורה.

ממדידות ריכוז החמצן בקרקע בניסוי עכו ניתן להבחין שקיימת תגובה ברורה של שכבות הקרקע (מתחת ל-10 ס"מ עומק) בהתאם לאירועי ההרטבה (השקיה וגשם), ובהתאם לנוכחות השורשים. כפי שצוין השכבה הרגישה ביותר לשינויים אלה הינה בעומק 20 ס"מ ובה נראה שבקרקע המושקית בקולחים יש ריכוז חמצן נמוך מזה שבקרקע המושקית במים שפירים. במהלך העונה, כאשר אירועי ההרטבה הם יזומים ומנות המים מתאימות לצריכת העץ, ריכוז החמצן בשכבה זו בטיפול המים השפירים יורד עם כל השקיה אבל לערך הגבוה מ-15%, ולקראת חודש ספטמבר קצת נמוך מערך זה. לעומת זאת, בקרקע המושקית בקולחים, עם אותה מנת השקיה, ריכוז החמצן בעקבות ההשקיה מגיע ל-15% וקצת נמוך מזה ובחודש ספטמבר ועוד לפני תחילת הגשמים מגיע עד 12-13%. ממצאים אלה, אם כי הם ראשוניים קשורים כנראה למצב שבו על פי מדידות הטנסיומטרים מתח המים בקרקע המושקית בקולחים נמוך יותר גם לפני ההשקיה וכתוצאה מכך בסוף ההשקיה הרטיבות בקרקע בטיפול הקולחים גבוהה יותר וריכוז החמצן נמוך יותר. גם במדידות בחלקת האגס נראה שהשכבה הבעייתית מבחינת ריכוז החמצן הינה בעומק 20-40 ס"מ, ובעיקר בטיפול בקולחים.

ממדידת פוטנציאל החמצון-חיזור בקרקעות נראה כי בחלקות האבוקדו המושקות בקולחים הירידה בפוטנציאל באירועי ההשקיה הייתה חדה יותר מאשר בחלקות המושקות במים שפירים. ממצא זה מתאים לירידה המקבילה

בריכוז החמצן בקרקע באירועי ההשקיה. בחלקת האגס המדידות התחילו רק בתקופת הגשמים ונראה שאף שבשני הטיפולים קיימת ירידה בפוטנציאל, הקרקע נמצאת בערכים נמוכים לאורך זמן ממושך יותר בטיפול הקולחים. נראה כי בחלקות קולחים השקיה או ממטרים גורמים לירידה לערכי $pe+pH$ נמוכים מאלה שבחלקות השפירים ולמשך זמן ממושך יותר. ערכי $pe+pH$ נמוכים מ-15 מעידים על מצב סאבאוקסי (Suboxic) של הקרקע. ערכים נמוכים מ-10 מעידים על מצב אנאוקסי (Anoxic). במצבים אלו מתקיימים מספר תהליכים כימיים הפוגעים בזמינות יסודות הזנה לצמח. מדידת הרכב כימי של תמיסת הקרקע בהמשך המחקר תאפשר לבדוק האם תהליכים אלו אכן מתקיימים. בהתאם למדידות החמצן בעומקים שונים יתכן שיש טעם לשקול שינוי עומק המדידה.

ניתן להעריך באופן ראשוני מאוד שתהליך ההשפעה של הקולחים על הקרקע מתחיל מהעלייה בערך ה-SAR, תוך שינוי בתכונות הקרקע ופגיעה במבנה ובתכונות ההידראוליות שלה. שינויים אלה מלווים בפגיעה באספקת החמצן לשורשים, פגיעה בקצב נשימתם ופעילותם, ועקב כך פגיעה בתהליך קליטת המים, המתבטאת בפוטנציאל מים נמוך יותר בתוך הצמח וברטיבות גבוהה יותר באזור בית השורשים. מערכת משוב (feedback) חיובית, מחריפה את התגובה הזאת, כלומר – הפגיעה בקצב אספקת החמצן גורם לעליה נוספת ברטיבות ולהחרפת התנאים עד כדי השריית פוטנציאל חמצון-חיזור נמוך שעשוי להתבטא בפגיעה נוספת בתפקוד מערכת השורשים. יחד עם זאת יש לבדוק אם ואיך התנאים שכנראה נוצרים בקרקע המושקית בקולחים משפיעים על ביצועי המטעים.

בבדיקת התפתחות השורשים במטע האגס לא נמצאה, בשלב הזה, השפעה על מערכת השורשים על פי המדדים שנמדדו וכתוצאה מאיכות המים. לא נעשה בחינה של תפקוד השורשים ועדיין לא נבדקו שינויים אנטומיים בשורשים. מערכות הגלילים בעצי האבוקדו עוד לא הוצאו מהקרקע ולכן אין מידע שיכולה להצביע על הבדלים בין הטיפולים. יש לציין שבבדיקות הקדמיות שנערכו שנה שעברה הממצאים הצביעו על התפתחות שורשים מועטה יותר בעצים המושקים בקולחים.

כאשר נבדקה תכולת המינרלים באברי עץ האבוקדו נמצא בעיקר ריכוז נתון הרבה יותר גבוה בעצים המושקים בקולחים, המראה הצטברות נתון בעץ (אם כי לא בעלים) בהתאם לריכוז הגבוה יותר של הנתון בקרקע. ממצאים דומים התקבלו עבור בורון (שגם הצטבר בעלים), אבל לא עבור כלוריד.

באגס גם נמצא בעצה ובעלים ריכוז גבוה יותר של נתון בעצים המושקים בקולחים.

ניתן לסכם שריכוז גורמי המליחות בעץ מתאים לריכוז בקרקע, ועקב כך בקולחים אשר נבדלים בריכוז המלחים הגבוה יותר קיימת הצטברות, אשר השפעתה על תפקודו עדיין לא ברורה.

מדידות משטר המים בעצי אבוקדו מראים שמרבית העונה קריאות תא הלחץ ומוליכות הפיוניות בעצים המושקים בקולחים היו נמוכות מאלה של העצים המושקים במים שפירים. ממצאים דומים התקבלו בחלק מהעונה בעצי האגס. תוצאות אלה הן הביטוי החד ביותר של שינוי בתפקוד העצים ויש לבחון את הסיבה לכך.

באגס השינויים שחלו בקרקע ובמידה מסוימת בעץ המושקה בקולחים לא השפיעו בשלב זה על היבול ואיכותו.

לעומת זאת, בזן אטינגר באבוקדו היבול בחלקות המושקות במים שפירים גבוה יותר מזה של החלקות המושקות בקולחים, הבדל זה נובע ממספר הפירות לעץ. התפלגות גודל הפרי וגודלו הממוצע היו דומים בשני הטיפולים. למרות ההבדלים המובהקים בין הטיפולים במספר הפירות לעץ, מוקדם מדי לייחס את התוצאות להשפעת הטיפולים. עץ האבוקדו מאופיין ע"י סרוגיות גבוהה. התוצאות הנ"ל בהחלט יכולות להיות מושפעות מהתופעה הנ"ל.

זו השנה הראשונה של מחקר משולב זה ולכן התוצאות המדווחות הינן חלקיות.

