

דו"ח ניסוי לביא בהשקיה בקולחים
בחינת טיפולים למניעה ותיקון הנזק מהשקיה בקולחים במטעים בקרקעות כבדות
מוגש למועצת הצמחים ע"י

חורחה טרצ'יצקי - מו"פ צפון, tarchitz@agri.huji.ac.il, חוקר ראשי ומרכז המיזם
אשר בר-טל - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, abartal@agri.gov.il,
כימיה של הקרקע והזנת הצמח
משה שנקר - המחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית,
moshe.shenker@mail.huji.ac.il, כימיה של הקרקע
גיא לוי - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, vwguy@volcani.agri.gov.il,
כימיה פיזיקלית ויציבות מבנה של הקרקע.
עמרם אשל - ביה"ס למדעי הצמח ואבטחת מזון, אוניברסיטת ת"א, amrame@tauex.tau.ac.il,
התפתחות שורשים
שבתאי כהן - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, vwshep@agri.gov.il,
אחראי על צוות פיזיולוגיה סביבתית. אגרוטאורולוגיה.
אלכס פורמן - הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, טכניון, alexfurmantehion@gmail.com,
פיזיקה של הקרקע
אמנון שוורץ - המכון למדעי הצמח, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים,
amnon.schwartz@mail.huji.ac.il, פיזיולוגיה של הצמח
ראובן בירגר
שמעון זית, מוטי פרס ואמיר קינן- מו"פ צפון, peres@migal.org.il, קרקע ומים
אמיר מעגן ואמנון, קבוץ לביא

תקציר

הוקם ניסוי לבחינת טיפולים שונים להתמודדות עם השפעת הקולחים במטעים בקרקעות כבדות. הניסוי בוחן בעצי שקדים 7 טיפולים בחמש חזרות: מים שפירים (ביקורת), מי קולחים משקי, מי קולחים עם אינטרוול ארוך יותר, מי קולחים עם אינטרוול ארוך יותר ושלוש שלוחות טפטוף, תעלות קומפוסט, תעלות טוף ומיהול קולחים שפירים ביחס 50:50.

בניסוי הותקנו בכל החזרות תחנה הכוללת דנדרומטר וטנסיומרים בשני עומקים (20 ס"מ ו-40 ס"מ). כמו כן נבדקה הקרקע באביב ובסתיו ונעשו מדידות של תא לחץ. הותקנו גלילי רשת לאפיון התפתחות מערכת השורשים. היבול נשקל ונקבעו המאפיינים שלו, כולל בדיקה מעבדתית של ריכוז היסודות בפרי. התוצאות העיקריות מראות שעל פי בדיקות הפאזה המטצקה של הקרקע, החלקה אחידה. בתוצאות הבדיקות בפאזה המומסת בקרקע בשני מועדים (אביב וסתיו 2017) שכל הפרמטרים קיימת עליה בערכים בין האביב (לאחר עונת הגשמים) לסתיו (לאחר עונת ההשקיה) עבור כל הטיפולים. המוליכות החשמלית וריכוז הכלוריד הנמוכים יותר התקבלו עבור הטיפול המושקה במים שפירים. מתח המים בעומק 20 ס"מ, בחודשים לפני הניעור, ירד בזמן ההשקיה ועלה אחריה, אולם המתחים לפני כל השקיה היו נמוכים יותר בטיפול המושקה במים שפירים. מכיוון שמנות השקיה היו כמעט זהות ההבדל עשוי לייצג צריכת מים נמוכה יותר במים השפירים, או חלחול רב יותר אל שכבת קרקע עמוקה יותר. בהשוואה בין שלושת טיפולי הקולחים הנבדלים באינטרוול ומספר שלוחות הטפטוף, נמצא שמתח המים בקרקע המתקבל לפני ההשקיה גבוה יותר לעומת הטיפול המשקי.

מדידת צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת שקצב צמיחת בחלק הראשון של עונת המדידה, בקיץ, היה גבוה יותר מאשר בחלק השני, שרובו היה בחורף. בקיץ קצב הגידול הגבוה ביותר היה בטיפול המשקי (TWW), עפ"י מדד אורך השורשים, או בטיפולים ממשק השקיה (LFI) והשקיה מעורבת קולחים-שפירים 1:1 (MIX), עפ"י מדד משקל השורשים. לעומת זאת, עפ"י שני המדדים נראה שבטיפול המים השפירים (FW) הייתה הצמיחה המועטה ביותר. נראה שתוצאה זאת תואמת את התוצאות של היבול. ייתכן שההבדל נובע מריכוז חומרי ההזנה במי ההשקיה. אורך השורשים הסגולי (Specific Root Length) מבטא את ניצול משאבי העץ לייצור אורך שורשים.

במהלך עונת ההשקיה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקריאות תא הלחץ בעצים של הטיפולים השונים. במאפייני היבול בעונת 2017 לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לגבי היבול הרטוב, מספר הפירות לעץ, או משקל הזרע הממוצע. לעומת זאת, ביבול הזרעים לדונם, בשני הטיפולים עם אינטרוול ההשקיה הארוך, עם שתיים או שלוש שלוחות טפטוף לשורה, התקבלו יבולים גבוהים יותר באופן מובהק מהיבול שהתקבל בטיפול עם תעלות הקומפוסט.

לאחר סיום השנה הראשונה של הניסוי, הסתיימה הקמת התשתית של הניסוי והחלו המדידות באופן אינטנסיבי. אף שלא היה צפוי לקבל הבדלים גדולים בין הטיפולים שרק התחילו, לגבי מספר פרמטרים יש מגמות שניתן להצביע עליהן. בטיפולי התעלות, עדיין שקיימת השפעה לקריעת השורשים שהיתה במהלך הכנת התשתית.

מרץ 2018

אדר תשע"ח



חתימת החוקר:

תוכן עניינים

III	תקציר
1	מבוא ותיאור הבעיה
2	מטרות המחקר
3	חומרים ושיטות
8	תוצאות
22	סיכום
24	רשימת ספרות
25	נספחים

מבוא ותיאור הבעיה: בצפון הארץ (גליל, גולן והעמקים) גדלים 448 אלף דונם מטעים, חלק ניכר מהם נטוע בקרקעות המאופיינות בתכולת חרסית גבוהה (מעל 40%) וכרבע מהם מושקים בקולחים. שטח זה מתווסף למטעים ופרדסים מושקי קולחים במרכז הארץ, השפלה והדרום. בשני מיזמים שנערכו בשנים 2012-2014 נבחנו המנגנונים המשפיעים על המטעים המושקים בקולחים לעומת אלו המושקים במים שפירים בקרקעות כבדות.

במטע אבוקדו בגליל המערבי (טרצ'יצקי ואח', 2015; Yalin et al., 2017) בקרקע המושקית בקולחים ה-ESP היה גבוה לעומת הקרקע המושקית במים שפירים, בהתאמה לערך ה-SAR הגבוה יותר בקולחים. במקביל, בחלקות הקולחים עלתה גם מידת התפיחה בקרקע וירדו כושר החידור, המוליכות ההידראולית ברוויה והספיגות, בהשוואה לחלקות השפירים. נמצא קשר הדוק בין רטיבות הקרקע לבין ערכי הרדוקס שנמדדו לאורך שנתיים רצופות בבית השורשים. ערכי הרדוקס הנמוכים יותר התקבלו בטיפול הקולחים. גורם מבחין בין שני הטיפולים הוא ריכוז הנתרן והכלוריד בחלקי העץ התחתונים. באבוקדו תפקוד חלקי העץ התחתונים כחסם בפני תנועת נתרן, אך לא כלוריד, אל חלקי העץ העליונים. תוצאות המחקר באבוקדו הצביעו על בעיית האוורור וירידת פוטנציאל הרדוקס בבית השורשים כגורם לפגיעה פיזיולוגית בשורשים. שני המדדים הצביעו על ירידה לערכים נמוכים רק למשך פרקי זמן קצרים יחסית שלא הביאו לתהליכי חיזור נמרצים בבית השורשים. יחסי נתרן-אשלגן בחלקי העץ התחתונים (שורשים וגזע), הראו כי בתנאים אלו נפגעות מערכות קליטה אקטיביות (ולכן תלויות-חמצן), ואלו מתבטאות בירידה בסלקטיביות הקליטה של אשלגן מול נתרן.

במיזם השני נחקרה השפעת ההשקיה בקולחים לעומת השקיה במים שפירים על עצי הדר (אשכולית) בקרקע כבדה (בר-טל ואח', 2015). במיזם זה נמצא שמעבר להשקיה בשפירים לאחר השקיה ממושכת בקולחים גרמה לשינויים הפיזיולוגיים הבאים: גידול בצימוח שורשים (מספר ואורך), עליה במוליכות ההידראולית של השורשים, התרחבות הגליל המרכזי בשורש, עליה בשטף המים בגזע, עליה בקצבי הפוטוסינתזה והטרנספירציה ליחידת שטח עלה, ירידה בהתנגדות למעבר מים בעלה, עליה (לערכים פחות שליליים) בפוטנציאל המים בעלים חשופים ובגזע (סימן לירידה בעקת המים), ירידה בריכוז פרולין בשורשים (תנאי עקה גורמים לעליה בריכוז הפרולין), ירידה בדליפת מומסים מהממברנות, וירידה בריכוזי הכלוריד והנתרן בעלים ובשורשים. אלה ומדדים פיזיולוגיים נוספים הצביעו על שיפור במצב הפיזיולוגי של העצים עם המעבר מהשקיה בקולחים להשקיה במים שפירים. יבול הפרי בשלוש שנות המחקר הראשונות לא היה שונה במובהק בין שני הטיפולים, אולם בכל שנה היבול בשפירים היה גבוה מאשר בקולחים, ובקטיף האחרון בנובמבר 2015 יבול הפרי בהשקיה בשפירים היה גבוה באופן מובהק ב-17% מאשר בקולחים. המעבר להשקיה במים שפירים בפרדס גרם לירידה בריכוז המלחים המומסים בקרקע (לפי המוליכות החשמלית, EC), לירידה בריכוזים של מרכיבי המליחות העיקריים בקרקע, ולירידה בערך ה-SAR.

משנת 2015 מתקיים מיזם המשך כאשר ניסוי השדה מתבצע במטע האבוקדו בקיבוץ יסעור. עד כה נמצא שלמרות שכידוע ממחקרים קודמים, ההשקיה בקולחים הגדילה באופן משמעותי את ריכוזי הנתרן, הכלוריד וה-SAR בחתך הקרקע לעומת מים שפירים, טיפולי ממשק שונים שנכללו בניסויים הקיימים, הביאו להקלה בשורת מדדים שמאפיינים את המצב בבית השורשים ובעץ, גם ללא שינוי באיכות המים. מדדים בהם ניכרה השפעת הטיפולים כללו את ריכוז החמצן ומצב הרדוקס בבית השורשים, וכן מדדי ריכוז בתמיסת הקרקע בבית השורשים. בצמח התבלטה תגובה בצריכת המים של העצים ובמוליכות

העלים לאדי מים. במרבית המדדים האלה נמצא שהמצב הירוד ביותר הינו בטיפול הקולחים המשקי. מעבר להשקיה במים שפירים הביא לשיפור במדדים השונים, אולם נמצא כי גם טיפולי הממשק הביאו לשיפור במדדים השונים, למרות שההשקיה נותרה בקולחים. קיים שיפור ניכר בממשק האווור, בעיקר בטיפול תעלות האווור; דומיננטיות של תנאי רדוקס בתחום הערכים האוקסיים בכל הטיפולים למעט טיפול הקולחים המשקי שבו שררו תנאים סב-אוקסיים; השפעה בולטת ועקבית נמצאה לגבי ריכוז הניטריט שנמצא בתמיסת הקרקע בהשקיה בקולחים בממשק המשקי, אך לא בטיפולים האחרים; הן בבדיקת כלל השורשים בפרופיל והן בבדיקת מאסת השורשים, וכן במספר השורשים בעומקי הקרקע השונים, לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים; בטיפולי MIX, TWW נמצא הפיזור המעיד על כך שחלק עיקרי של השורשים היה בקטרים הנמוכים, דבר המעיד על הסתעפות רבה ונוכחות שורשים דקיקים בכמות גדולה יחסית; בבדיקות של עלים, שורשים ועצה רק ריכוזי הגופרית, הברזל, המגנזיום והנתרן היו נמוכים יותר באופן מובהק בתעלות הטוף מאשר בטיפול הקולחים TWW; במדדי רמת היבול השנתי והדו-שנתי, ההבדלים בין הטיפולים לא היו מובהקים.

