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. אגרומטאורולוגיה.
אלכס פורמן - הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, טכניון, alexfurmantechnion@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 הכוללות 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 המוצקה של הקרקע, החלקה אחידה.

הרכב הפאזה המוצקה של הקרקע נבדק בתחילת הניסוי. התוצאות מייצגות יותר את אחידות השטח וההבדל בין הקרקע בין העצים ליד הטפטוף והקרקע במעבר לא מושקה. בבדיקות בפאזה המומסת בקרקע בסתיו 2018 נמצא שריכוזי היסודות נמוכים בשורת העצים מאדר מתחת לטפטפת בגלל הצטברות מלחים מהמים ודשנים. ערכים היו גבוהים יותר בטיפולים המושקים בקולחים בעומק 30 עד 90 ס״מ. בשכבה 0-30 ס״מ התמונה היתה הפוכה ובמים שפירים ובמיהול היו ריכוזים גבוהים יותר. ביתר טיפולי הקולחים הריכוזים היו נמוכים מאשר בטיפול הקולחים המשקי.

לגבי הנתרן וה- SAR הערכים הגבוהים ביותר התקבלו עבור הטיפול המשקי בקולחים והנמוך ביותר עבור הטיפול עם המים השפירים, כאשר המיהול נמצא ביניהם. הטיפולים המתקנים בקולחים לא היו שונים מטיפול ה- TWW, פרט לתעלות הקומפוסט שהקטינו את ערך ה- SAR.

לא נמצאו הבדלים בריכוז הזרחן בקרקע בין הטיפולים. אולם הטיפולים הגבוהים ביותר היו באינטרוול ארוך ובתעלות הקומפוסט.

מתח המים בעומק 20 ס״מ, בחודשים לפני הניעור לפני כל השקיה היו גבוהים יותר בטיפול המושקה במים שפירים. ההבדל עשוי לייצג צריכת מים גבוהה יותר במים השפירים.

מדידת צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores) מראה הבדל בין קצב צמיחת שורשים בין תקופות שונות של השנה. אין עדיין דגם שינויים בקצב צמיחת השורשים והבדלים בצמיחת השורשים. כמו כן, לא נמצא קשר בין צמיחת השורשים והיבול.

במהלך מרבית עונת ההשקיה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקריאות תא הלחץ בעצים של הטיפולים השונים. בשני המועדים האחרונים לקראת הניעור ניתן להבחין באופן כללי יש מתחים גבוהים יותר בטיפול המושקה במים שפירים ובטיפול המיהול.

ניתוח קריאות הדנדרומטרים מראה שיש הבדלים בין הטיפולים אבל אין בשלב זה אפשרות להסביר הבדלים אלה ואין מגמות ברורות. אולם, הטיפול במים שפירים מראה נתונים נמוכים יותר.

במאפייני היבול בעונת 2018 נמצא שהיו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לגבי היבול הרטוב כאשר טיפול ה- TWW היה הגבוה ביותר וטיפול ה- FW היה הנמוך ביותר. לגבי מספר הפירות לעץ, נמצא שטיפול ה- TWW היה הגבוה ביותר אבל ללא הבדל מובהק עם הטיפול ה- MIX. בטיפול הטוף היה מספר הפירות הנמוך ביותר. מגמות דומות התקבלו לגבי משקל הגלעינים היבש.

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 לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת יסודות בעלים.

אייר תשע"ט **מאי 2019**

חתימת החוקר:

תוכן עניינים

תקציר	**II**
מבוא ותיאור הבעיה	**4**
מטרות המחקר	**5**
חומרים ושיטות	**6**
תוצאות	**11**
סיכום	**30**
רשימת ספרות	**31**
נספחים	**33**

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 תפקדו 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 הפוטוסינתיזה 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 האוורור, בעיקר בטיפול תעלות האוורור; 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 TWW, MIX 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, המנגן 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. **היפותזת המחקר:** 1) ניתן לשפר את מצב האוורור בקרקעות כבדות שנפגעו מהשקיה רבת שנים בקולחים ע״י טיפולים אגרוטכניים; 2) השיפור באוורור 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 el al., 2015). לגבי הטיפולים האגרוטכניים אנו מניחים ששיפור מצב האוורור 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 האוורור בנפח מצומצם, בתוך תעלות אוורור, יאפשר התפתחות ופעילות שורשים תקינה שתפצה על חוסר האוורור העיתי בנפח הקרקע הכללי. בנוסף, אנחנו מציעים לבדוק את הייתכנות של הורדת ה-SAR של המים כדרך לשיפור הדרגתי של מבנה הקרקע ושיפור מצב האוורור בבית השורשים.

הנחת עבודה נוספת הינה שלכנות שונות יש עמידות שונה לקולחים, בדומה לידוע לגבי עמידות למליחות ולתכונות קרקע (גיר, pH ואוורור). 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 האוורור ולאינטראקציות שבין בעיית האוורור לבעיות המליחות (פוטנציאל אוסמוטי) והרעילות הספציפית של נתרן וכלור.