- אייזנקוט, א., ג. איזנשטדט, ר. קרן, ע. רווה וח. טרצ'יצקי. 2004. השפעות ארוכות טווח של השקיה במי קולחים על הצטברות נתרן ובורון בפרדס הנטוע בקרקעות כבדות ואמצעים למיזעור הנזק. דו"ח שנתי לתכנית מחקר מספר: 870-1953-04 מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות.
- אסולין, ש. ואחרים. 2010. השפעה שלילית של השקיה במי קולחים במטעים: בחינת ההשפעה על התכונות ההידראוליות של הקרקע והמשמעות במונחי הממשק הרצוי. דו"ח שנתי לתכנית מחקר מספר 304-0395. זילברשטיין, מ., ע. לוינגרט –אייזיצ'יי, ש. אסולין, ע. נאור, ר. קרן, י. חן וד. מינץ. 2009. לימוד ההשפעות ארוכות הטווח של ההשקיה בקולחים על עץ האבוקדו בקרקעות שונים. דוח שנתי לתכנית מחקר מספר- 596-08 מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות.
- טרצ'יצקי ח., ואחרים. 2006. סקר קולחים ארצי. דו"ח 2006-2003.
- נאור, ע., ש. אסולין, ח. טרצ'יצקי, מ. פרס וי. גרינבלט. 2009. השפעת השקיה בקולחים על ביצועי אגס ודרכים להקטנת נזקים. דו"ח למחקר 08 - 0314 - 556 מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות.
- נאור, ע., י. גל, מ. פרס, מ. נוי וח. טרצ'יצקי. 2009. השקית מנגו בקולחים.
- נגב, ע. 2007. משטר פוטנציאל החמזור בקרקעות מושקות והשפעתו על תהליכים בקרקע. עבודת דוקטורט, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- שורץ א., נצר י., שנקר מ. (2009) השימוש במי קולחים להשקיית כרמים לענבי מאכל באזור לכיש. דו"ח מחקר לתכנית 826-0047 במימון המדען הראשי של משרד החקלאות.
- Levy, G.J., A. Rosenthal, J. Tarchitzky, I. Shainberg and Y. Chen. 1999. Organic matter load in reclaimed wastewater used for irrigation and soil hydraulic conductivity. *J. Environmental Qual.* 28: 1658-1664.
- Maxwell, K. and G. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany.* 51: 659-668.
- Nadav, I., J. Tarchitzky, A. Lowengart-Aycicegi, and Y. Chen. 2010. Water repellency in soils induced by wastewater irrigation: physico-chemical characterization and quantification (submitted).
- Naor, A. 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Hort. Rev.* 32:111-166.
- Naor, A., S. Naschitz, M. Peres, Y. Gal. 2008. Response of apple fruit size to tree water status and crop load. *Tree Physiol.* 28:1255-1261.
- Naor, A., D. Schneider, A. Ben-Gal, I. Zipori, A. Dag, Z. Kerem, R. Birger, M. Peres, Y. Gal. 2010. The effects of crop load and irrigation rate in the oil accumulation stage on oil yield and water relations of field-grown 'Koroneiki' olives. Annual meeting of the American Society for Horticultural Science, Palm Desert 2-5 Aug. 2010.
- Naor, A., Y. Gal, B. Bravdo. 1997. Crop level affects assimilation rate, stomatal conductance, stem water potential and water relations of field-grown Sauvignon blanc grapevines. *J. Exp. Bot.* 48:1675-1680.

- Netzer Y, Shenker M, Schwartz A .2010. Effects of irrigation using treated wastewater on table gape vineyards: dynamics of sodium accumulation in soil and plant. Submitted for publication in *Agricultural Water Management*.
- Sharkey, T.D., Bernacchi, C.J., Farquhar, G.D., Singaas, E.L. (2007) In Practice: Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C3 leaves. *Plant, Cell & Environment* 30 (9), 1035-1040
- Shenker, M., S. Seitelbach, S. Brand, A. Haim, and M.I. Litaor. 2005. Redox reactions and phosphorus release from re-flooded soils of an altered wetland. *Eur. J. Soil Sci.* 56:515-525.
- Šimůnek, J., M. Šejna, and M.Th. van Genuchten, 1999. The Hydrus2D Software Package for Simulating Two-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variable Saturated Media, Version 2.0. IGWMC-TPS-53, International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
- Tarchitzky, J., O. Lerner, U. Shani, A. Gilboa, A. Loewengart-Aycicegi, and A. Brener, and Y. Chen. 2007. Water distribution pattern in treated-wastewater-irrigated soils: hydrophobicity effect. *European J. Soil Sci.* 58:573-588.
- Tarchitzky, J., Y. Golobati, R. Keren and Y. Chen. 1998. Wastewater Effects on Montmorillonite suspensions and Hydraulic properties of Sandy Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:554-560.

טבלה נ-1: איכות המים השפירים והקולחים בשני אתרי הניסוי

BOD	COD	TSS	בורן	גפרה	ביקרבונט	חנקן כללי	חנקן אמוניאקלי	חנקן חנקתי	זרחן כללי	זרחן	SAR	כלוריד	סידן+מגנזיום	נתרן	אשלגן	מוליכות חשמלית	pH	
מ"ג/ל'					מא"ק/ל'	מ"ג/ל'					(מא"ק/ל') ^{1/2}	מ"ג/ל'	מא"ק/ל'			דצ"ס/מ'		
אבוקדו-עכו																		
קולחים																		
18.8	32.3	25.9	0.13	70.3	8.9	9.7	6.4	7.4	3.6	3.3	3.3	200.0	8.1	6.5	0.93	1.6	8.0	ממוצע
13.7	24.3	12.8	0.03	27.3	0.4	11.1	5.0	2.3	0.5	0.5	0.5	24.5	0.5	0.9	0.04	0.1	0.8	סטיית תקן
שפירים																		
---	---	---	0.03	10.6	6.4	---	---	6.4	---	---	0.5	66.1	8.5	1.0	0.06	0.9	7.2	ממוצע
---	---	---	0.02	2.4	1.7	---	---	0.9	---	---	0.1	13.9	0.4	0.2	0.01	0.1	0.3	סטיית תקן
אגס-ראש פינה																		
קולחים																		
21.0	58.1	23.2	0.11	---	---	---	14.4	1.8	---	4.3	3.1	128.2	6.4	5.5	1.3	1.2		ממוצע
13.4	45.7	18.8	0.03	---	---	---	16.5	2.0	---	1.5	0.9	8.2	0.6	1.5	0.3	0.2		סטיית תקן
שפירים																		
---	---	---	0.07	---	---	---	---	3.7	---	---	0.55	38.3	5.7	0.89	0.07	0.6	7.3	ממוצע
---	---	---	0.02	---	---	---	---	0.07	---	---	0.09	4.3	0.6	0.10	0.01	0.03	0.2	סטיית תקן