1. **היפותזות המחקר:** (1) ניתן לשפר את מצב האווור בקרקעות כבדות שנפגעו מהשקיה רבת שנים בקולחים ע"י טיפולים אגרוטכניים; (2) השיפור באווור הקרקע יביא למניעת הפגיעה הפיזיולוגית בפעילות השורשים והעץ כולו, ללא צורך בשינוי איכות הקולחים מעבר לתקנות המקובלות (תקנות הקולחים); (3) הקרקע והעצים מגיבים בזמן קצר יחסית לשיפור בהרכב המים ובממשק ההשקיה, בהתאם לממצאים במיזם ההדרים (בר-טל ואח', 2015; Paudel et al., 2015). לגבי הטיפולים האגרוטכניים אנו מניחים ששיפור מצב האווור בבית השורשים יכול להיות מושג במספר דרכים: (1) שינוי בממשק ההשקיה; (2) בניית תעלות אוורור; (3) שינוי בהרכב המים שיקטין את ערך ה-SAR וישפר את מבנה הקרקע. מכיוון שהשקיה במנות מים גדולות גורמת למצב של מחסור בחמצן ופוטנציאל רדוקס נמוך, אנו מניחים שהקטנת תדירות ההשקיה יחד עם הגדלת מספר נקודות הטפטוף יביאו לצמצום הפגיעה עקב חוסר חמצן. לחילופין אנו מניחים ששיפור האווור בנפח מצומצם, בתוך תעלות אוורור, יאפשר התפתחות ופעילות שורשים תקינה שתפצה על חוסר האווור העיתי בנפח הקרקע הכללי. בנוסף, אנחנו מציעים לבדוק את הייתכנות של הורדת ה-SAR של המים כדרך לשיפור הדרגתי של מבנה הקרקע ושיפור מצב האווור בבית השורשים.

הנחת עבודה נוספת הינה שלכנות שונות יש עמידות שונה לקולחים, בדומה לידוע לגבי עמידות למליחות ולתכונות קרקע (גיר, pH ואווור). חלקת המחקר נבחרה בהתאם, כך שהכנות יהיו אחידות.

2. **מטרות המחקר והתועלת הצפויה:** מטרת המחקר הכללית הינה מציאת מענה לתופעת הפגיעה במטעים המושקים בקולחים בקרקעות כבדות. עיקר המאמץ המחקרי הינו בבחינת פתרונות לבעיית האווור ולאיינטראקציות שבין בעיית האווור לבעיות המליחות (פוטנציאל אוסמוטי) והרעילות הספציפית של נתרן וכלור.

נבחנות השיטות האגרוטכניות הבאות למניעה ואו מזעור של נזקים לקרקע ולעצים מהשקיה בקולחים בקרקעות כבדות:

א. התקנת תעלות אוורור

ב. ממשק השקיה מותאם לקולחים – תדירות נמוכה ופירוס טפטפות על שטח מוגדל.

ג. הקטנת ערך ה- SAR של הקולחים ע"י הקטנת ריכוז הנתרן (ע"י מיהול במים שפירים ברמה הנדרשת).

3. חומרים ושיטות

א. מבנה הניסוי

הניסוי מתבצע בקבוץ לביא. השטח ניטע בשנת 2013, הכנה היא 677 והזן העיקרי הוא אום אל פחם. נבחנו 7 טיפולים (טבלה 1) בחמש חזרות. בטיפולי תעלות האוורור יש שתי תעלות, אחד מכל צד של העץ, במרחק 30 ס"מ מהגזע, ברוחב 25 ס"מ ו- 30 ס"מ עומק ומלאות בטוף 0-8 בטיפול אחד או קומפוסט בטיפול נוסף. הניסוי מבוצע בחמש חזרות במתכונת של בלוקים באקראי כאשר בכל חזרה שלוש שורות של 5 עצים. עצי המדידה הם שלושת העצים המרכזיים בשורה המרכזית של כל חזרה (רק עצי אום אל פחם). תוכנית חלקת הניסוי מוצגת בנספח 1.

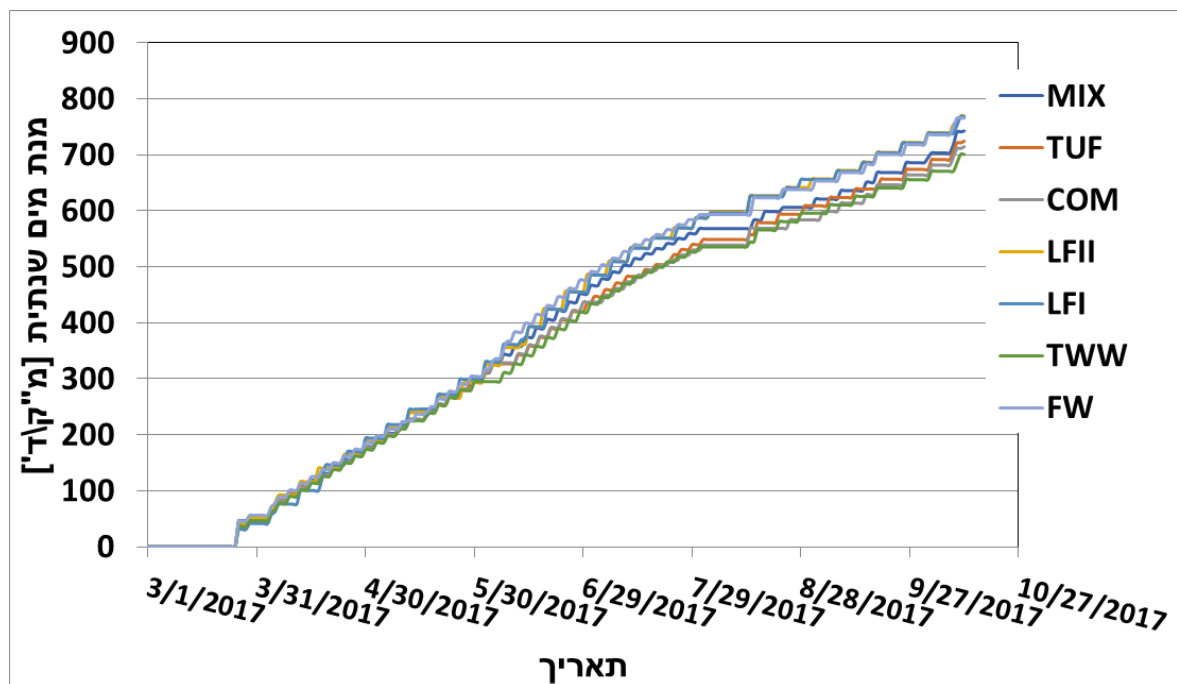
החלקה מושקית בטפטוף עילי, 2 שלוחות לשורה (פרט לטיפול אחד עם 3 שלוחות) מסוג ('יונירעם' 2.3 לישעה במרווח של 0.5 מ' - 'נטפים'). בטיפול של המיהול יש 4 שלוחות עם טפטפות של 1 לישעה כל 0.5 מ', כאשר בכל צד של העץ שתי שלוחות (אחת קולחים ואחת שפירים) מוצמדות. ההשקיה תוכננה במטרה ליישם את אותה כמות מים בכל הטיפולים, ואכן ההבדל המרבי היה של 8.9% בין טיפול 2 לטיפול 4 (טבלה 2 ואיור 1). כמויות דשן נקבעות בהתחשב בערך הדישוני של הקולחים ומוצגות בטבלה 3. בטיפולים המושקים בקולחים ניתן דשן אורן להשלמת מנת החנקן, ובטיפולי המים השפירים דשן נוזלי מסוג 10:2:8. בתחילת כל עונה בודקים את תקינות מערכת ההשקיה, מיקום שלוחות הטפטוף ומכניסם תוכנית השקיה ודישון.

טבלה 1: פירוט הטיפולים

מספר שלוחות	טיפול				מספר
	תיאור הטיפול	אינטרוול השקיה	סוג מים	קוד	
2	השקיה משקית	3	שפירים	FW	1
2	השקיה משקית	3	קולחים	TWW	2
2	אינטרוול ארוך	6	קולחים	LFI	3
3	אינטרוול ארוך	6	קולחים	LFII	4
2	השקיה משקית	3	קולחים	COM	5
2	השקיה משקית	3	קולחים	TUF	6
4 (2+2)	השקיה משקית	3	קולחים+שפירים	MIX	7

טבלה 2: כמויות מים שניתנו בפועל במהלך עונת ההשקיה, 2017.

כמות מים [מ"ק/ד']	טיפול	
	סוג מים	קוד
765.6 (99.5%)	שפירים	FW
700.7 (91.1%)	קולחים	TWW
768.0 (99.8%)	קולחים	LFI
769.4 (100%)	קולחים	LFII
714.4 (92.9%)	קולחים	COM
724.5 (94.2%)	קולחים	TUF
742.6 (96.5%) (שפירים= 378.6 ; קולחים 364.0)	קולחים+שפירים	MIX



איור 1: כמות המים המצטברת בטיפולים

טבלה 3: כמויות של יסודות הזנה

כמות יסודות הזנה [ק"ג/ד']									סוג הדשן	טיפול	
סה"כ			מים			דשן				סוג מים	קוד
K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N			
27.5	5.5	22.0	----	----	----	27.5	5.5	22.0		שפירים	FW
34.6	5.6	42.9	34.6	5.6	21.9	----	----	21.0		קולחים	TWW
37.9	6.1	45.0	37.9	6.1	24.0	----	----	21.0		קולחים	LFI
37.9	6.1	45.0	37.9	6.1	24.0	----	----	21.0		קולחים	LFII
35.2	5.7	43.3	35.2	5.7	22.3	----	----	21.0		קולחים	COM
35.7	5.8	43.6	35.7	5.8	22.6	----	----	21.0		קולחים	TUF
31.8	5.7	21.9	18.0	2.9	11.4			10.5		קולחים	MIX
----	----	11.0	----	----	----	13.8	2.8	11.0		שפירים	
31.8	5.7	32.9	18.0	2.9	11.4	13.8	2.8	21.5		סה"כ	

ב. איכות המים

בטבלה 4 מוצגת איכות המים. מקור הקולחים המשמשים להשקיית החלקה היא מאגר שדה אילן שמקבל קולחים ממט"ש שדה אילן.

טבלה 4: איכות מי ההשקיה

סוג מים	יחידות	pH	מוליכות חשמלית dS/m	כלוריד מ"ג/ל'	נתרן מ"ג/ל'	סידן מ"ג/ל'	מגניזיום מ"ג/ל'	אשלגן מ"ג/ל'	בורון מ"ג/ל'	דו-פחמה מ"ג/ל'	גפרית מ"ג/ל'	SAR
שפירים	ממוצע	7.5	0.89	99.4	1.86	4.23	2.77	----	0.05	6.13	0.52	0.99
	סטיית תקן	0.21	0.08	0.0	0.0	0.05	0.30	----	0.02	0.57	0.20	0.02
קולחים	ממוצע	8.03	2.45	506.5	16.67	5.62	3.11	1.04	0.14	9.61	1.67	7.68
	סטיית תקן	0.21	1.34	387.29	13.02	1.57	0.53	0.07	0.04	3.96	0.80	5.18

סוג מים	יחידות	TSS	BOD	COD	חנקן חנקתי מ"ג/ל'	חנקן אמוניאקלי מ"ג/ל'	חנקן קלדהל מ"ג/ל'	זרחן מסיס מ"ג/ל'
שפירים	ממוצע	-----	-----	-----	3.15	-----	-----	-----
	סטיית תקן	-----	-----	-----	0.35	-----	-----	-----
קולחים	ממוצע	9.0	16.0	38.3	6.83	20.27	31.23	3.63
	סטיית תקן	2.6	2.0	7.5	6.85	17.97	24.84	2.83

ג. מעקב בקרקע

אפיון השפעת הטיפול על ההרכב הכימי של תמיסת הקרקע:

מטרת הפעילות הייתה לאפיין את השפעת הטיפולים על ההרכב הכימי של תמיסת הקרקע (פאזה מוצקה ומומסת) בכדי להבין את המנגנונים המשפיעים על התכונות הפיזיקליות של הקרקע ועל העצים. דיגום קרקע בשנת הניסוי הראשונה בוצע בשני מועדים: מרץ 2017 ואוקטובר 2017. הדיגום הראשון, במרץ 2017 בוצע לפני תחילת עונת ההשקיה הראשונה על פי הטיפולים של הניסוי. הדיגום בוצע בחלקה אחת בכל טיפול (אף שהטיפולים עדיין לא הופעלו) בשני מיקומים: בין העצים ובמעבר בין השורות (אזור שלא מורטב ע"י הטפטוף). בכל מיקום בוצע קידוח לעומק 90 ס"מ ונלקחו מדגמים בשלוש שכבות (0-30, 30-60 ו-60-90 ס"מ). בטיפול התעלות המדגמים בין העצים נלקחו רק מתחת לתעלות. בסתיו 2017 נדגמו כל הטיפולים ב-5 חזרות לעומק 60 ס"מ בשתי שכבות (0-30 ו-30-60 ס"מ). בטיפול התעלות (טוף וקומפוסט) היה דיגום של הקרקע ליד התעלה (0-30 ס"מ) ומתחת לתעלה (30-60 ס"מ). מיצוי הקרקע נעשה ביחס של 1:5 (משקלי) לאחר טלטול במשך 30 דקות.

נבדקו המדדים הבאים:

- בפאזה המומסת נבדקו במיצוי עיסה רוויה - מוליכות חשמלית (EC), pH, נתרן (Na), אשלגן (K), סידן (Ca), מגנזיום (Mg), כלוריד (Cl), פחמן אורגני מומס במים (DOC), חנקן כללי מומס (TDN), מדידת UV254, וחושבו ערכי ה-SAR.
- זמינות יסודות הזנה – חנקן מינרלי זמין נבדק במיצוי 1N KCl וזרחן זמין במיצוי אולסן.
- בפאזה המוצקה נקבעו – הרכב מכני, קבול הקטיונים החליפים (CEC), הרכב הקטיונים החליפים (Ca, Mg, Na, K), פחמן אורגני בקרקע, חנקן כללי בקרקע. הפאזה המוצקה נבדקה רק בתחילת הניסוי.