נבחנות השיטות האגרוטכניות הבאות למניעה ו\או 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. נבחנים 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 המרכזים 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 (׳יוניירעם׳ 2.3 ל׳\שעה במרווח של 0.5 מ׳ - ׳נטפים׳). בטיפול של המיהול יש 4 שלוחות עם טפטפות של 1 ל׳\שעה 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.

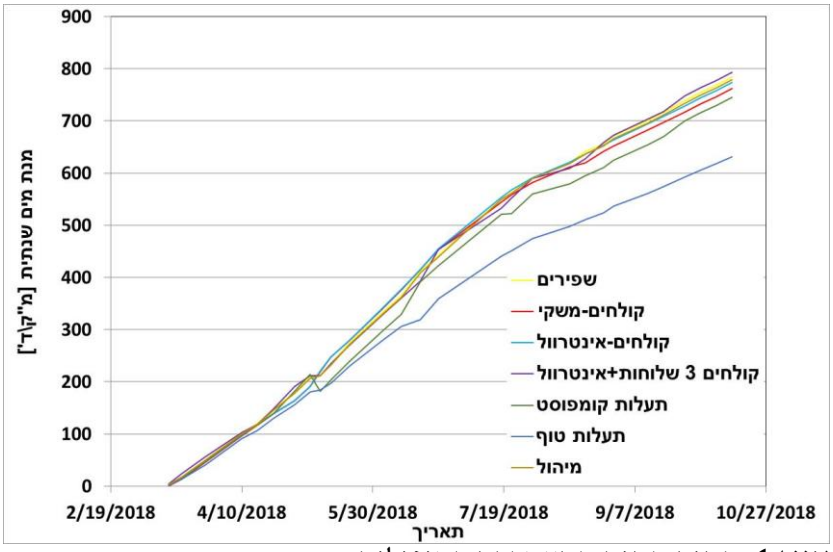
בתחילת כל עונה בודקים את תקינות מערכת ההשקיה, מיקום שלוחות הטפטוף ומכינים תוכנית השקיה ודישון.

טבלה 1: פירוט הטיפולים

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

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

טיפול		כמות מים [מ״ק\ד׳]
קוד	סוג מים	
FW	שפירים	784.1 (98.8%)
TWW	קולחים	762.0 (96.1%)
LFI	קולחים	773.8 (97.5%)
LFII	קולחים	793.3 (100%)
COM	קולחים	745.2 (93.9%)
TUF	קולחים	630.6 (79.5%)
MIX	קולחים+שפירים	779.3 (98.2%) (שפירים= 391.5 ; קולחים 387.7)



איור 1: כמות המים המצטברת בטיפולים

טבלה 3: כמויות של יסודות הזנה

טיפול		סוג הדשן	כמות יסודות הזנה [ק"ג\ד']							
			דשן			מים			סה"כ	
קוד	סוג מים		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
FW	שפירים	9-3-8	24.2	8.1	21.5	----	----	----	24.2	8.1	21.5
TWW	קולחים	אורן 32	20.8	----	----	5.4	14.2	43.5	26.2	14.2	43.5
LFI	קולחים	אורן 32	20.8	----	----	5.5	14.5	43.5	26.3	14.5	43.5
LFII	קולחים	אורן 32	20.8	----	----	5.6	14.8	43.5	26.4	14.8	43.5
COM	קולחים	אורן 32	20.8	----	----	5.3	13.9	43.5	26.1	13.9	43.5
TUF	קולחים	אורן 32	20.8	----	----	4.5	11.8	35.6	25.3	11.8	35.6
MIX	קולחים	אורן 32	12.1	----	----	2.8	7.2	23.7	14.9	7.2	23.7
	שפירים	9-3-8	10.4	4.1	10.8	----	----	----	10.4	4.1	10.8
	סה"כ		22.5	4.1	10.8	2.8	7.2	23.7	25.3	11.3	34.5

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		pH	מוליכות חשמלית	כלוריד	נתרן	סידן	מגניון	אשלגן	בורון	דו-פחמה	גפרה	SAR
	יחידות		dS/m	מ"ג/ל'	מא"ק/ל'			מא"ק/ל'	מ"ג/ל'	מא"ק/ל'	מ"ג/ל'	
שפירים	ממוצע	7.2	0.8	100.0	2.0	4.9	2.5	----	0.09	5.1	0.37	0.99
	סטיית תקן	0.2	0.08	22.7	0.2	0.0	0.0	----	0.03	1.69	0.05	0.02
קולחים	ממוצע	7.8	1.6	262.7	8.4	5.0	2.6	1.2	0.37	7.1	2.3	7.68
	סטיית תקן	0.3	0.1	35.5	1.0	0.7	0.9	0.2	0.28	0.9	1.3	5.18

סוג מים		TSS	BOD	COD	חנקן חנקתי	חנקן אמוניאקלי	חנקן קלדהל	זרחן מסיס
	יחידות	מ"ג/ל'						
שפירים	ממוצע	-----	----	----	3.5	-----	----	------
	סטיית תקן	----	----	----	0.44	-----	----	-----
קולחים	ממוצע	6.5	10.2	31.6	6.1	7.1	18.8	6.0
	סטיית תקן	4.4	4.5	21.1	5.1	7.7	8.1	2.5

ג. מעקב בקרקע

אפיון השפעת הטיפולים 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). בטיפולי התעלות (טוף וקומפוסט) היה דיגום של הקרקע ליד התעלה (0-30 ס"מ) ומתחת לתעלה (30-60 ס"מ).