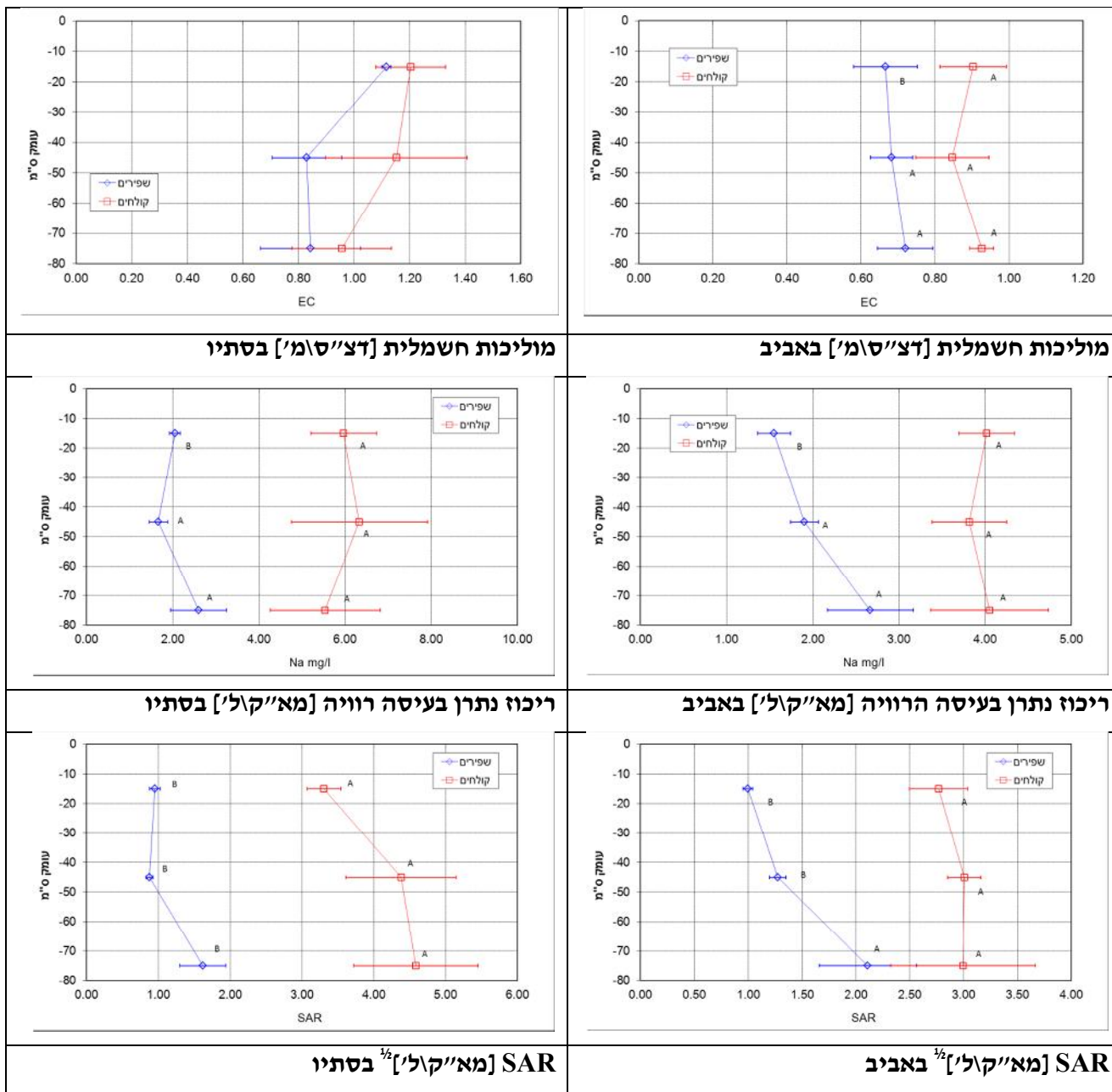
טבלה נ-2: תוצאות של בדיקות עלים בניסוי האבוקדו

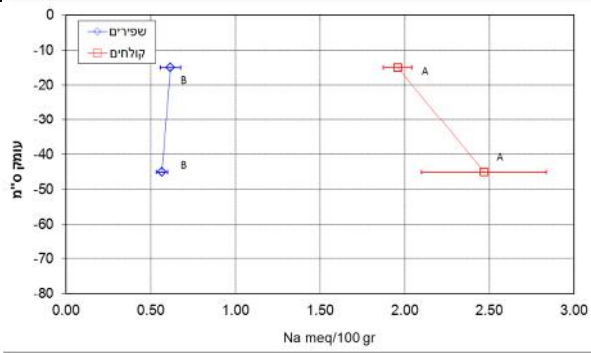
בורן	נתרן	כלוריד	אבץ	מנגן	נחושת	ברזל	מגנזיום	סידן	אשלגן	זרחן	חנקן		
מ"ג/ק"ג	%		מ"ג/ק"ג				%						
אטינגר													
11.9 A	0.030	0.11	13.1 B	100.1 A	7.62	122.9	0.76	1.66	0.69 B	0.129	1.64	שפירים	
16.9 B	0.026	0.20	14.6 A	82.3 B	7.54	118.0	0.71	1.50	0.74 A	0.129	1.74	קולחים	
האס													
19.3	0.030	0.34	14.7	147.2	7.52	113.9	0.73	2.04 A	0.66 B	0.176	1.75	שפירים	
19.1	0.028	0.23	16.3	130.6	7.66	114.4	0.69	1.76 B	0.78 A	0.181	1.66	קולחים	

טבלה נ-3: תוצאות של בדיקות עלים בניסוי האגס

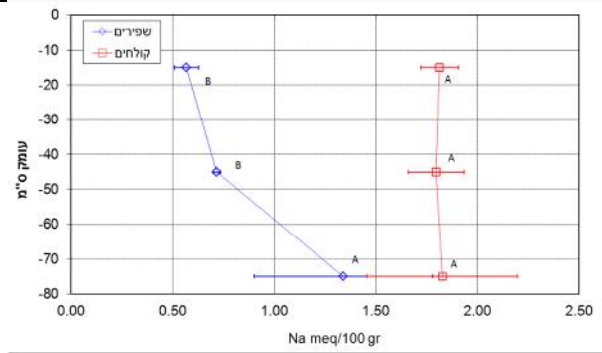
בורן	נתרן	כלוריד	אבץ	מנגן	נחושת	מגנזיום	סידן	אשלגן	זרחן	חנקן		
מ"ג/ק"ג	%		מ"ג/ק"ג				%					
25.5	0.012 B	0.227	23.52 A	38.86 B	8.92	0.33	1.17	0.97	0.115	1.95 B	שפירים	
25.4	0.018 A	0.256	15.96 C	49.47 A	8.95	0.33	1.22	0.98	0.114	2.13 A	קולחים 1	
26.8	0.020 A	0.291	17.93 B	44.4 AB	8.92	0.33	1.18	1.05	0.126	2.13 A	קולחים 2	