מעקב אחר מתח המים בקרקע (טנסיומטרים):

בשלוש חזרות מכל טיפול הותקנו שני טנסיומטרים בעומקים 20 ס"מ ו- 40 ס"מ במרחק 15 ס"מ מהטפטפת הקרובה לעץ מדידה. בסה"כ 3 תחנות לטיפול, כלומר 21 תחנות (42 טנסיומטרים). הטנסיומטרים מחוברים למערכת Phyttech ונרשמים נתוני מדידה כל שעה.

ד. מעקב צמחי

i. צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores): בכדי לעקוב אחרי התפתחות השורשים בטיפולים השונים נעשה שימוש בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores). לכל הקידוחים הוכנסו גלילי רשת חדשים (קוטר 10 ס"מ ואורך 30 ס"מ) שמולא בקרקע מקומית נקייה משיירי חומר אורגני (תמונות 1 ו- 2). בתאריך 26/10/2017 נערכו המדידות הראשונות. גלילי הרשת הוצאו והשורשים נשטפו מהקרקע. בטיפול תעלות קומפוסט לא ניתן היה להפריד בין השורשים לקומפוסט ולכן בטיפול זה לא ימשך מעקב אחת צמיחת השורשים. השורשים השטופים נלקחו למעבדה באוניברסיטת תל-אביב. מיד הוכנסו לכל הקידוחים גלילי רשת חדשים שמולאו מחדש בקרקע ללא שורשים. השורשים השטופים אוחסנו עד למדידה בקירור באלכוהול 20%. במהלך חודש נובמבר 2017 נסרקו השורשים במעבדה באוניברסיטת ת"א ונקבעו אורך, קוטר ושטח פנים שלהם בתכנה ייעודית WinRhizo 2005b (Regent Instruments, Quebec, Canada). לאחר הסריקות יובשו השורשים בתנור (80°C, 48h) לקביעת משקלם היבש.



תמונה 2: הכנסת גלילי רשת עד לגובה פני הקרקע ומילוי בקרקע מקומית או מצע בהתאם לטיפול



תמונה 1: קידוח חורים בכל אחד מהטיפולים

- ii. **פוטנציאל המים בצמח:** על-מנת לקבוע את משק המים בעצים נמדד פוטנציאל המים בגזע פעמיים לאורך העונה. המדידות בוצעו באמצעות תא לחץ (PMS OR USA) על עלים מהנוף שכוסו בשקית פלסטיק מצופה נייר אלומיניום כשעה וחצי עד שעתיים לפני המדידה (בשעת הצהריים). נמדדו שני עלים לעץ ושני עצים לחזרה.
- iii. **דנדרומטרים:** הותקנו דנדרומטרים של Phytech. מכשיר אחד לעץ מדידה בשלוש חזרות של כל טיפול. אופן ההתקנה מוצג בתמונה 3.



תמונה 3: תחנה של דנדרומטר וטנסיומטרים

- iv. **יבול:** היבול מכל עץ נקטף בנפרד (3 עצים בחזרה) על ידי מנערת (תמונה 4) והיבול נאסף לתוך מיכל. היבול הכללי נשקל בשדה ונילקח מידגם של דלי אחד. המידגם הטרי נשקל בשדה והוא יובש בתנור בטמפרטורה של 65°C . לאחר מכן נספרו הפירות במדגם ובוצעה שקילה של 100-200 זרעים יבשים. נתוני המידגם סיפקו את מספר הפירות לק"ג

יבול רטוב ומשקל זרע. מנתונים אלו חושב מספר הזרעים לדונם ומשקל הזרעים לדונם. מועד הניעור היה ב- 9 לאוגוסט.



תמונה 4: הפעלת המנערת לקטיפת הניסוי

4. תוצאות ודיון

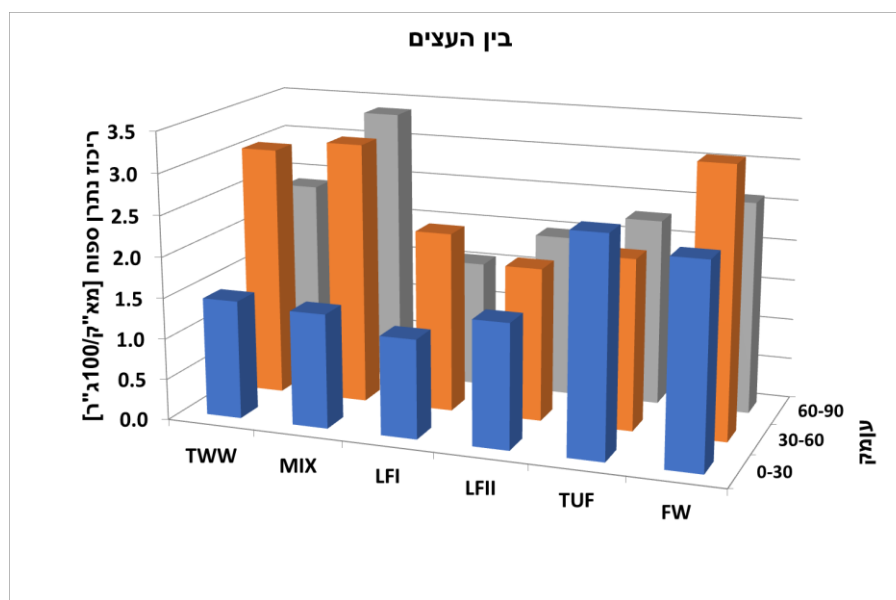
i. מעקב קרקע

א. מעקב אחר הרכב הפאזה המוצקה

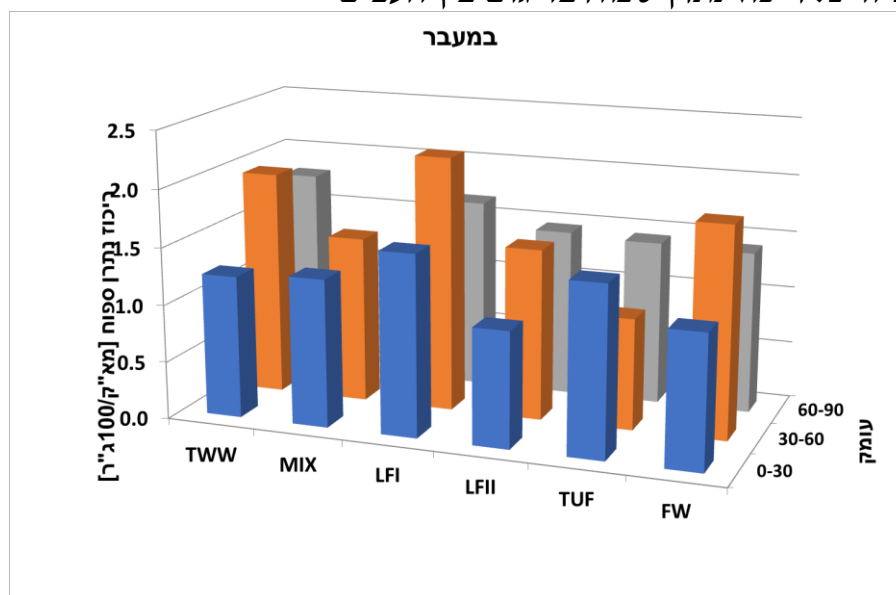
הרכב הפאזה המוצקה נבדק בתחילת הניסוי. התוצאות מובאות באופן חלקי בטבלה 5 ובאיורים 2 עד 5. כיוון שהדיגום היה בתחילת הניסוי, לפני הפעלת הטיפול, התוצאות מייצגות יותר את אחידות השטח וההבדל בין הקרקע בין העצים ליד הטפטוף (שכולו היה מושקה בקולחים מהנטיעה עד לתחילת הניסוי) והקרקע במעבר לא מושקה. יש להזכיר שאף שמצוינים הטיפולים, בכל טיפול נלקחה חזרה אחת בלבד. תכולת הגיר נמצאה בתחום 4.38%-6.5%, ללא הבדל משמעותי בין האזור בין העצים והמעבר, אבל עם עליה בעומק החתך. תכולת החומר האורגני נמצאה בתחום 1.23%-2.02%, ללא הבדל משמעותי בין האזור בין העצים והמעבר אבל עם ירידה בעומק החתך. תכולת החרסית נמצאה בתחום 64.60%-70.13%, ללא הבדל משמעותי בין האזור בין העצים והמעבר ובעומק החתך. תמונה דומה התקבלה לגבי הקק"ח שנמצא בתחום 77.5-83.0 מא"ק/100 ג"ר (טבלה 5). ריכוז ואחוז הנתרן הספוח (ESP) היו בתחום 1.0-3.2 **מ"אקמ"ק** 100 ג' ו- 3.9%-1.0 (איורים 2-5). כפי שהיה צפוי ריכוז הנתרן הספוח (וכמוהו ה-ESP) היו גבוהים יותר בשכבות 30-60 ו-60-90 ס"מ מאשר בשכבה העליונה 0-30 ס"מ, כתוצאה מהעדיפות בספיחה ליונים הדו-ערכיים שגורמת לדחיקת הנתרן לשכבות עמוקות יותר. במרבית החלקות ריכוזי הנתרן הספוח (וכמוהו ה-ESP) בשכבות 30-60 ו-60-90 ס"מ היו גבוהים יותר ליד העצים מאשר בין העצים, כתוצאה מכך שההשקיה בקולחים שמכילים נתרן הייתה ליד העצים, בעוד שהאזור בין העצים מושפע בעיקר ממי הגשמים. תופעה זו נמצאת בהתאמה לתוצאות שהתקבלו בפרדס מזרע (Bardhan et al. 2016 Geoderma 216: 1-9).

טבלה 5: תכונות הפאזה המוצקה

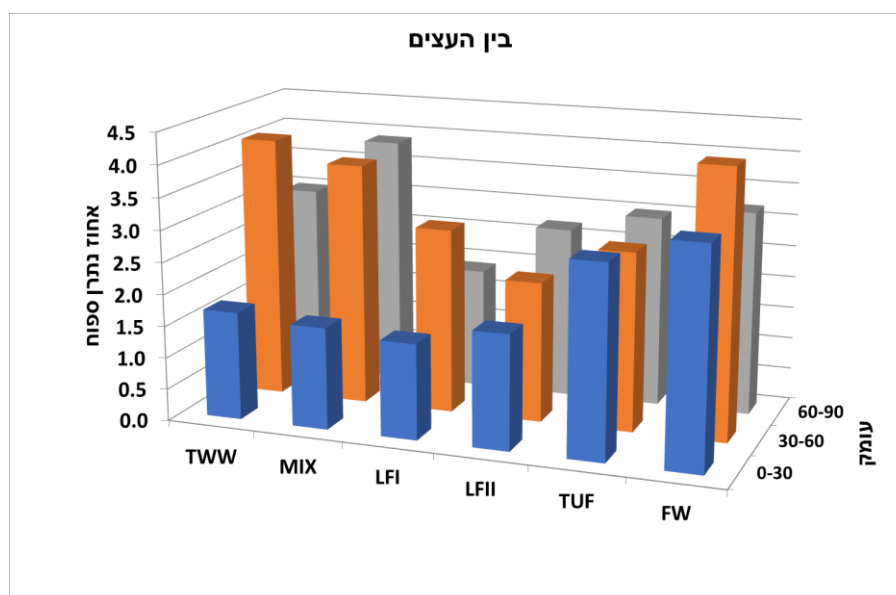
מעבר			בין העצים					
-75	-45	-15	-75	-45	-15	עומק	יחידות	פרמטר
6.50	5.64	4.38	5.51	5.33	4.99	ממוצע	%	גיר
2.95	1.79	0.61	0.85	0.96	1.61	סטיית תקן		
1.36	1.35	2.00	1.23	1.60	2.02	ממוצע	%	חומר אורגני
0.43	0.08	0.65	0.16	0.45	0.16	סטיית תקן		
67.52	69.13	65.80	70.13	65.13	64.60	ממוצע	%	חרסית
3.99	3.33	3.89	4.00	11.55	7.15	סטיית תקן		
79.95	78.77	83.00	77.50	81.32	82.02	ממוצע	מא"ק\100 ג"ר	קק"ח
4.58	4.79	6.05	2.03	5.09	5.64	סטיית תקן		



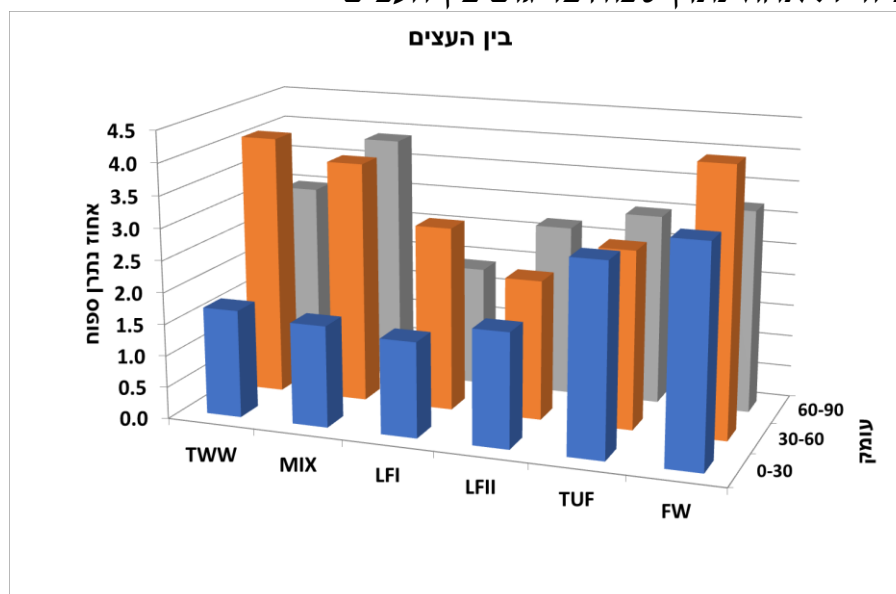
איור 2: ריכוז נתרן ספוח בדיגום בין העצים