בשנת הניסוי השנייה בוצע דיגום קרקע בסתיו באוקטובר 2018, לעומק 90 ס"מ ונלקחו מדגמים בשלוש שכבות (0-30, 30-60 ו- 60-90 ס"מ). כמו בסתיו הקודם בטיפולי התעלות (טוף וקומפוסט) היה דיגום של הקרקע ליד התעלה (0-30 ס"מ) ומתחת לתעלה (30-60 ס"מ).

מיצוי הקרקע נעשה ביחס של 1:2 (משקלי) לאחר טלטול במשך 30 דקות.

נבדקו המדדים הבאים:

i. בפאזה המומסת נבדקו במיצוי עיסה רוויה - מוליכות חשמלית (EC), pH, נתרן (Na), אשלגן (K), סידן (Ca), מגנזיום (Mg), כלוריד (Cl), פחמן אורגני ואנאורגני מומסים במים (DOC ו- IC, בהתאמה), חנקן כללי מומס (TDN), מדידת UV254, וחושבו ערכי ה- SAR.

ii. זמינות יסודות הזנה – חנקן מינראלי זמין נבדק במיצוי 1N KCl וזרחן זמין במיצוי אולסן.

iii. 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.

<u>מעקב אחר מתח המים בקרקע (טנסיומטרים):</u>

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 Phytech ונרשמים נתוני מדידה כל שעה.

ד. מעקב צמחי

<u>צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores)</u>: בכדי לעקוב אחרי התפתחות השורשים בטיפולים השונים נעשה שימוש בשיטת גלילי רשת Ingrowth Cores). לכל הקידוחים הוכנסו גלילי רשת (בה חורים

בגודל 2x2 ס״מ) חדשים בקוטר 10 ס״מ ובאורך 30 ס״מ שמולאו בקרקע מקומית נקייה משיירי חומר אורגני (תמונות 1 ו- 2). בטיפולי תעלות הטוף והקומפוסט מולאו הגלילים בחומר בתעלה. הגלילים הוטמנו בבורות קידוח במרחק 1.5 מ׳ מגזע העץ מתחת לשלוחת הטפטפות.

לאחר כארבעה חודשים הוצאות הגלילים, נשטפה מהם הקרקע והשורשים נאספו במסננות. כבר בדגימה הראשונה נמצא שמהגלילים המלאים בקומפוסט לא ניתן היה לבודד את השורשים מהקומפוסט, לכן לא נערך מעקב אחר צמיחת השורשים בטיפול זה. בשאר הטיפולים הוכנסו לאותם בורות קידוח 30 גלילי רשת שמולאו שוב בקרקע מקומית נקייה או בטוף, בטיפול תעלות הטוף.

השורשים מכל דגימה הוכנסו לשקית ונשמרו באלכוהול 20% בקירור עד לבדיקה במעבדה באוניברסיטת תל-אביב. במעבדה נוקתה דגימת השורשים מכל שיירי הקרקע וחומר צמחי שאיננו שורשי שקד. השורשים נסרקו בסורק ייעודי כשהם צפים במגש עם מים והסריקות נותחו בעזרת תוכנת WinRhizo 5.0, שמיועדת לניתוח תמונות כאלו של שורשים. נתקבלו נתונים של אורך השורשים, ושטח פניהם וההתפלגות של מדדים אלה בהתאם לקוטר השורשים. לאחר הסריקה יובשו השורשים בתנור במשך שבוע בטמפרטורה של $80^{o}C$ ונקבע משקלם לאחר הייבוש. נתוני האורך והמשקל של השורשים בכל דגימה חולקו במספר החודשים שעברו ממועד הטמנת הגליל ועד הוצאתו לצורך חישוב קצב הצמיחה בכל תקופת דגימה.

בטבלה 6 מוצג מהלך הדגימות מתחילת הניסוי.

טבלה 5: מהלך הדגימות

תאריך	פעולה
6/6/17	הכנסת גלילי רשת
26/10/17	הוצאת גלילים והכנסת חדשים
19/3/18	הוצאת גלילים והכנסת חדשים
12/6/18	הוצאת גלילים והכנסת חדשים
1/11/18	הוצאת גלילים והכנסת חדשים

תמונה 1: קידוח חורים בכל אחד מהטיפולים

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

i. **<u>פוטנציאל המים בצמח</u>:** 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.

ii. **<u>דנדרומטרים</u>:** הותקנו דנדרומטרים של Phytech. מכשיר אחד לעץ מדידה בשלוש חזרות של כל טיפול. אופן ההתקנה מוצג בתמונה 3.