איור נ-1: תוצאות בדיקות הקרקע באביב ובסתיו בניסוי האבוקדו בעכו

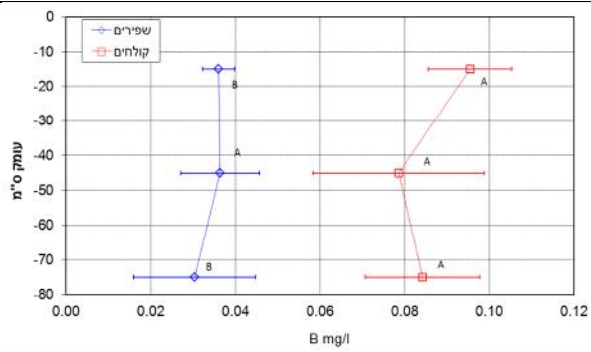




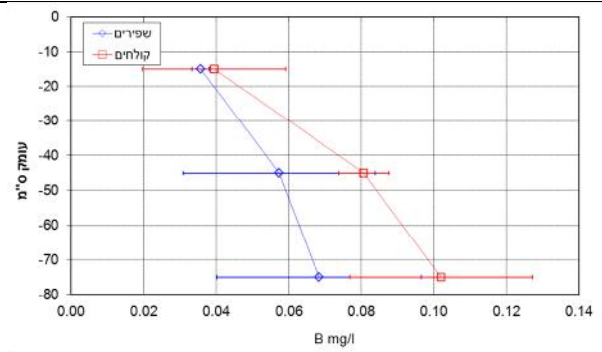
ריכוז נתרן ספוח [מא"ק/100 ג"ר] בסתיו



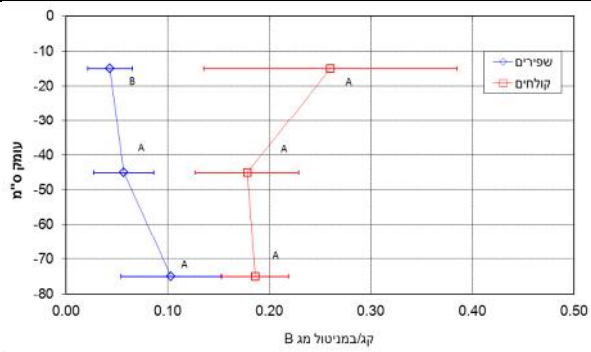
ריכוז נתרן ספוח [מא"ק/100 ג"ר] באביב



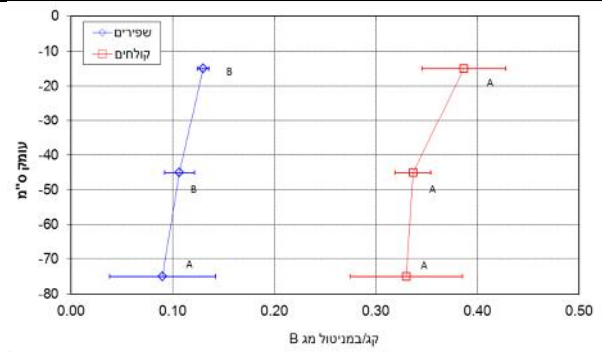
ריכוז בורון בעיסה רוויה [מ"ג/ל] בסתיו



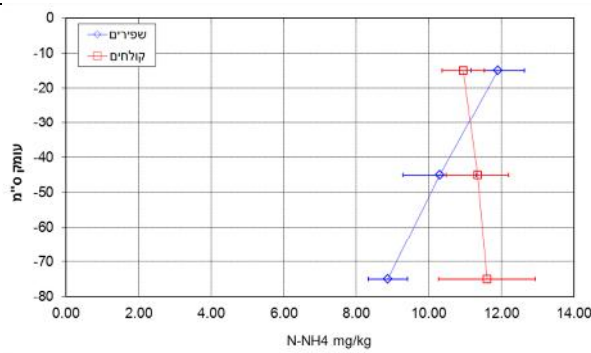
ריכוז בורון בעיסה רוויה [מ"ג/ל] באביב



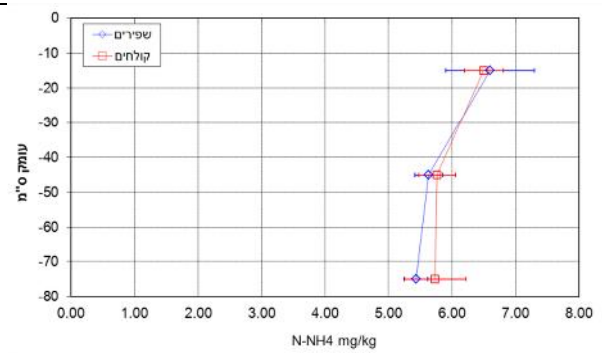
ריכוז בורון במיצוי במניטול [מ"ג/ק"ג] בסתיו



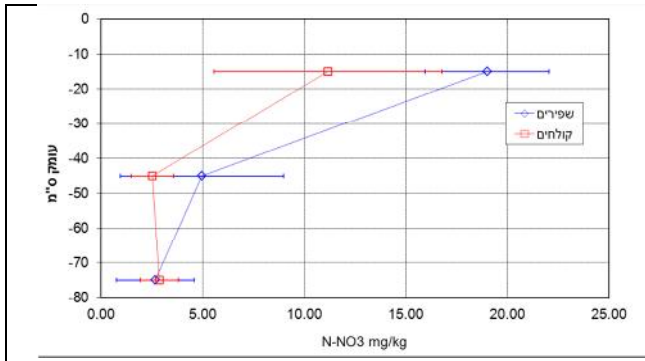
ריכוז בורון במיצוי במניטול [מ"ג/ק"ג] באביב