איור 3: ריכוז נתרן ספוח במעבר



איור 4: אחוז נתרן ספוח בדיגום בין העצים

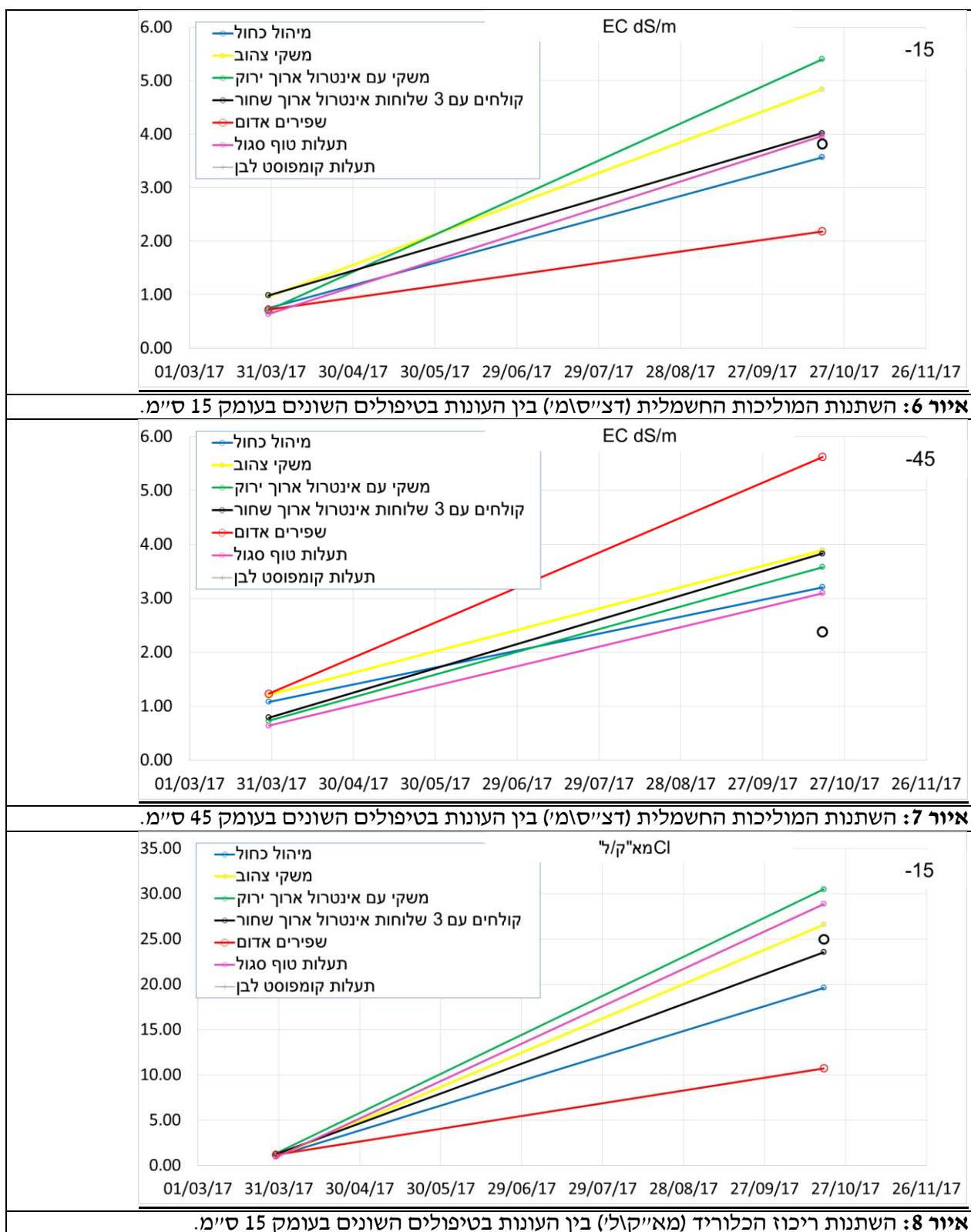


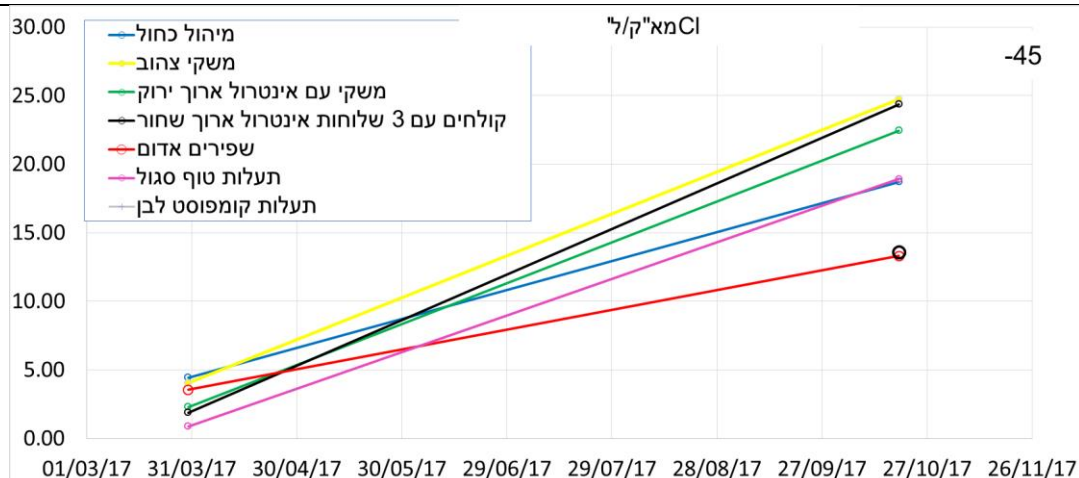
איור 5: אחוז נתרן ספוח במעבר

ב. מעקב אחר הרכב הפאזה המומסת

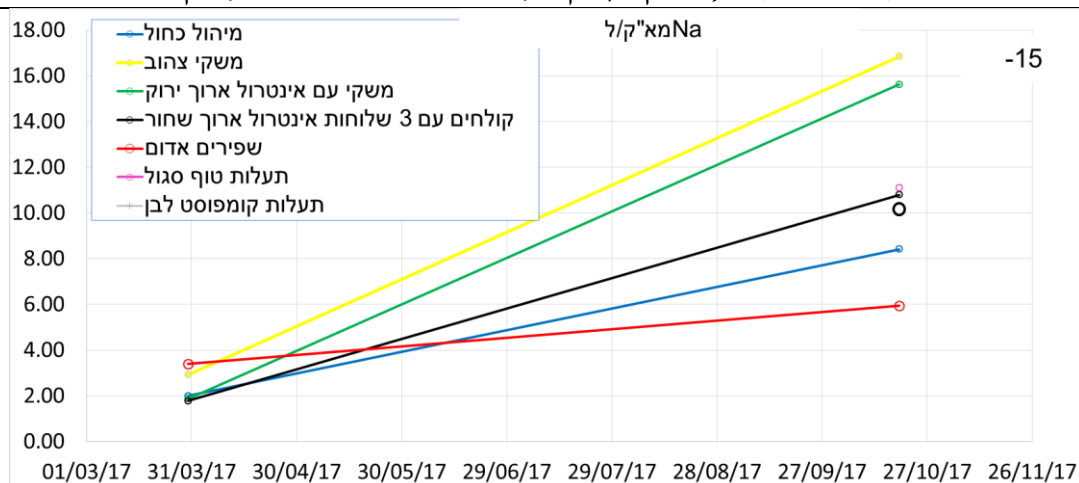
באיור 6 עד 13 (בכל האיורים: שפירים אדום - FW; משקי צהוב - TWW; משקי עם אינטרוולאינטרוול אָרֶךְ ירוק - LFI; קולחים עם 3 שלוחות אינטרוול ארוך שחור - LFII; תעלות קומפוסט לבן - COM; תעלות טוף סגול - TUF; מיהול כחול - MIX) מוצגות תוצאות של בדיקות בפאזה המומסת בקרקע בשני מועדים (אביב וסתיו 2017). ניתן להבחין שלגבי כל הפרמטרים קיימת עליה בערכים בין האביב (לאחר עונת הגשמים) לסתיו (לאחר עונת ההשקיה) עבור כל הטיפולים. המוליכות החשמלית וריכוז הכלוריד הנמוכים יותר התקבלו עבור הטיפול המושקה במים שפירים. בטיפול של המיהול התקבלו בדרך כלל ערכים גבוהים מאשר במים השפירים אבל נמוכים מאשר טיפולי הקולחים. בשלושת טיפולי הקולחים, כלומר המשקי ואלה עם האינטרוול הארוך, נמצאו ריכוזי המלחים הגבוהים ביותר. ריכוזי הכלוריד (איורים 8 ו-9), התנהגו בהתאמה לערכי המוליכות החשמלית. ריכוז הנתרן בעומק 15 ס"מ (איור 10) היה נמוך יותר בקרקע המושקית במים השפירים, כאשר בטיפול עם המיהול התקבלו ערכים גבוהים במקצת. שני טיפולי הקולחים, המשקי והאינטרוול הארוך, הראו את ריכוזי הנתרן הגבוהים יותר באופן משמעותי מטיפולי המים השפירים והמיהול. הוספת שלוחה תרמה להורדת

ריכוז הנתרן, אבל לא לרמה נמוכה כמו בשפירים. בעומק 45 ס"מ (איור 11) המגמות דומות, אם כי עם הבדלים קטנים מאוד בין הטיפולים. באיורים 14, 15 ו-16 מוצגים ריכוזי החנקן האמוניאקלי, חנקן חנקתי ואשלגן במיצוי סידן כלורי בסתיו 2017, בהתאמה. לא נמצאו השפעות ברורות במגמות קבועות לטיפולים.

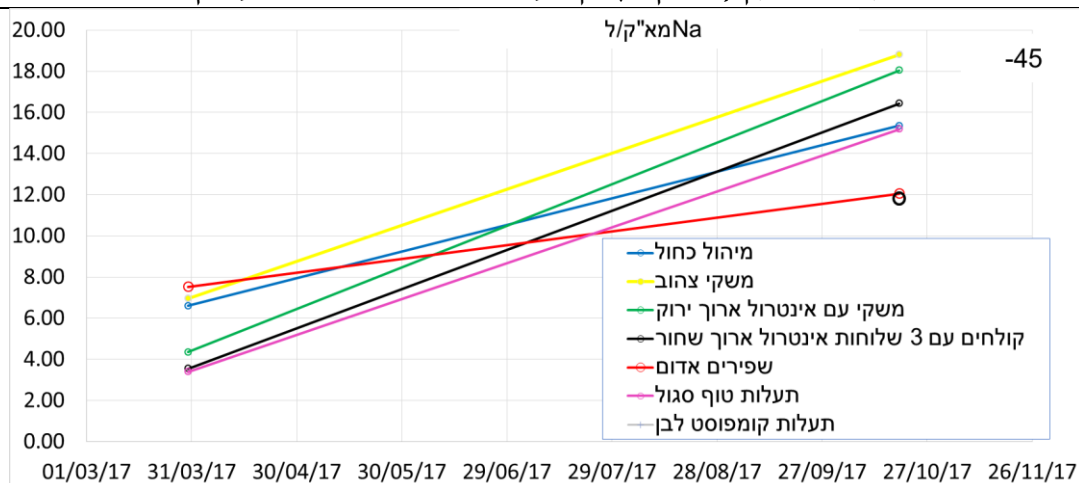




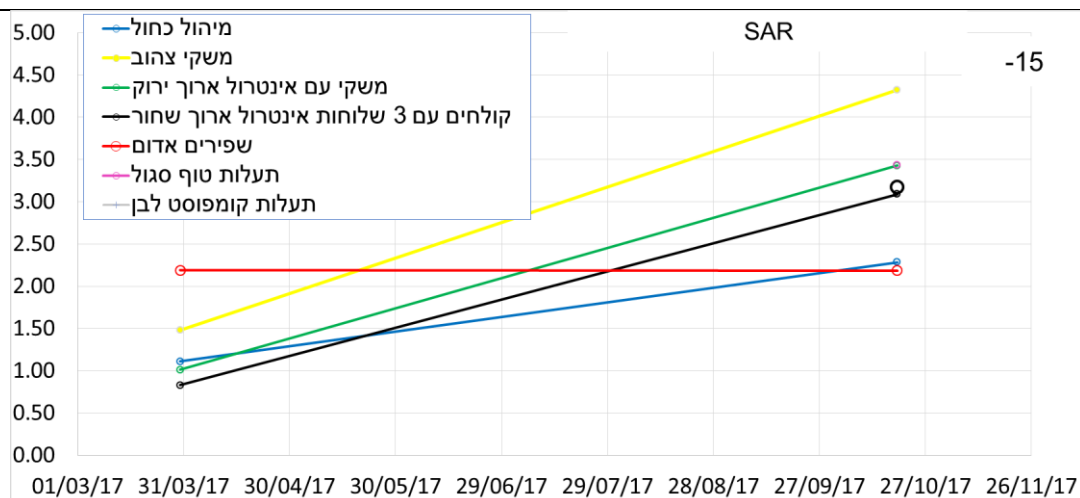
איור 9: השתנות ריכוז הכלוריד (מ"ק/ק"ל) בין העונות בטיפולים השונים בעומק 45 ס"מ.