תמונה 3: תחנה של דנדרומטר וטנסיומטרים

iii. <u>יבול</u>: 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 $65^{o}C$. 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 לקטיף הניסוי

4. תוצאות ודיון

i. מעקב קרקע

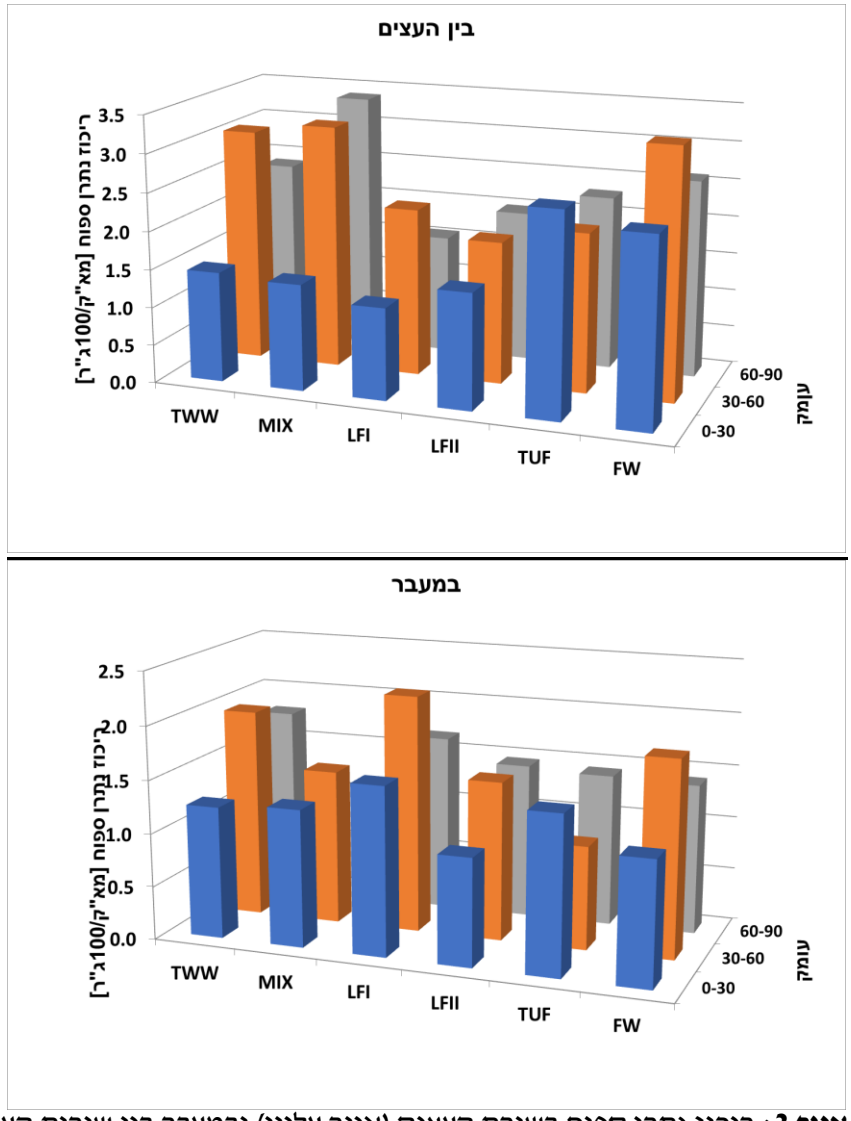
א. **<u>מעקב אחר הרכב הפאזה המוצקה</u>**

הרכב הפאזה המוצקה נבדק בתחילת הניסוי. התוצאות מובאות באופן חלקי בטבלה 5 ובאיורים 2 עד 5. כיוון שהדיגום היה בתחילת הניסוי, לפני הפעלת הטיפולים, 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 מא"ק\100 ג' ו- 1.0-3.9% (איור 2). 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

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



איור 2: ריכוז נתרן ספוח בשורת העצים (איור עליון) ובמעבר בין שורות העצים (איור תחתון) בדיגום קרקע במרץ 2017

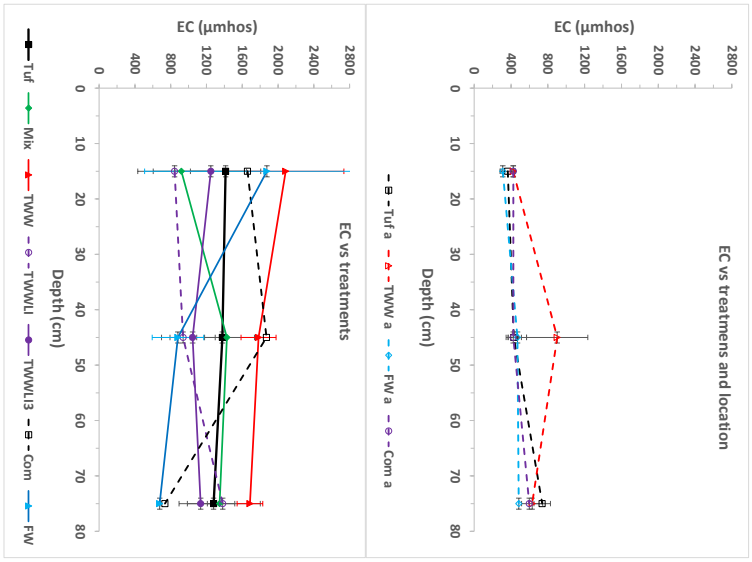
ב. **<u>מעקב אחר הרכב הפאזה המומסת</u>**

תוצאות בדיקות הרכב הפאזה המומסת באביב וסתיו 2017 הוצגו בדו״ח של השנה הראשונה. לגבי 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 , התנהגו בהתאמה לערכי המוליכות החשמלית. ריכוז הנתרן בעומק 15 ס״מ 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 המגמות דומות, אם כי עם הבדלים קטנים מאוד בין הטיפולים.