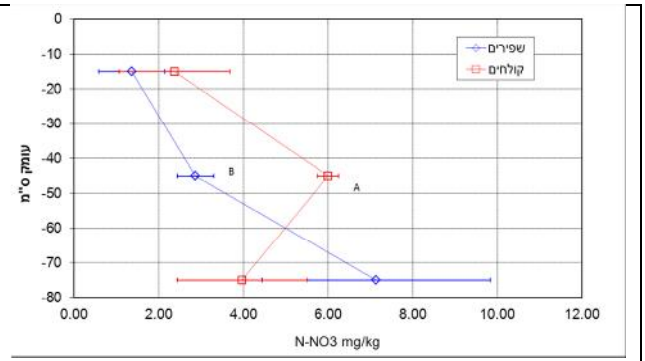
ריכוז חנקן אמוניאקלי [מ"ג/ק"ג] בסתיו



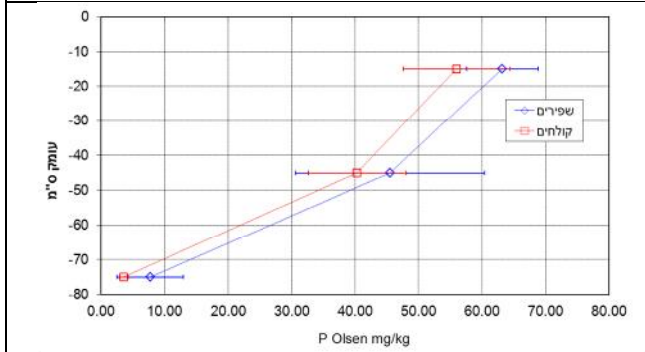
ריכוז חנקן אמוניאקלי [מ"ג/ק"ג] באביב



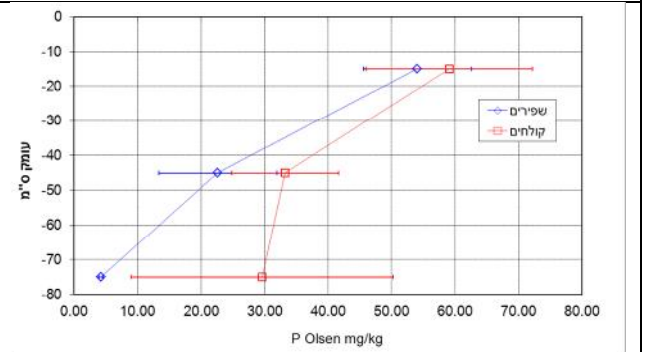
ריכוז חנקן חנקתי [מ"ג/ק"ג] בסתיו



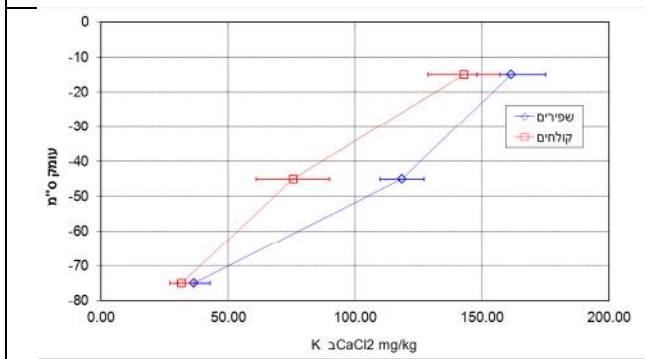
ריכוז חנקן חנקתי [מ"ג/ק"ג] באביב



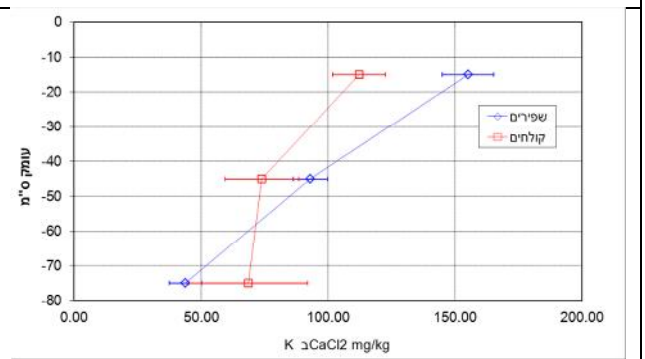
ריכוז זרחן במיצוי אולסן [מ"ג/ק"ג] בסתיו



ריכוז זרחן במיצוי אולסן [מ"ג/ק"ג] באביב

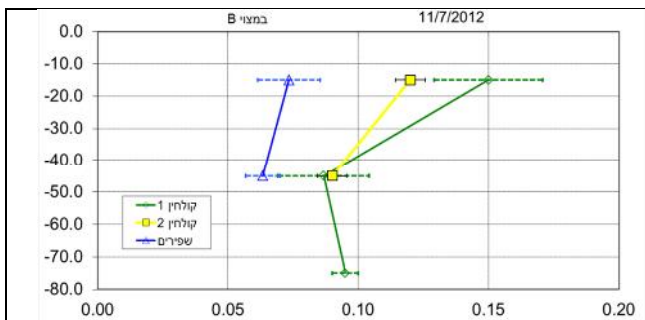


ריכוז אשלגן במיצוי בסידן כלורי [מ"ג/ק"ג] בסתיו

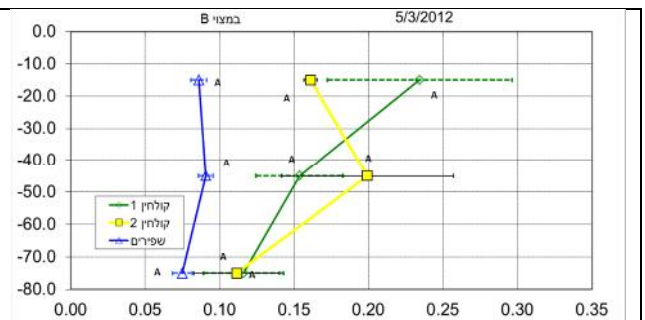


ריכוז אשלגן במיצוי בסידן כלורי [מ"ג/ק"ג] באביב

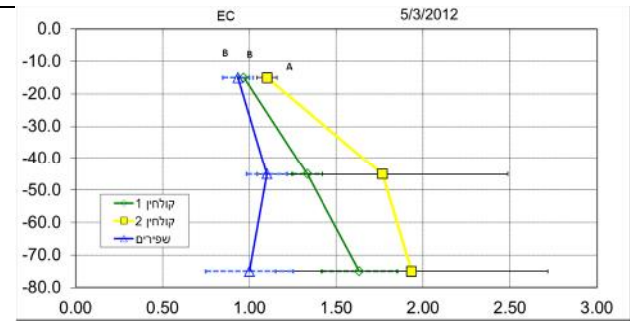
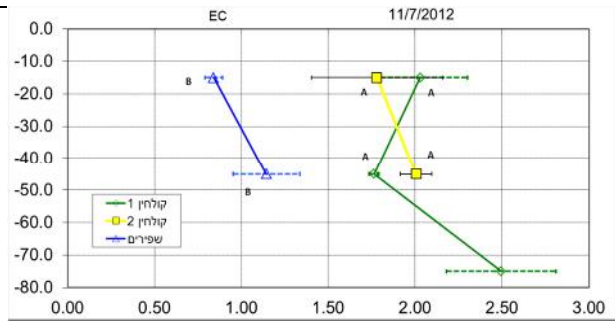
איור נ-2: תוצאות בדיקות הקרקע באביב ובסתיו בניסוי האגס בראש פינה



ריכוז בורון בעיסה רוויה [מ"ג/ל'] בסתיו

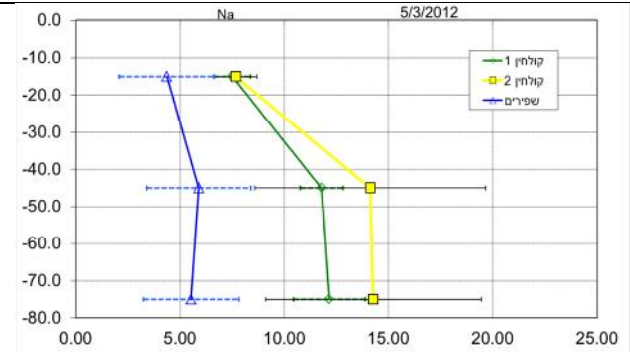
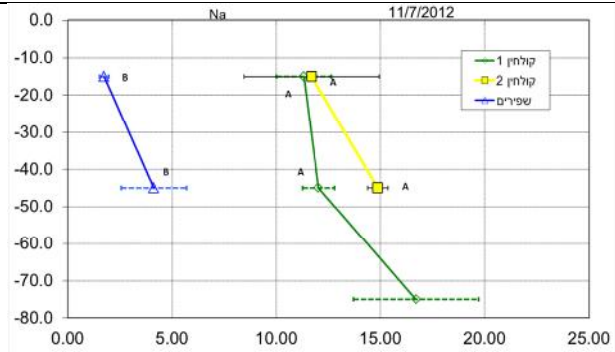


ריכוז בורון בעיסה רוויה [מ"ג/ל'] באביב



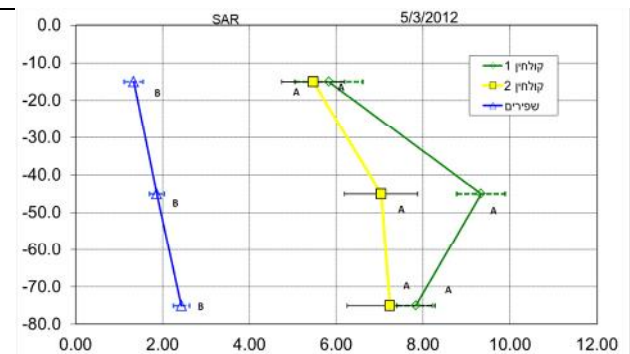
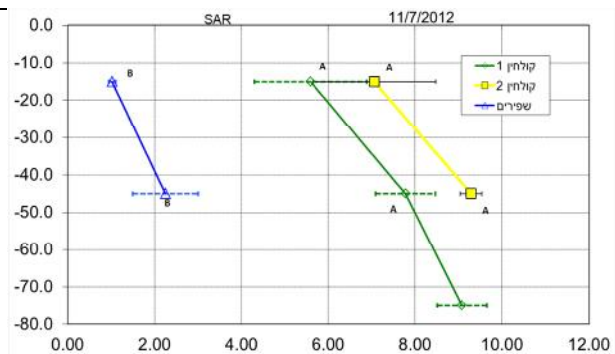
מוליכות חשמלית [דצ"ס/מ'] בסתיו

מוליכות חשמלית [דצ"ס/מ'] באביב



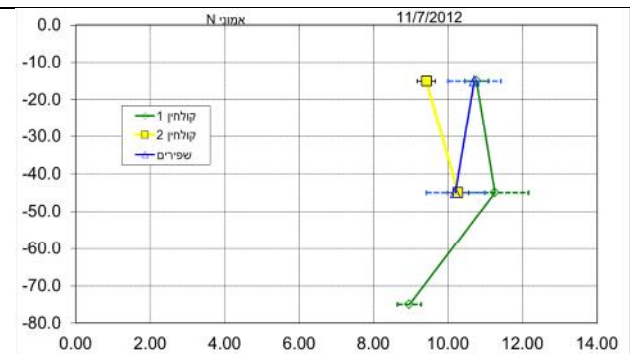
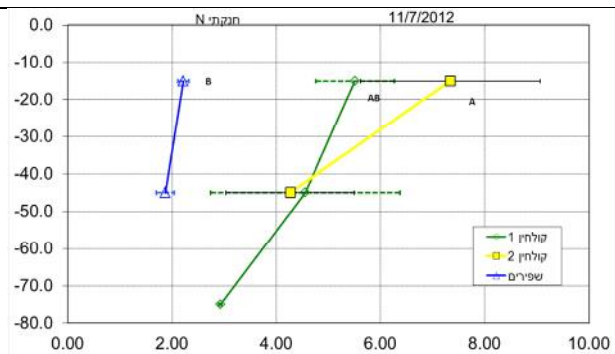
ריכוז נתרן בעיסה רוויה [מא"ק/ל'] בסתיו