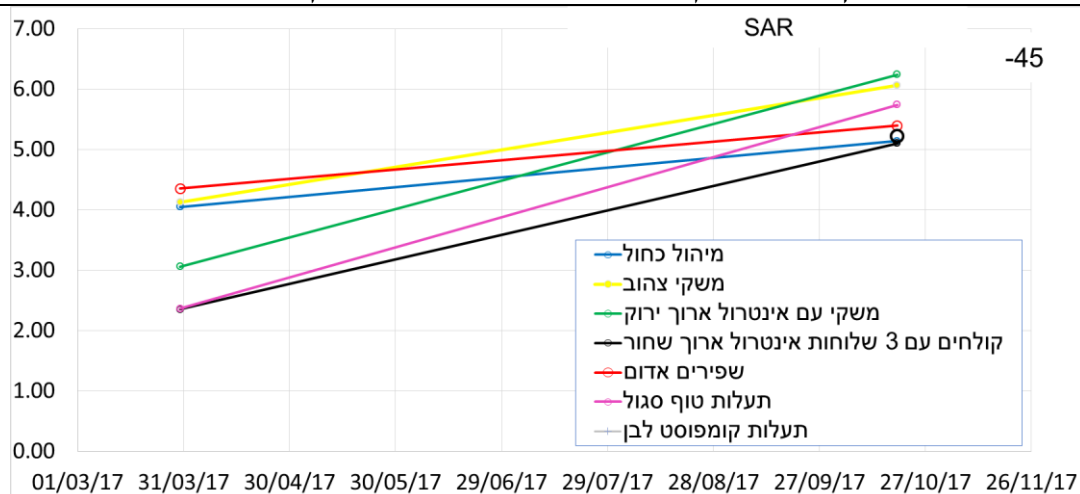
איור 10: השתנות ריכוז הנתרן (מ"ק/ק"ל) בין העונות בטיפולים השונים בעומק 15 ס"מ.



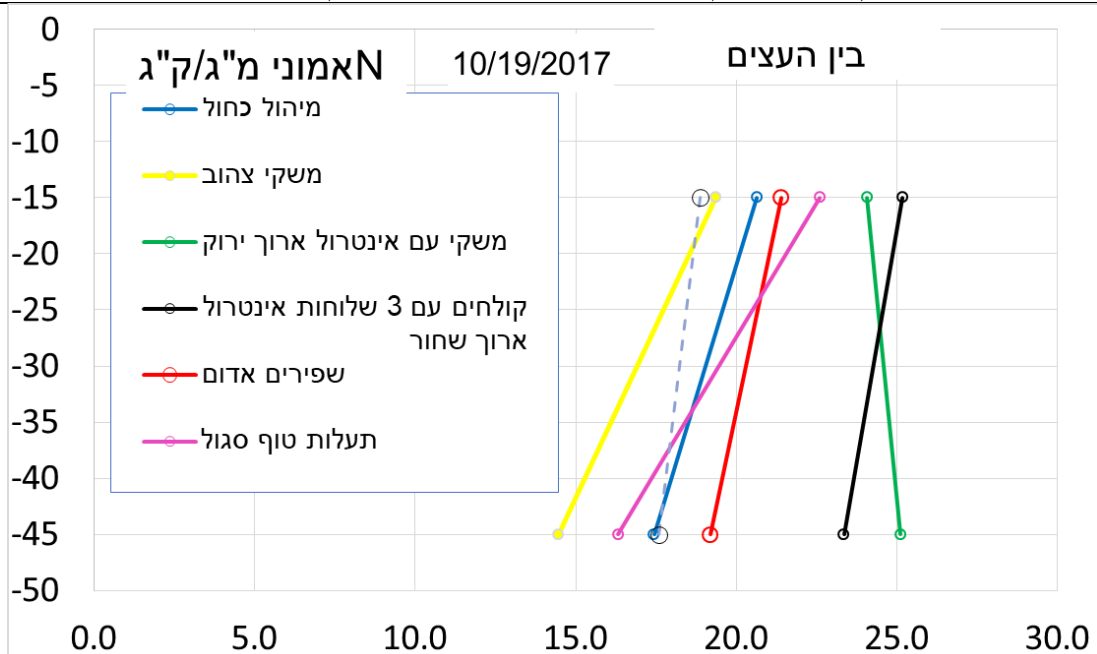
איור 11: השתנות ריכוז הנתרן (מ"ק/ק"ל) בין העונות בטיפולים השונים בעומק 45 ס"מ.



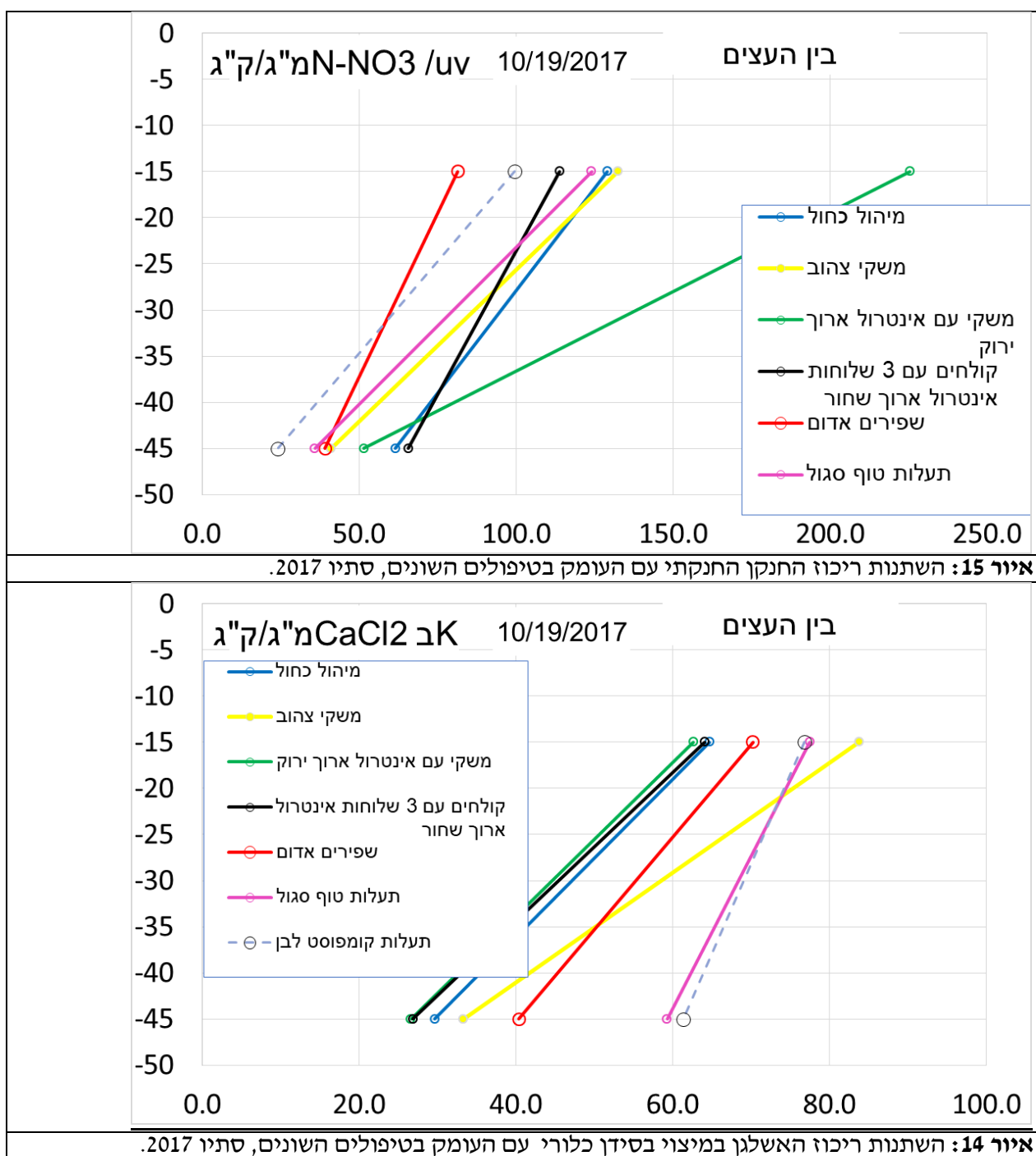
איור 12: השתנות ערך ה-SAR בין העונות בטיפולים השונים בעומק 15 ס"מ.



איור 13: השתנות ערך ה-SAR בין העונות בטיפולים השונים בעומק 45 ס"מ.



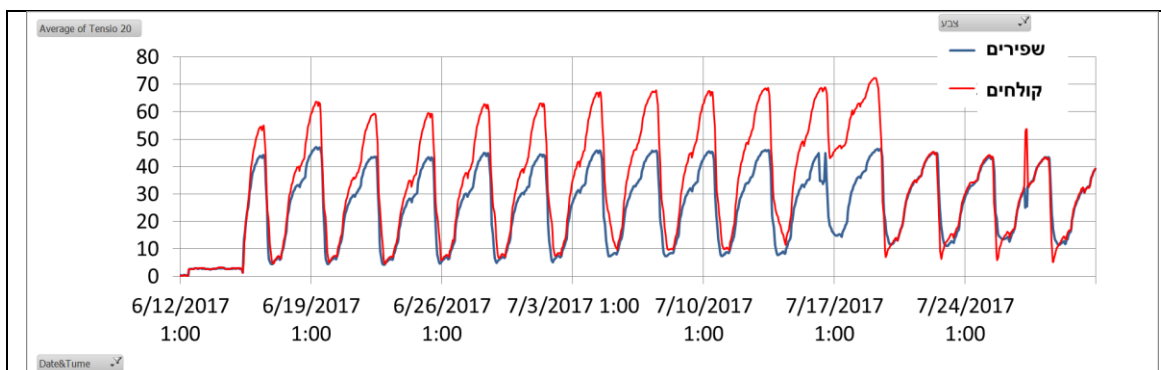
איור 14: השתנות ריכוז החנקן האמוניאקלי עם העומק בטיפולים השונים, סתיו 2017.



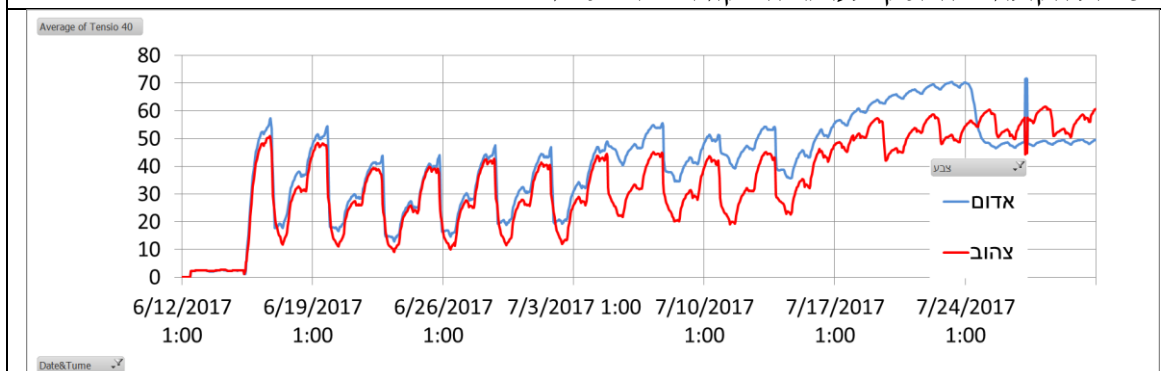
ג. מעקב אחר תכולת הרטיבות בקרקע

באיור 15 מוצגת השתנות מתח המים בעומק 20 ס"מ בחודשים לפני הניעור עבור הטיפול המשקי בקולחים לעומת הטיפול במים שפירים. ניתן להבחין בירידה במתח המים בקרקע בזמן ההשקיה (3 פעמים בשבוע) ועליית המתח לאחר מכן. כמו כן נראה שהמתחים לפני כל השקיה היו נמוכים יותר בטיפול המושקה במים שפירים. מכיוון שמנות השקיה היו כמעט זהות (טבלה 2) ההבדל עשוי לייצג צריכת מים נמוכה יותר במים השפירים, או לחלופין רב יותר אל שכבת קרקע עמוקה יותר. רמז לכך נמצא אולי במתחים בעומק 40 ס"מ (איור 16), אולם ההבדלים קטנים מאוד בעומק זה. גם לצריכת מים קטנה יותר בטיפול השפירים אין עדיין

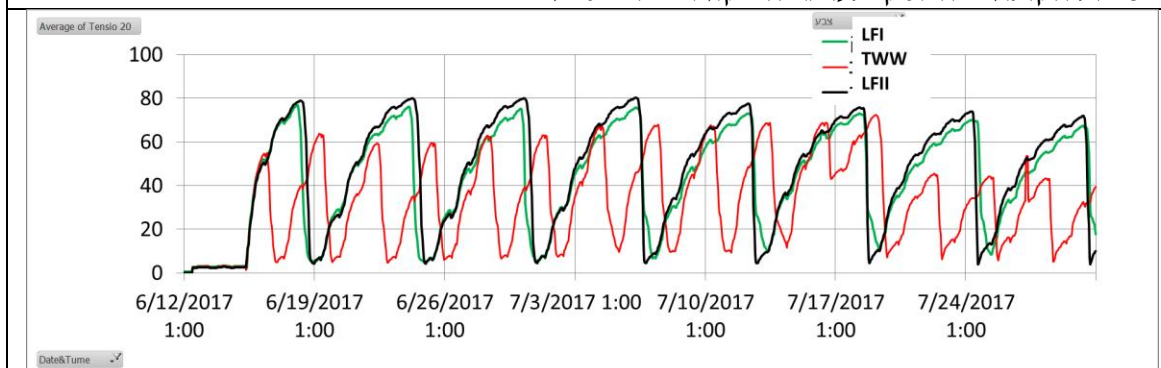
תמיכה בתוצאות המדודות, ובסה"כ אין בנתונים הקיימים עד כה בידינו לספק הסבר סביר לתופעה. טיפול המיהול (נתונים שלא מוצגים) מתנהג דומה לטיפול הקולחים המשקי. בהשוואה בין שלושת טיפולי הקולחים הנבדלים באינטרוול ומספר שלוחות הטפטוף (איורים 17 ו-18), ניתן להבחין שהשיא בערך מתח המים באינטרוול הארוך לא מתקיים באותו יום, בהתאם ליום ההשקיה, אבל בשני המקרים מתח המים בקרקע המתקבל לפני ההשקיה גבוה יותר לעומת הטיפול המשקי. קשה בשלב זה להצביע על מגמות בטיפולי התעלות (טוף וקומפוסט).