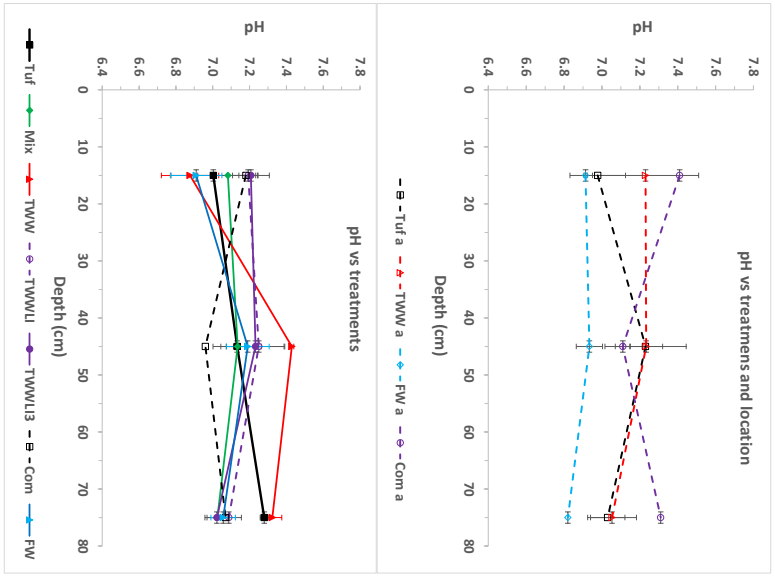
לגבי ריכוזי החנקן האמוניאקלי, חנקן חנקתי ואשלגן במיצוי סידן כלורי בסתיו 2017, לא נמצאו השפעות ברורות במגמות קבועות לטיפולים.

בדיגום הקרקע שנעשה בסוף עונת ההשקיה השנייה בסתיו 2018 (24 אוקטובר 2018) נעשו אנליזות של הרכב תמיסת הקרקע בחתך מתחת לשלוחות הטפטוף עד עומק 90 ס״מ בכל הטיפולים וגם בשורת העצים בטיפולים שפירים, קולחים, תעלות טוף ותעלות קומפוסט. באופן כללי ריכוזי כל היונים היו נמוכים בשורת העצים מאשר מתחת לשלוחות, ממצא שמצביע על הצטברות של מלחים שמקורם במי ההשקיה ובדשנים הניתנים דרך מי ההשקיה באזור המושקה ומתחתיו (איורים 3-5). ערכי pH של תמיסת הקרקע מתחת לטפטוף לא הושפעו באופן עקבי בכל החתך מאיכות המים ומטיפולי הממשק האחרים, וטווח הערכים בכל הטיפולים היה 6.9-7.5 ואילו בשורת העצים ערכי ה- pH בהשקיה בקולחים היו גבוהים מאשר בשפירים, 7.0-7.2 לעומת 6.8-7.0 בהתאמה (איור 3). בדומה לתוצאות מסתיו 2017 השפעת הטיפולים על המוליכות החשמלית ועל ריכוז הכלוריד הייתה דומה מאוד. בשכבות 30-60 ו- 60-90 ס״מ ערכי המוליכות החשמלית וריכוז הכלוריד בתמיסת הקרקע התנהגו בהתאם לאיכות המים, הערכים הנמוכים ביותר התקבלו בהשקיה בשפירים, הגבוהים ביותר בקולחים וביניהם בטיפול של המיהול (איורים 3 ו-4), בהתאמה למליחות של מי ההשקיה. בשכבת הקרקע העליונה (0-30 ס״מ) התקבלו ערכים גבוהים יותר של מוליכות חשמלית וריכוז כלוריד בשפירים מאשר במיהול מסיבה שאינה ידועה לנו. בשלושת טיפולי הקולחים המתקנים, כלומר שני טיפולי האינטרוול הארוך (2 ו-3 שלוחות) ושני טיפולי התעלות (טוף וקומפוסט), המוליכות החשמלית וריכוז הכלוריד היו נמוכים מאשר בממשק המשקי. ריכוז הנתרן לכל אורך החתך מ- 0-30 עד 60-90 ס״מ היה תלוי באיכות המים, כלומר הערכים הגבוהים ביותר בקולחים והנמוכים ביותר בשפירים (איור 4). ערכי ריכוזי הנתרן בטיפולים המתקנים היו במצב ביניים בין השפירים לקולחים כאשר הריכוזים בטיפולי הקומפוסט והטוף גבוהים מאשר בטיפולי ממשק ההשקיה (אינטרול ארוך בין ההשקיות).

המוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018

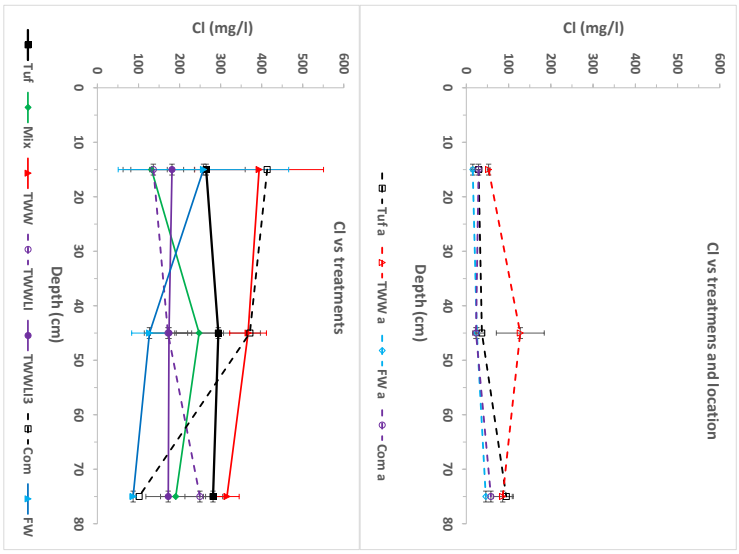


ה - pH של תמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018

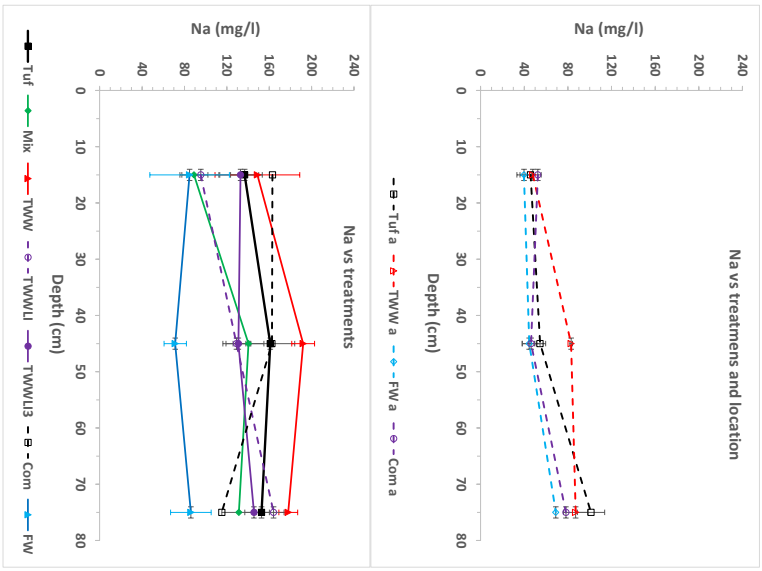


איור 3: השפעת הטיפולים על המוליכות החשמלית (שני איורים עליונים) וה- pH (שני איורים תחתונים) מתחת לשלוחת הטפטוף (איורים משמאל) ובשורת העצים (שני איורים מימין) במיצוי מימי של הקרקע ביחס משקלי 1\2, בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