ריכוז נתרן בעיסה הרוויה [מא"ק/ל'] באביב



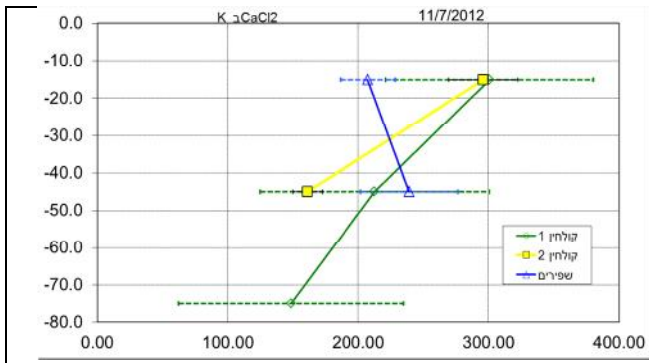
SAR [מא"ק/ל']^{1/2} בסתיו

SAR [מא"ק/ל']^{1/2} באביב

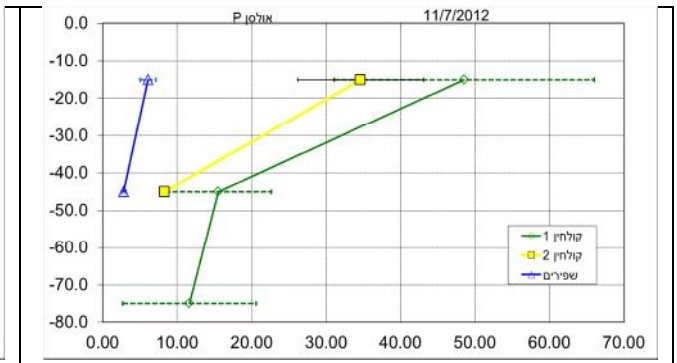


ריכוז חנקן חנקתי [מ"ג/ק"ג] בסתיו

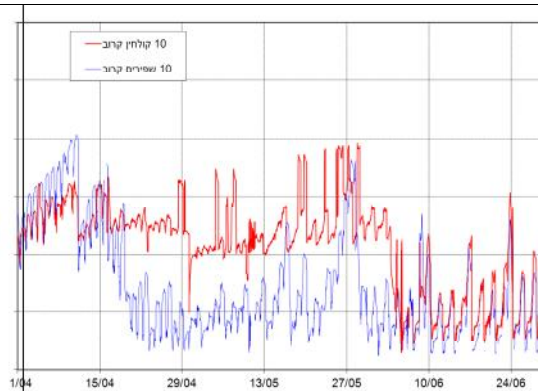
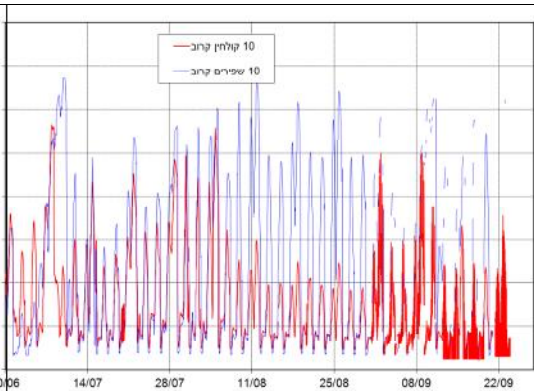
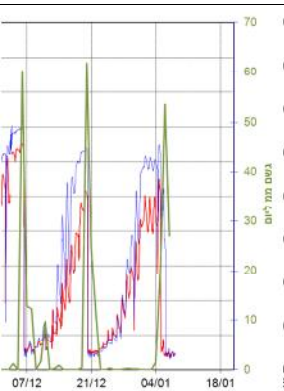
ריכוז חנקן אמוניאקלי [מ"ג/ק"ג] בסתיו



ריכוז אשלגן במיצוי בסיידן כלורי [מ"ג/ק"ג] בסתיו



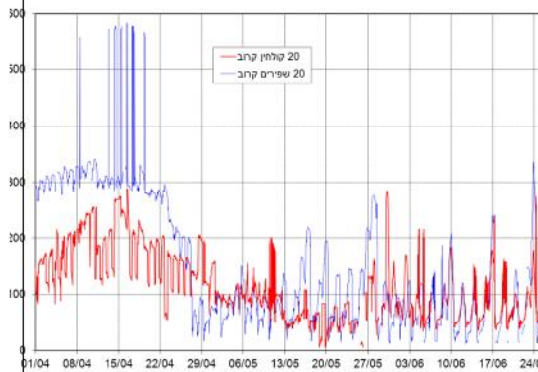
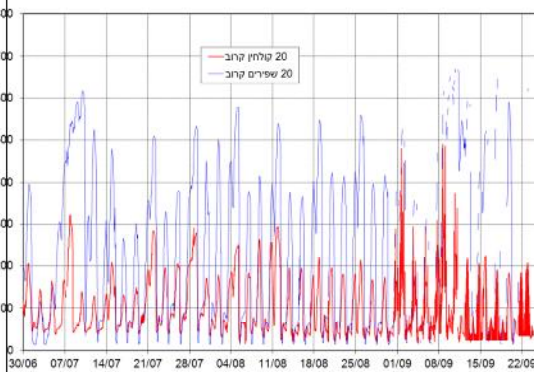
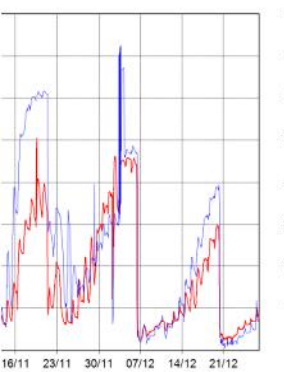
ריכוז זרחן במיצוי אולסן [מ"ג/ק"ג] בסתיו



קריאות טנסימטרים בעומק בין קולחים לשפירים (אוקטו)

קריאות טנסימטרים בעומק 10 ס"מ קרוב לעץ - השוואה בין קולחים לשפירים (יולי-ספטמבר)

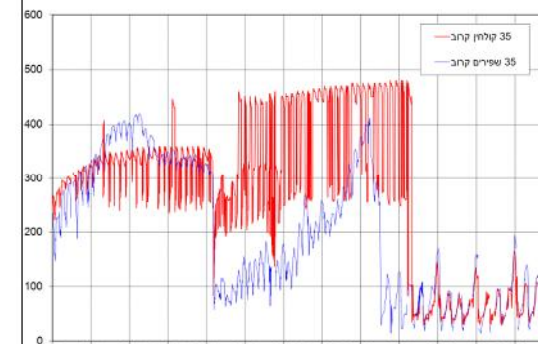
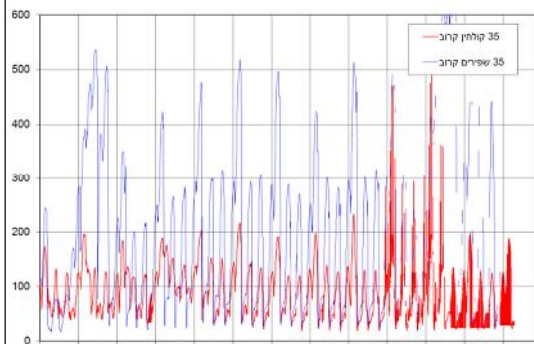
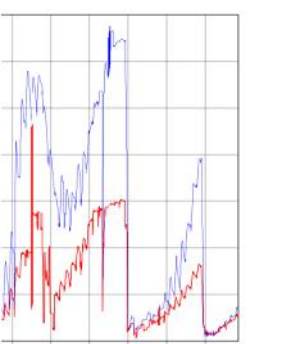
קריאות טנסימטרים בעומק 10 ס"מ קרוב לעץ - השוואה בין קולחים לשפירים (אפריל-יוני)



קריאות טנסימטרים בעומק בין קולחים לשפירים (אוקטו)