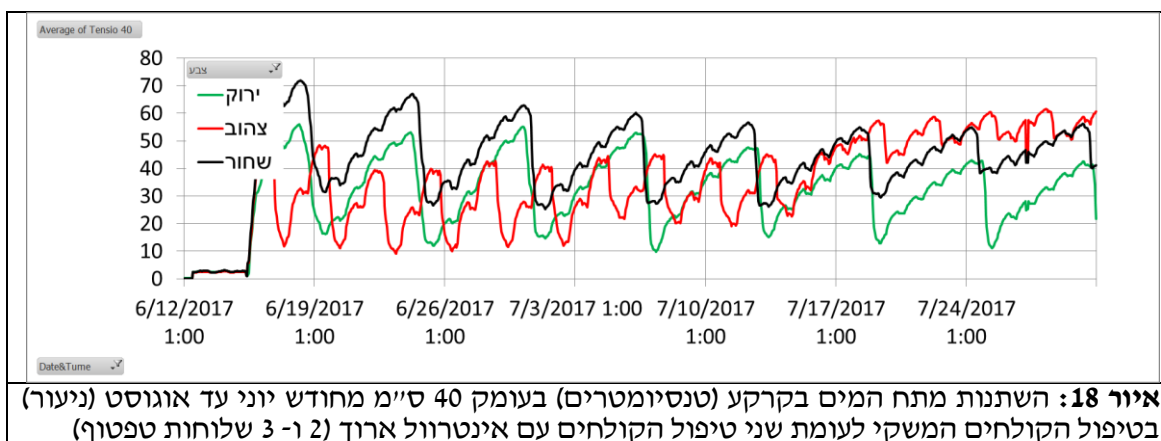
איור 15: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 20 ס"מ מחודש יוני עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת הביקורת במים שפירים



איור 16: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 40 ס"מ מחודש יוני עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת הביקורת במים שפירים

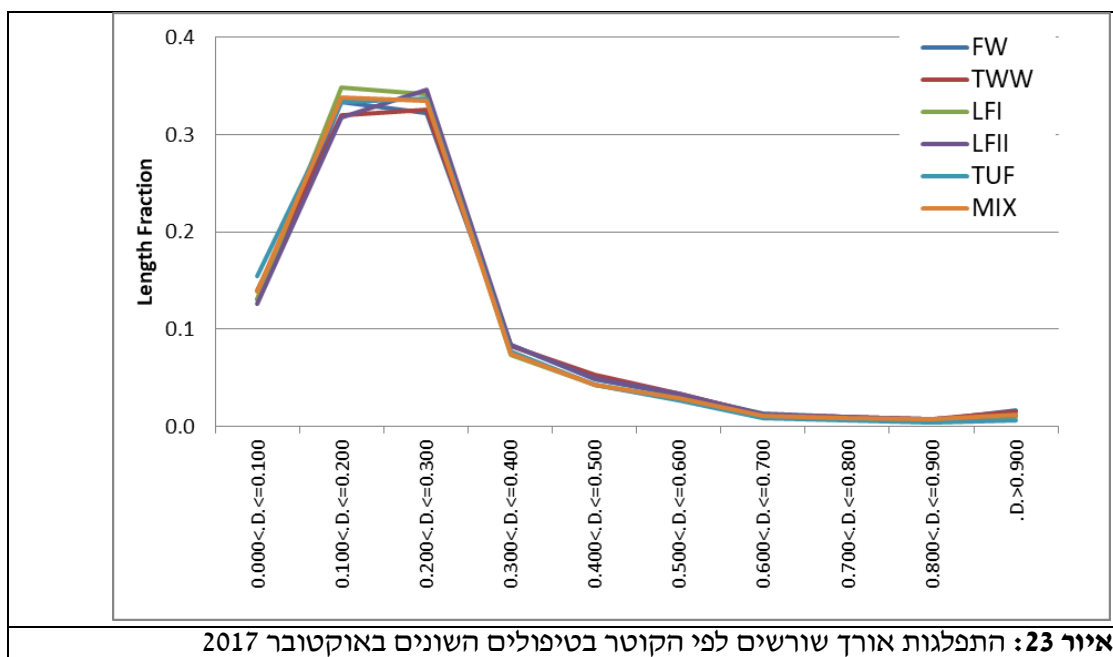
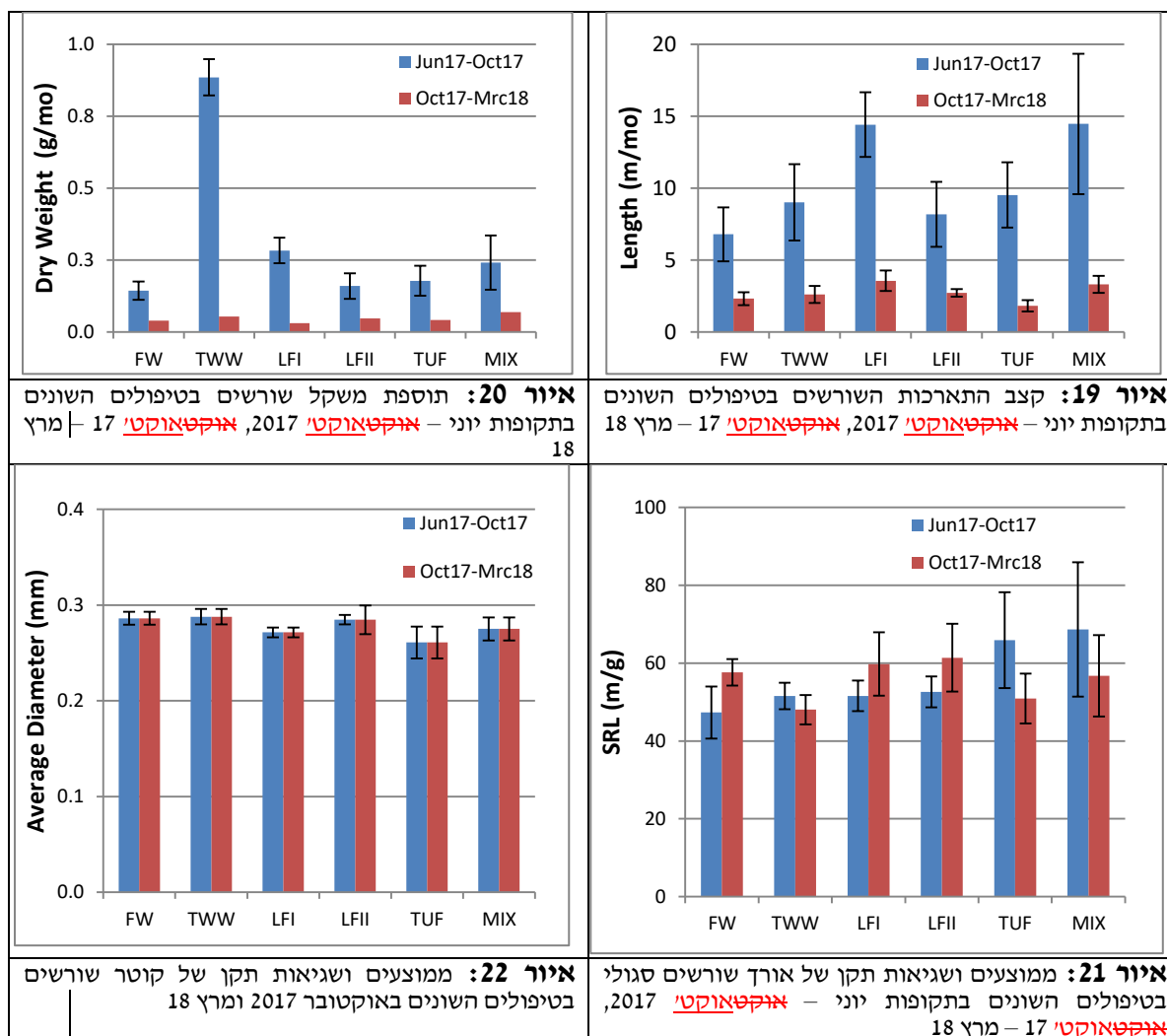


איור 17: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 20 ס"מ מחודש יוני עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת שני טיפולי הקולחים עם אינטרוול ארוך (2 ו-3 שלוחות טפטוף)

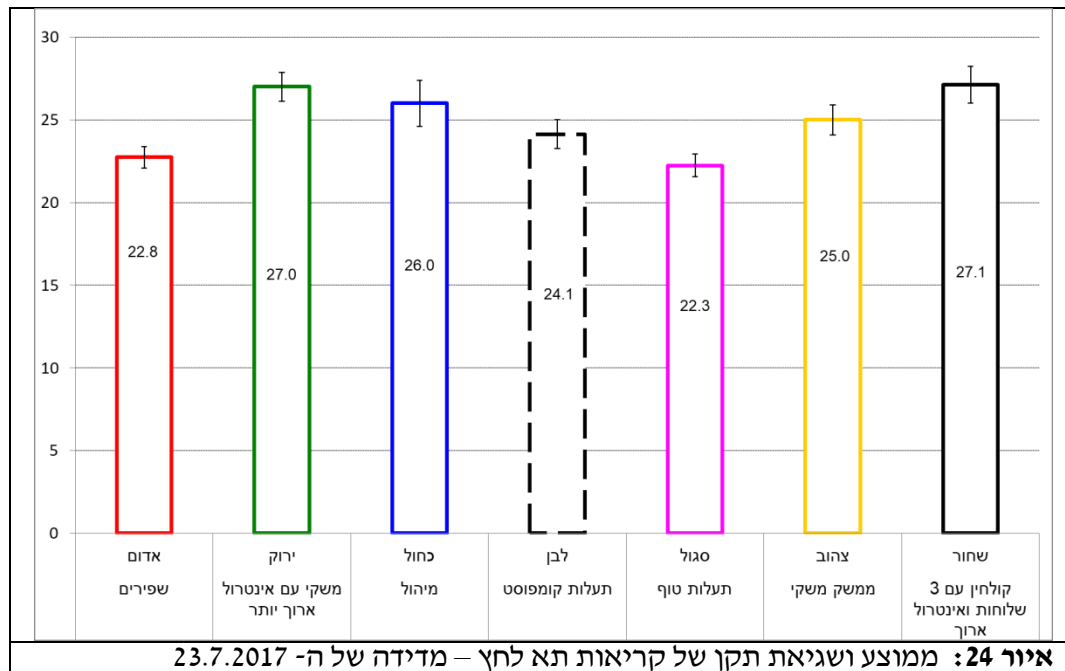


ii. מעקב צמחי

א. מדידת צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores): תוצאות המדידה של השורשים שצמחו אל תוך גלילי הרשת בחמשת החודשים הראשונים של הקיץ והסתיו (6/6/2017 – 26/10/2017) ובעונת החורף (26/10/2017 – 26/10/2018) מוצגות באיורים 19 עד 23. קצב צמיחת השורשים בחלק הראשון של עונת המדידה, בקיץ, היה גבוה יותר מאשר בחלק השני, שרובו היה בחורף. בקיץ קצב הגידול הגבוה ביותר (איורים 19 ו-20) היה בטיפול המשקי (TWW), עפ"י מדד אורך השורשים, או בטיפולים ממשק השקיה (LFI) והשקיה מעורבת קולחים-שפירים 1:1 (MIX), עפ"י מדד משקל השורשים. לעומת זאת, עפ"י שני המדדים נראה שבטיפול המים השפירים (FW) הייתה הצמיחה המועטה ביותר אל תוך הגלילים. נראה שתוצאה זאת תואמת את התוצאות של היבול. ייתכן שההבדל נובע מריכוז חומרי ההזנה במי ההשקיה. אורך השורשים הסגולי (Specific Root Length) (איור 21) מבטא את ניצול משאבי העץ לייצור אורך שורשים. נראה שאין הבדלים מובהקים בין הטיפולים במדד זה. מעניין שבמדד קוטר השורשים הממוצע (איור 22) לא היו כל הבדלים בין העונות. לכן מוצגת רק התפלגות אורך השורשים לפי הקוטר בקיץ (איור 23). גם במדד זה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים. השונות בין התוצאות של החזרות השונות אמנם גדולה אך היא דומה למה שהכרנו במדידות השורשים באותה שיטה במטעי אבוקדו. זאת הפעם הראשונה שמשתמשים בשיטה זאת למעקב אחר צמיחת שורשי שקדים. התוצאות מעידות על התאמת השיטה למטרה זאת במרווחים של 4 חודשים לערך. יש לזכור שבבדיקה זאת יש לצפות להשפעת חיתוך השורשים בזמן קידוח הבורות על הצמיחה. בבדיקות העתידיות השפעה זאת תהיה קטנה יותר כי לא יחתכו שורשים עיקריים אלא רק אלה שצמחו לגליל בתקופה שלפני הבדיקה האחרונה. התוצאות של קצב צמיחת השורשים לגלילי הרשת מעידות שההבדלים בין הטיפולים אינם מובהקים עדיין. ייתכן שבהמשך ההבדלים ילכו ויתבהרו, ככל שתהיה השפעה של הטיפולים גם על צמיחת הנוף של העצים. בטיפול תעלות הקומפוסט לא ניתן היה להפריד בין השורשים לזבל ולכן בטיפול זה לא ימשך מעקב אחת צמיחת השורשים.