ריכוז הכלוריד בתמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018

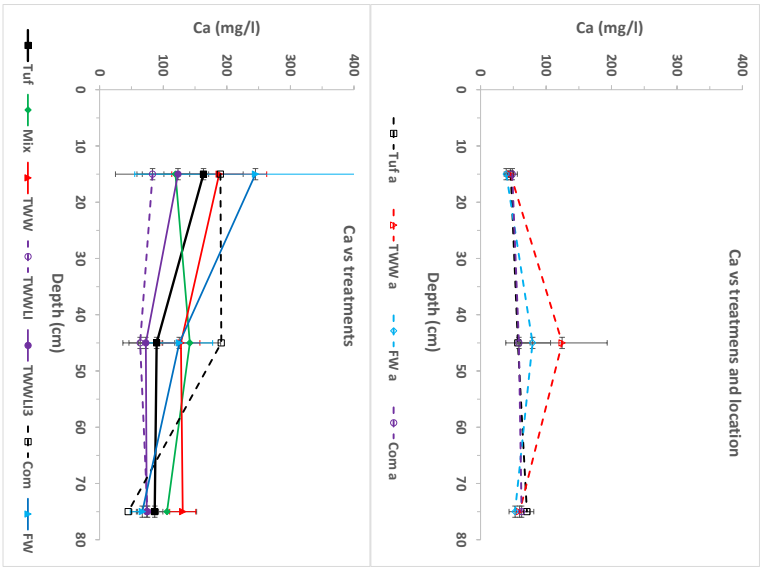


ריכוז הנתרן בתמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018

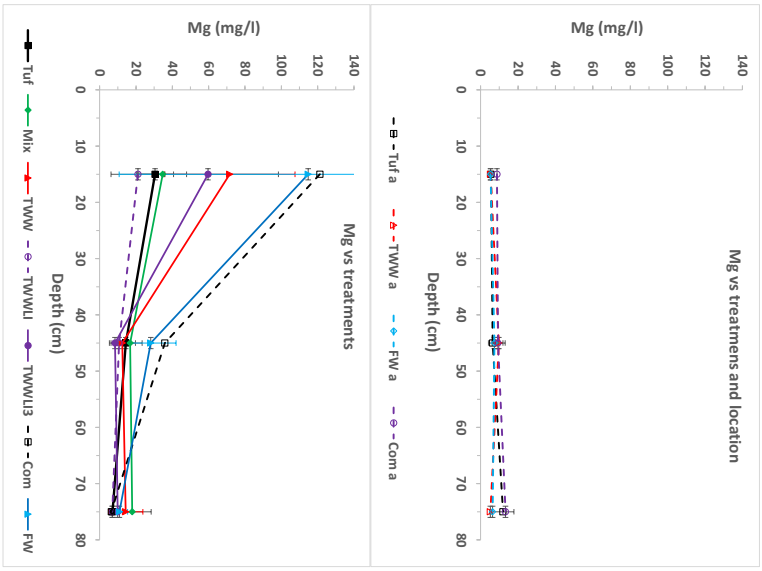


איור 4: השפעת הטיפולים על ריכוז הכלוריד (שני איורים עליונים) והנתרן (שני איורים תחתונים) מתחת לשלוחת הטפטוף (איורים משמאל) ובשורת העצים (שני איורים מימין) במיצוי מימי של הקרקע ביחס משקלי 1\2, בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

ריכוז הסידן בתמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018



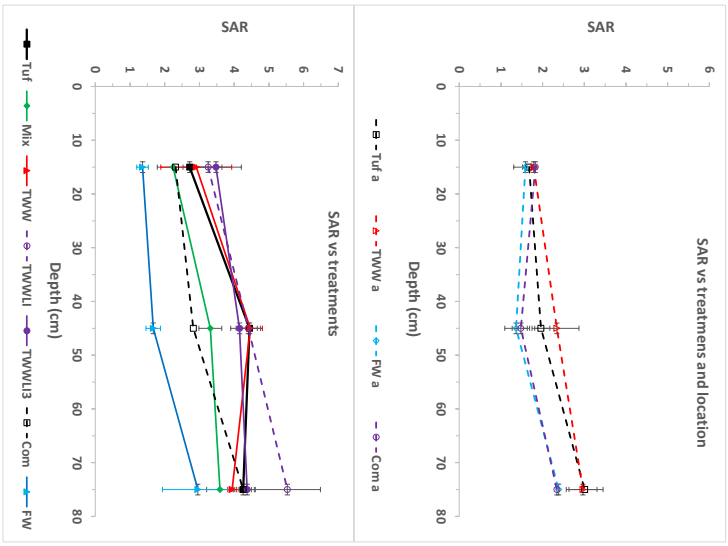
ריכוז המגנזיום בתמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018



איור 5: השפעת הטיפולים על ריכוז הסידן (שני איורים עליונים) והמגנזיום (שני איורים תחתונים) מתחת לשלוחת הטפטוף (איורים משמאל) ובשורת העצים (שני איורים מימין) במיצוי מימי של הקרקע ביחס משקלי 1\2, בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

ריכוז הסידן בחתך הקרקע מתחת לטפטוף לא הושפע באופן עקבי וברור מאיכות המים וגם לטיפולי התעלות טוף וקומפוסט לא השפיעו במגמה קבועה, בעוד שטיפולי ממשק ההשקיה (אינטרוול ארוך) הפחיתו את ריכוז הסידן (איור 17). ריכוז המגנזיום בשכבת הקרקע העליונה היה גבוה יותר בשפירים מאשר בקולחים, הטיפול בתעלות קומפוסט העלה גם כן את ריכוז המגנזיום בשכבה העליונה ואילו לשאר הטיפולים לא הייתה השפעה משמעותית ועקבית (איור 5).

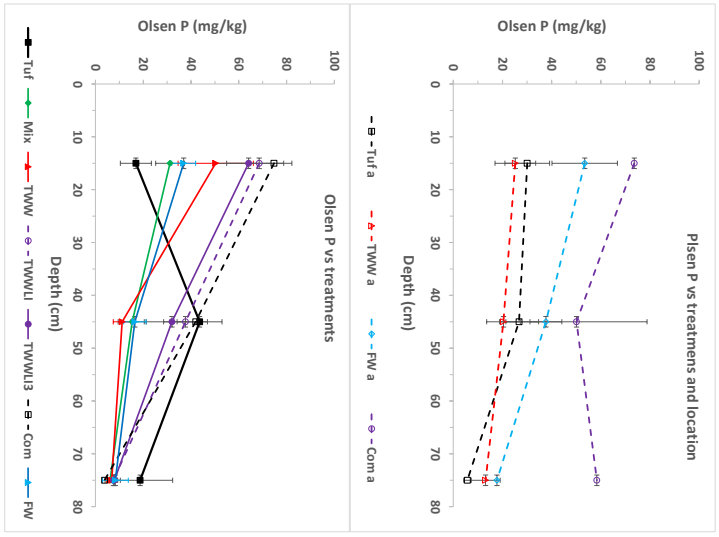
ערך ה- SAR בתמיסת הקרקע, 24 אוקטובר 2018