קריאות טנסימטרים בעומק 20 ס"מ קרוב לעץ - השוואה בין קולחים לשפירים (יולי-ספטמבר)

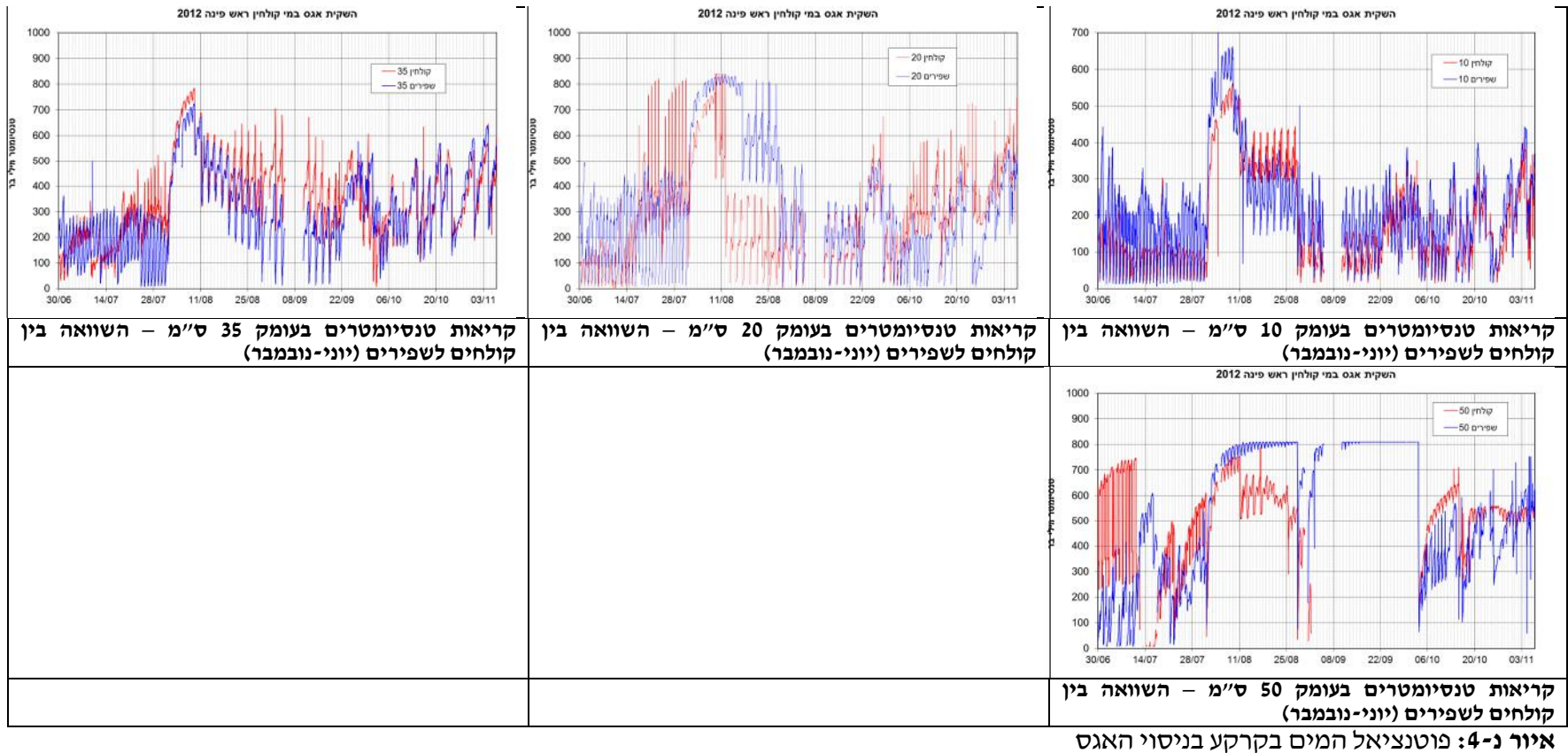
קריאות טנסימטרים בעומק 20 ס"מ קרוב לעץ - השוואה בין קולחים לשפירים (אפריל-יוני)



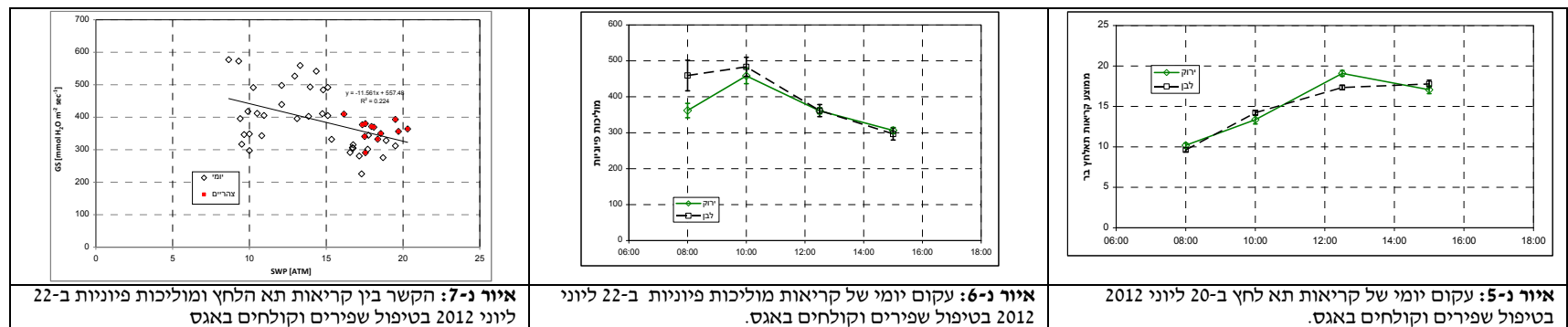
קריאות טנסימטרים בעומק בין קולחים לשפירים (אוקטו)

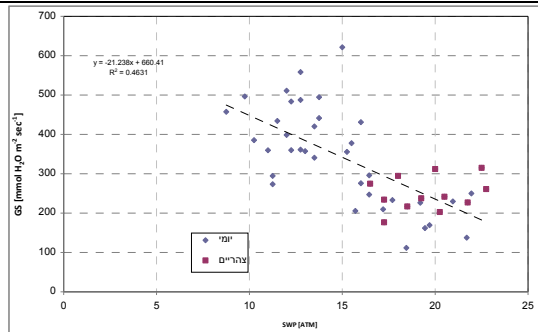
קריאות טנסימטרים בעומק 35 ס"מ קרוב לעץ - השוואה בין קולחים לשפירים (יולי-ספטמבר)

קריאות טנסימטרים בעומק 35 ס"מ קרוב לעץ - השוואה בין קולחים לשפירים (אפריל-יוני)

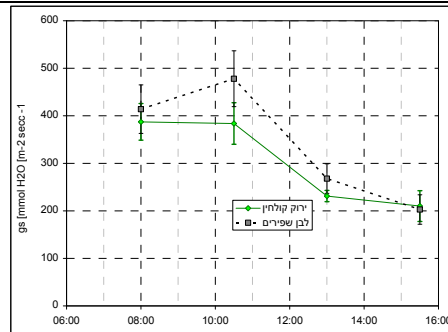


איור נ-4: פוטנציאל המים בקרקע בניסוי האגס

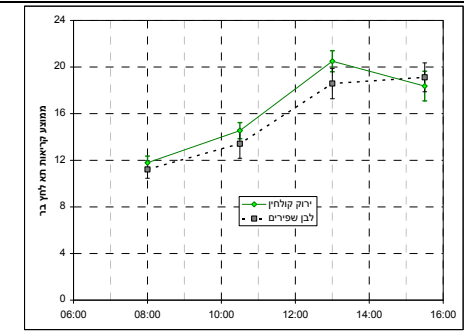




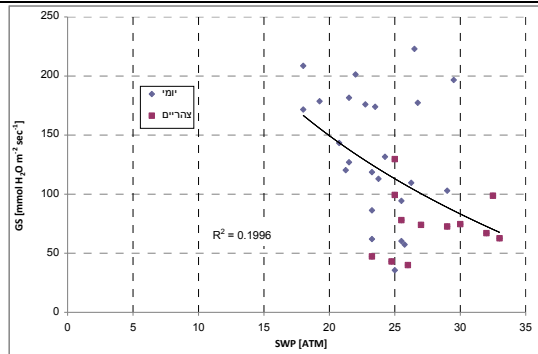
איור נ-10: הקשר בין קריאות תא הלחץ ומוליכות פיוניות ב-20 ליוולי 2012 בטיפול שפירים וקולחים באגס.