ב. תא לחץ: במהלך עונת ההשקיה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקריאות תא הלחץ בעצים של הטיפולים השונים (איור 24).



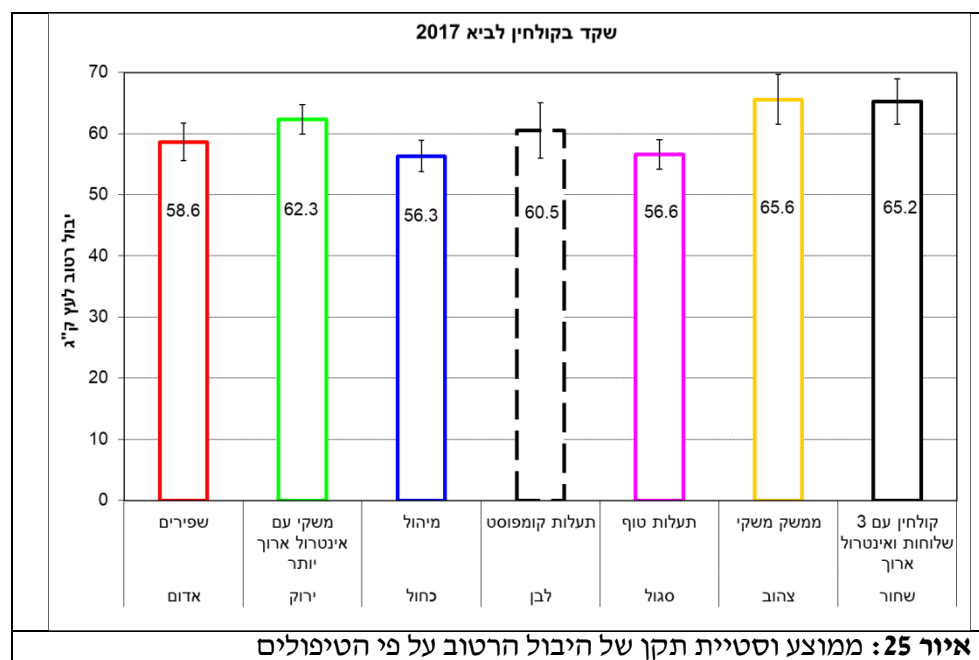
ג. דנדרומטרים: תוצאות של ניתוח קריאות הדנדרומטרים בתקופה שבין יולי עד ספטמבר מוצגות בטבלאות 6 ו- 7. נראה שיש הבדלים בין הטיפולים אבל אין בשלב זה אפשרות להסביר הבדלים אלה.

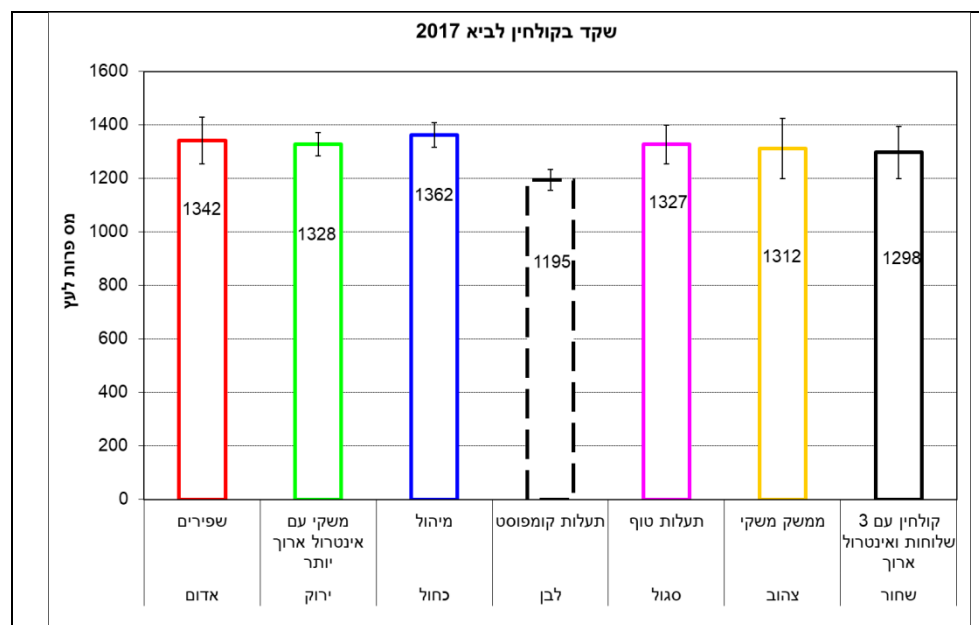
טבלה 6: התכונות הגזע הממוצעת היומית בטיפולים השונים	
	Mean daily shrinkage [MDS ;micron]
קולחין ממשק משקי	152
תעלות קומפוסט	167
תעלות טוף	168
מיהול	182
שפירים	193
קולחין עם 3 שלוחות ואינטרול ארוך	195
קולחין משקי עם אינטרוואל ארוך	200

טבלה 7: קצב יומי של גידול הגזע

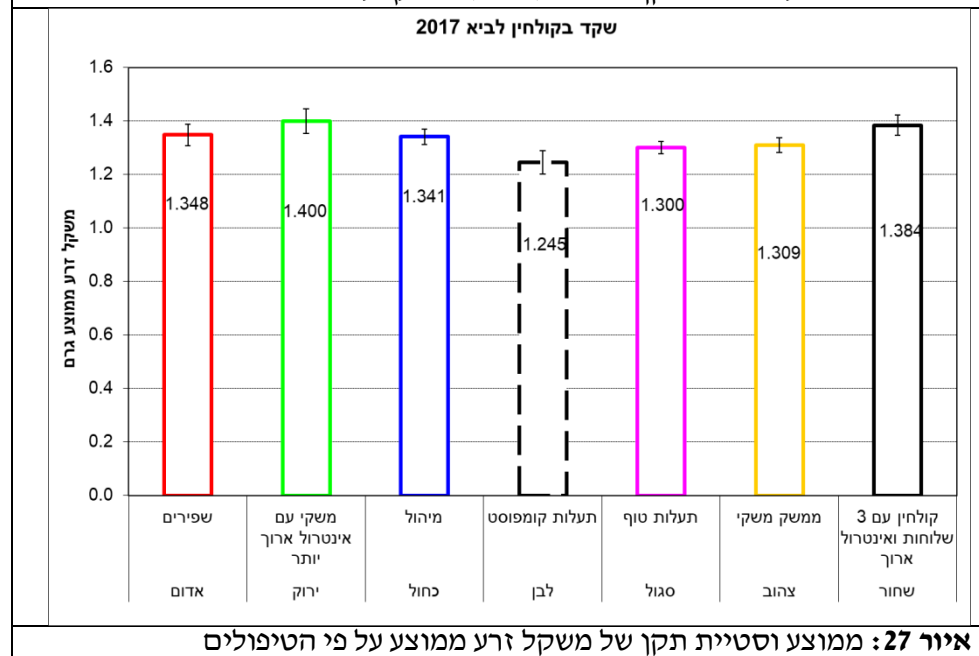
	Trunk daily growth [TDG ;micron]
תעלות טוף	14
תעלות קומפוסט	11
קולחין משקי עם אינטרוואל ארוך	10
קולחין עם 3 שלוחות ואינטרוואל ארוך	9
קולחין ממשק משקי	6
שפירים	5
מיהול	3

ד. יבול: מאפייני היבול בעונת 2017 מוצגים באיורים 25 עד 29. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לגבי היבול הרטוב (איור 25), מספר הפירות לעץ (איור 26), או משקל הזרע הממוצע (איור 27). לעומת זאת, ביבול הזרעים לדונם (איור 28), בשני הטיפולים עם אינטרוואל ההשקיה הארוך, עם שתיים או שלוש שלוחות טפטוף לשורה, התקבלו יבולים גבוהים יותר באופן מובהק מהיבול שהתקבל בטיפול עם תעלות הקומפוסט. יתר הטיפולים לא נבדלו באופן מובהק מטיפול הקומפוסט ומטיפולי האינטרוואל הארוך. נראה שיש מתאם טוב בין מספר הזרעים למשקל היבול בדונם (איור 29).

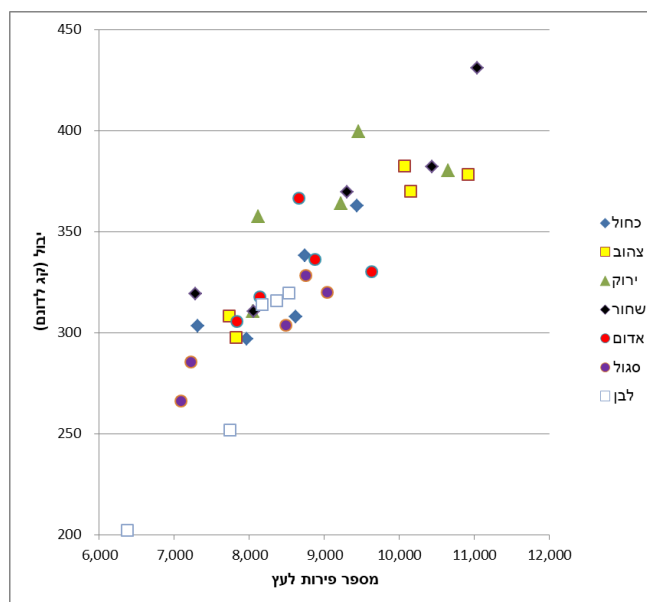
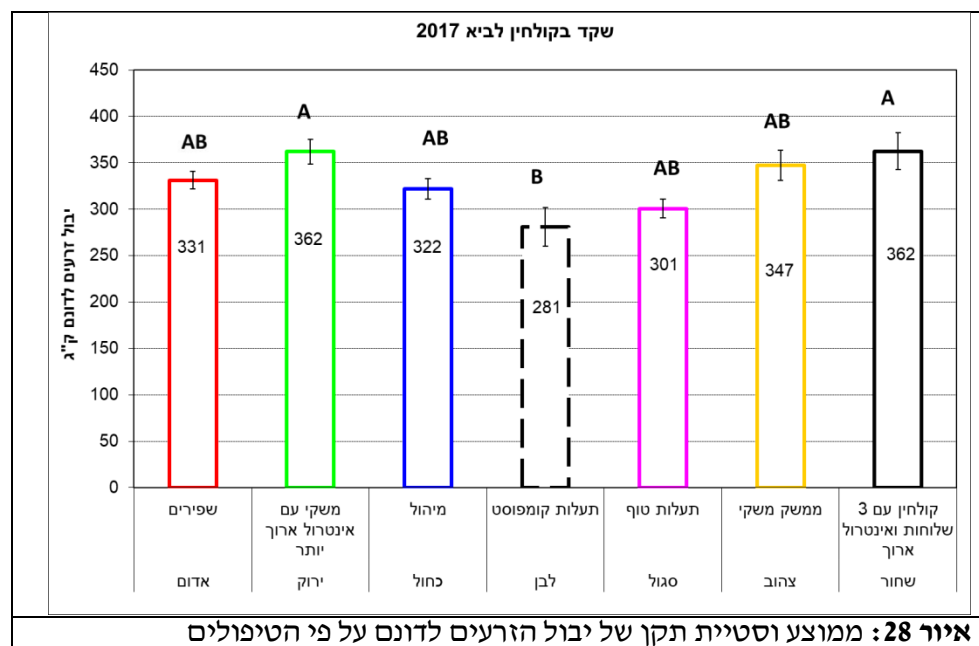




איור 26: ממוצע וסטיית תקן של מספר הפירות לעץ על פי הטיפולים



איור 27: ממוצע וסטיית תקן של משקל זרע ממוצע על פי הטיפולים



בוצעה בדיקה של הרכב יסודות הזנה בשקדים שנדגמו מכל חזרה בכל הטיפולים. התוצאות מוצגות בטבלה 8. לפי אנליזה סטטיסטית ANOVA, החנקן והאשלגן לא הושפעו מהטיפולים. לטיפולים הייתה השפעה על הזרחן, הריכוזים הנמוכים ביותר נמצאו בתעלות טוף ובמיהול (0.228% ו- 0.244% , בהתאמה), והגבוהים ביותר נמצאו בטיפול עם שלוש שלוחות עם אינטרול ארוך ובתעלות קומפוסט (0.288% ו- 0.290%, בהתאמה). בניתוח להבחין בין הטיפולים לפי המבחן הממיר של Tukey-Kramer אין הבדל מובהק בין הטיפולים אבל לפי מבחן Student מקבלים שבטיפול הטוף ריכוז אשלגן נמוך באופן מובהק מאשר בשלוש שלוחות עם אינטרול ארוך.