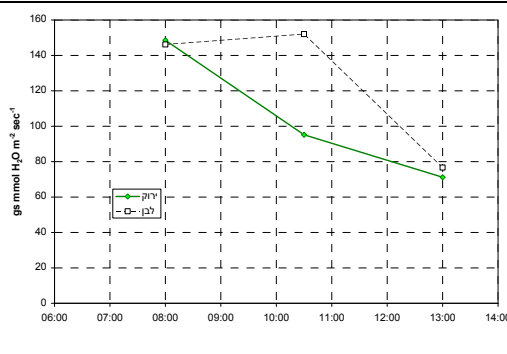
איור נ-9: עקום יומי של קריאות מוליכות פיוניות ב-20 ליוולי 2012 בטיפול שפירים וקולחים באגס.



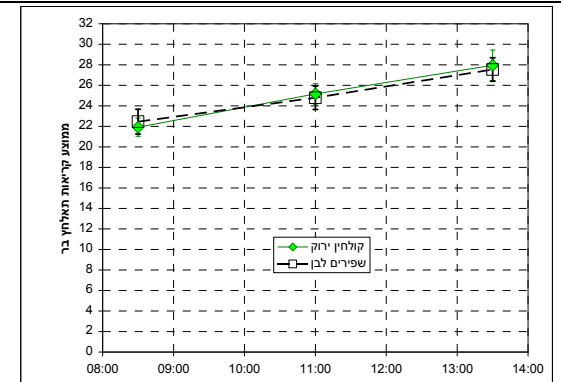
איור נ-8: עקום יומי של קריאות תא לחץ ב-20 ליוולי 2012 בטיפול שפירים וקולחים באגס.



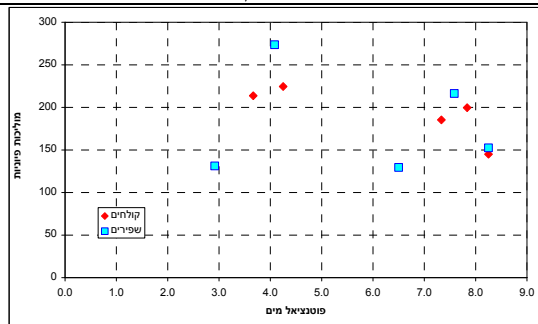
איור נ-13: הקשר בין קריאות תא הלחץ ומוליכות פיוניות ב-23 בספטמבר 2012 בטיפול שפירים וקולחים באגס.



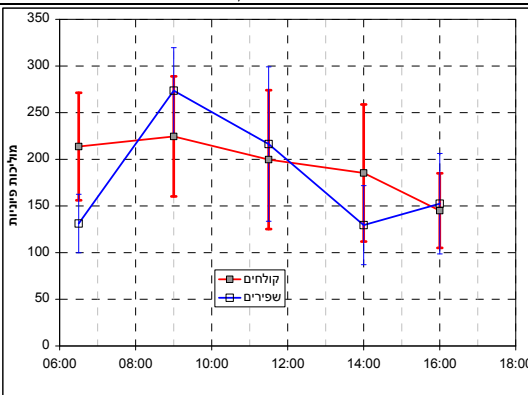
איור נ-12: עקום יומי של קריאות מוליכות פיוניות ב-23 בספטמבר 2012 בטיפול שפירים וקולחים באגס.



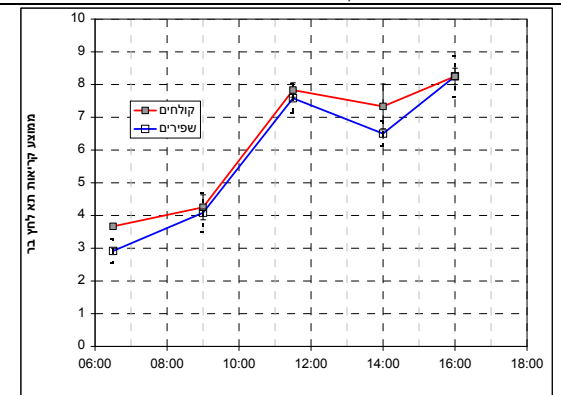
איור נ-11: עקום יומי של קריאות תא לחץ ב-23 בספטמבר 2012 בטיפול שפירים וקולחים באגס.



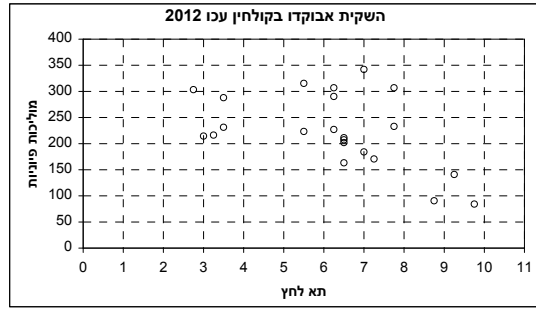
איור נ-16: הקשר בין קריאות תא הלחץ ומוליכות פיוניות ב-12 ליוני 2012 בטיפול שפירים וקולחים באבוקדו.



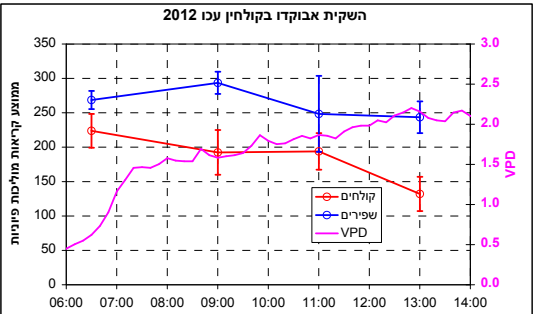
איור נ-15: עקום יומי של מוליכות פיוניות ב-12 ליוולי 2012 בטיפול שפירים וקולחים באבוקדו.



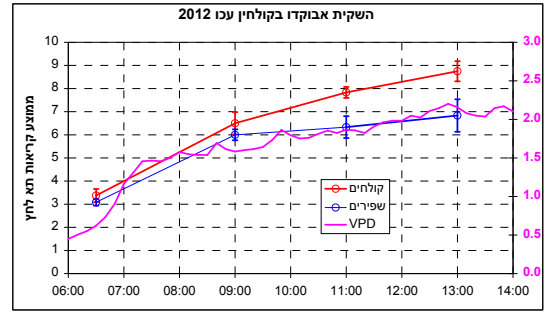
איור נ-14: עקום יומי של קריאות תא לחץ ב-12 ליוולי 2012 בטיפול שפירים וקולחים באבוקדו.



איור נ-19: הקשר בין קריאות תא הלחץ ומוליכות פיוניות ב-12 ליוני 2012 בטיפול שפירים וקולחים באבוקדו.



איור נ-18: עקום יומי של מוליכות פיוניות ב-12 ליוני 2012 בטיפול שפירים וקולחים באבוקדו.



איור נ-17: עקום יומי של קריאות תא לחץ ב-12 ליוני 2012 בטיפול שפירים וקולחים באבוקדו.



מערכת דיגום שורשים