טבלה 8: ממוצעים וסטיית תקן של תכולת יסודות ההזנה בזרעי השקד

סטיית תקן			ממוצע			טיפול
K (%)	P (%)	N (%)	K (%)	P (%)	N (%)	
0.06	0.007	0.03	2.76	0.244	2.26	מיהול
0.10	0.022	0.09	2.88	0.276	2.36	ממשק משקי
0.15	0.014	0.08	2.90	0.300	2.48	משקי עם <u>איינטרוול</u> ארוך יותר
0.14	0.017	0.07	2.80	0.288	2.46	קולחים עם 3 שלוחות ואינטרוול ארוך
0.09	0.010	0.07	2.88	0.256	2.29	שפירים
0.16	0.007	0.05	2.95	0.228	2.21	תעלות טוף
0.10	0.027	0.11	2.80	0.290	2.35	תעלות קומפוסט

5. סיכום

הרכב הפאזה המוצקה של הקרקע נבדק בתחילת הניסוי. התוצאות מייצגות יותר את אחידות השטח וההבדל בין הקרקע בין העצים ליד הטפטוף (שכולו היה מושקה בקולחים מהנטיעה עד לתחילת הניסוי) והקרקע במעבר לא מושקה. תכולת הגיר נמצאה בתחום 4.38%-6.5%, ללא הבדל משמעותי בין האזור בין העצים והמעבר, אבל עם עליה בעומק החתך. תכולת החומר האורגני נמצאה בתחום 1.23%-2.02%, ללא הבדל משמעותי בין האזור בין העצים והמעבר אבל עם ירידה בעומק החתך. תכולת החרסית נמצאה בתחום 64.60%-70.13%, ללא הבדל משמעותי בין האזור בין העצים והמעבר ובעומק החתך. תמונה דומה התקבלה לגבי הקק"ח שנמצא בתחום 77.5-83.0 מא"ק/100 ג"ר. ריכוז ואחוז הנתרן הספוח (ESP) היו בתחום 1.0-3.2 פאקמא"ק 100 ג' ו- 1.0-3.9%. כפי שהיה צפוי ריכוז הנתרן הספוח (וכמוהו ה-ESP) היו גבוהים יותר בשכבות 30-60 ו-60-90 ס"מ מאשר בשכבה העליונה 0-30 ס"מ, כתוצאה מהעדיפות בספיחה ליונים הדו-ערכיים שגורמת לדחיקת הנתרן לשכבות עמוקות יותר. במרבית החלקות ריכוזי הנתרן הספוח (וכמוהו ה-ESP) בשכבות 30-60 ו-60-90 ס"מ היו גבוהים יותר ליד העצים מאשר בין העצים, כתוצאה מכך שההשקיה בקולחים שמכילים נתרן הייתה ליד העצים, בעוד שהאזור בין העצים מושפע בעיקר ממי הגשמים. בתוצאות הבדיקות בפאזה המומסת בקרקע בשני מועדים (אביב וסתיו 2017) שכל הפרמטרים קיימת עליה בערכים בין האביב (לאחר עונת הגשמים) לסתיו (לאחר עונת ההשקיה) עבור כל הטיפולים. המוליכות החשמלית וריכוז הכלוריד הנמוכים יותר התקבלו עבור הטיפול המושקה במים שפירים. בטיפול של המיהול התקבלו בדרך כלל ערכים גבוהים מאשר במים השפירים אבל נמוכים מאשר טיפולי הקולחים. בשלושת טיפולי הקולחים, נמצאו ריכוזי המלחים הגבוהים ביותר. ריכוז הנתרן בעומק 15 ס"מ היה נמוך יותר בקרקע המושקית במים השפירים, כאשר בטיפול עם המיהול התקבלו ערכים גבוהים במקצת. שני טיפולי הקולחים, הראו את ריכוזי הנתרן הגבוהים יותר באופן משמעותי מטיפולי המים השפירים והמיהול. הוספת שלוחה תרמה להורדת ריכוז הנתרן, אבל לא לרמה נמוכה כמו בשפירים. לגבי ריכוזי החנקן האמוניאקלי, חנקן חנקתי ואשלגן במיצוי סידן כלורי בסתיו 2017 לא נמצאו השפעות ברורות במגמות קבועות לטיפולים.

מתח המים בעומק 20 ס"מ, בחודשים לפני הניעור, ירד בזמן ההשקיה ההשקיה ועלה אחריה, אולם המתחים לפני כל השקיה היו נמוכים יותר בטיפול המושקה במים שפירים. מכיוון שמנות השקיה היו כמעט זהות ההבדל עשוי לייצג צריכת מים נמוכה יותר במים השפירים, או חלחול רב יותר אל שכבת קרקע עמוקה יותר. רמז לכך נמצא אולי במתחים בעומק 40 ס"מ, אולם ההבדלים קטנים מאד בעומק זה. גם לצריכת מים קטנה יותר בטיפול השפירים אין עדיין תמיכה בתוצאות המדודות, ובסה"כ אין בנתונים הקיימים עד כה בידינו לספק הסבר סביר לתופעה. טיפול המיהול מתנהג דומה לטיפול הקולחים המשקי. בהשוואה בין

שלושת טיפולי הקולחים הנבדלים באינטרוול ומספר שלוחות הטפטוף, נמצא שמתח המים בקרקע המתקבל לפני ההשקיה גבוה יותר לעומת הטיפול המשקי.

מדידת צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores) מראה בשורשים שצמחו אל תוך גלילי הרשת בחמשת החודשים הראשונים של הקיץ והסתיו ובעונת החורף שקצב צמיחת בחלק הראשון של עונת המדידה, בקיץ, היה גבוה יותר מאשר בחלק השני, שרובו היה בחורף. בקיץ קצב הגידול הגבוה ביותר היה בטיפול המשקי (TWW), עפ"י מדד אורך השורשים, או בטיפולים ממשק השקיה (LFI) והשקיה מעורבת קולחים-שפירים 1:1 (MIX), עפ"י מדד משקל השורשים. לעומת זאת, עפ"י שני המדדים נראה שבטיפול המים השפירים (FW) הייתה הצמיחה המועטה ביותר. נראה שתוצאה זאת תואמת את התוצאות של היבול. ייתכן שההבדל נובע מריכוז חומרי ההזנה במי ההשקיה. אורך השורשים הסגולי (Specific Root Length) מבטא את ניצול משאבי העץ לייצור אורך שורשים. נראה שאין הבדלים מובהקים בין הטיפולים במדד זה.

במהלך עונת ההשקיה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקריאות תא הלחץ בעצים של הטיפולים השונים. בניתוח קריאות הדנדרומטרים בתקופה שבין יולי עד ספטמבר, נראה שיש הבדלים בין הטיפולים אבל אין בשלב זה אפשרות להסביר הבדלים ~~אלה-במאפייניאלה. במאפייני~~ היבול בעונת 2017 לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לגבי היבול הרטוב, מספר הפירות לעץ, או משקל הזרע הממוצע. לעומת זאת, ביבול הזרעים לדונם, בשני הטיפולים עם אינטרוול ההשקיה הארוך, עם שתיים או שלוש שלוחות טפטוף לשורה, התקבלו יבולים גבוהים יותר באופן מובהק מהיבול שהתקבל בטיפול עם תעלות הקומפוסט. יתר הטיפולים לא נבדלו באופן מובהק מטיפול הקומפוסט ומטיפול האינטרוול ~~הארוך-בדיקההארוך. בדיקה~~ של הרכב יסודות הזנה בשקדים שנדגמו מכל חזרה בכל הטיפולים. ריכוז החנקן והאשלגן לא הושפעו מהטיפולים. לטיפולים הייתה השפעה על הזרחן, הריכוזים הנמוכים ביותר נמצאו בתעלות טוף ובמיהול, והגבוהים ביותר נמצאו בטיפול עם שלוש שלוחות עם אינטרוול ארוך ובתעלות קומפוסט.

לאחר סיום השנה הראשונה של הניסוי, הסתיימה הקמת התשתית של הניסוי והחלו המדידות באופן אינטנסיבי. אף שלא היה צפוי לקבל הבדלים גדולים בין הטיפולים שרק התחילו, לגבי מספר פרמטרים יש מגמות שניתן להצביע עליהן. בטיפול התעלות, עדיין שקיימת השפעה לקריעת השורשים שהיתה במהלך הכנת התשתית.

- Bardhan, G., D. Russo, D. Goldstein and G.J. Levy, 2016. Changes in the hydraulic properties of a clay soil under long-term irrigation with treated wastewater, *Geoderma*, 264, 1-9.
- Cantuarias, T. (1995). Transpiration rate and water status of a mature avocado orchard as related to wetted soil volume. MSc. Thesis. Hebrew Univ. of Jerusalem.
- Cohen, Y., Cohen, S., Cantuarias Aviles, T. and G. Schiller. (2008). Variations in the radial gradient of sap velocity in trunks of forest and fruit trees. *Plant and Soil* 305:49-59.
- Eshel, G., G.J. Levy, U. Mingelgrin, and M.J. Singer. 2004. Critical evaluation of the use of laser light scattering for particle size distribution analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 736-743.
- Levy, G.J., A. Dag, M. Raviv, I. Zipori, S. Medina, I. Saadi, A. Krasnovski, H. Eizenberg, Y. Laor. 2017. Annual spreading of olive mill wastewater over consecutive years: Effects on cultivated soil physical properties. *Land Degrad. Develop.* (submitted).
- Levy, G.J., P. Fine, D. Goldstein, A. Azenkot, A. Zilberman, A. Chazan, and T. Grinhut. 2014. Long term irrigation with treated wastewater (TWW) and soil sodification. *Biosys. Engin.* 128, 4-10.
- Naasz, R., J.-C. Michel, and S. Charpentier. 2008. Modeling oxygen and water flows in peat substrate with root uptakes. *Acta Horticulturae*, 779, 191-197.
- Paudel, I., Kanety, T., Cohen, S. (2013). Inactive xylem can explain differences in calibration factors for thermal dissipation probe sap flow measurements. *Tree Physiology*, 33:986-1001.
- Paudel, I., Shaviv, A., Bernstein, N., Heuer, B., Shapira, O., Bar-Tal, A., Rotbart, N., Ephrath, J., Cohen, S. (2016a). Lower leaf gas-exchange and higher photorespiration of treated wastewater irrigated Citrus trees is modulated by soil type and climate. *Physiol. Plant* 156(4):478-496
- Paudel, I., Shaviv, A., Bernstein, N., Heuer, B., Bar-Tal, A., Ephrath, J., Cohen, S. (2016b). Impact of treated wastewater on growth, respiration, and hydraulic conductivity of citrus root systems in light and heavy soils. *Tree Phys.* 36(6):770-785.
- Paudel, I., Bar-Tal, A., Levy, J.G., Rotbart, N., Ephrath, J., Cohen, S. (2018). Treated wastewater (TWW) irrigation: soil variables and Grapefruit tree performance. *Agric. Water Manag.* accepted
- Russo, D. 2013. Consequences of salinity-induced-time-dependent soil hydraulic properties on flow and transport in salt-affected soils. *Proc. Environ. Sci.* 19, 623-632.
- Russo, D. and E. Bresler. 1977. Analysis of the saturated-unsaturated hydraulic conductivity in a mixed Na/Ca soil system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 706-710.
- Russo, D., J. Zaidel, and A. Laufer. 2001. Numerical analysis of flow and transport in a combined heterogeneous vadose zone-groundwater system. *Adv. Water Resour.* 24, 49-62.
- Russo, D., J. Zaidel, and A. Laufer. 2004. Numerical analysis of transport of interacting solutes in a three-dimensional unsaturated heterogeneous soil. *Vadose Zone J.* 3, 1286-1299.
- Russo, D., J. Zaidel and A. Laufer. 2008. Numerical analysis of solute transport from trickle sources in a combined desert soil-imported soil flow system. *Vadose Zone J.* 7, 53-66.
- Russo, D., A. Laufer, G. Bardhan, and G. J. Levy. 2015. Salinity control in a clay soil beneath an orchard irrigated with treated waste water in the presence of a high water table: a numerical study. *J. Hydrol.* 512, 605-618.
- Salagado, E., and R. Cautin. 2008. Avocado root distribution in fine and coarse-textured soils under drip and micro-sprinkler irrigation, *Agric. Water Manag.* 95, 817-824.
- Yalin, D., A. Schwartz, S. Assouline, K. Narkis, A. Eshel, A.G. Levin, A. Lowengart-Aycicegi, J. Tarchitzky, and M. Shenker. 2017. Insights from "The Hidden Half": The impact of root-zone oxygen and redox dynamics, on the response of avocado to long-term irrigation with treated wastewater in clayey soil. *Isr. J. Plant Sci.* 64, 92-109.

נספח 1: תוכנית חלקת הניסוי בקיבוץ לביא