איור 6: השפעת הטיפולים על ה- SAR מתחת לשלוחת הטפטוף (איור משמאל) ובשורת העצים (איור מימין) במיצוי מימי של הקרקע ביחס משקלי 1\2, בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

ערכי ה- SAR בהתאמה לריכוזי הנתרן הושפעו באופן עקבי בחתך הקרקע ובשני המיקומים (מתחת לשלוחות הטפטוף ובין השורות) מאיכות המים, כאשר הערכים הגבוהים ביותר בטיפול הקולחים והנמוכים ביותר בשפירים והמיהול ביניהם (איור 6). הטיפול המתקן היחידי שהקטין את ערכי ה- SAR בחתך בשני המיקומים היה תעלות הקומפוסט ואילו לשאר הטיפולים לא הייתה השפעה משמעותית או במגמה קבועה. מתחת לשלוחות הטפטוף התקבלה עליה ב- SAR עם העליה בעומק, תופעה אופיינית בקרקע בגלל העדיפות בספיחת סידן על נתרן באופן יחסי יותר נתרן נשטף לעומק מאשר סידן.

ריכוז זרחן זמין במיצוי אולסן בחתך הקרקע, 24 אוקטובר 2018

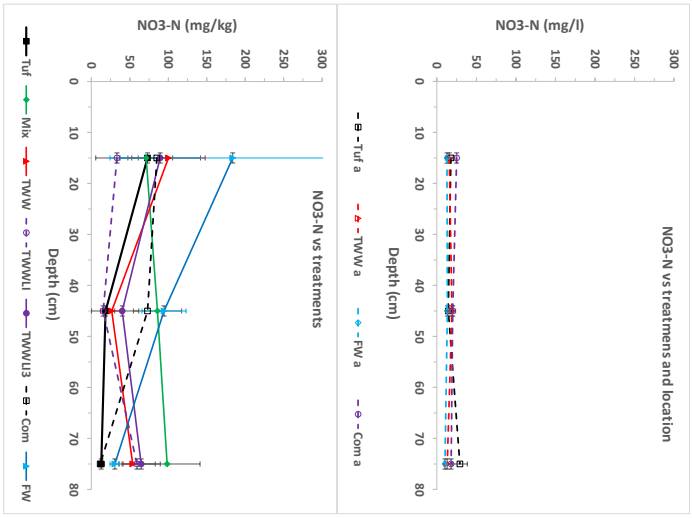


איור 7: השפעת הטיפולים על הזרחן המסיס במיצוי אולסן מתחת לשלוחת הטפטוף (איור משמאל) ובשורת העצים (איור מימין), בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

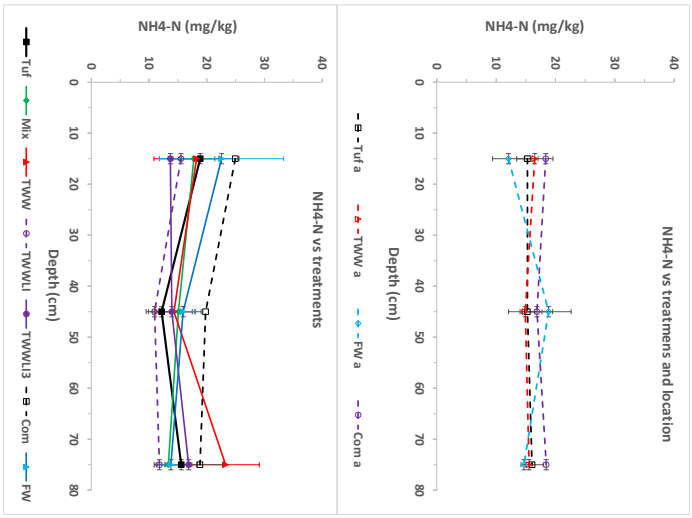
ריכוז הזרחן הזמין (מיצוי אולסן) לא הושפע מאיכות המים, תוצאה המצביעה על דישון גבוה במים השפירים שמסך את השפעת הזרחן שמקורו בקולחים (איור 7). לעומת זאת בטיפולי הממשק (אינטרוול ארוך) ותעלת הקומפוסט ערכי ריכוז הזרחן במיצוי גבוהים מאשר בממשק קולחים משקי. בשורת העצים נמצאו ערכי זרחן גבוהים יותר בשפירים מאשר בקולחים ובתעלת הקומפוסט מאשר בשאר הטיפולים (איור 7).

ריכוזי החנקן החנקתי בתמיסת הקרקע לא הושפעו באופן עקבי ומשמעותי מאיכות המים ומשאר הטיפולים, ובאופן כללי הריכוזים בין שורות העצים היו נמוכים בסדר גודל מאשר מתחת לשלוחות הטפטפות (איור 8). ריכוזי האמון בתמיסת המיצוי היו נמוכים ביותר מסדר גודל מאשר מתחת לטיפטוף והשפעת הטיפולים הייתה קטנה ולא משמעותית (איור 8).

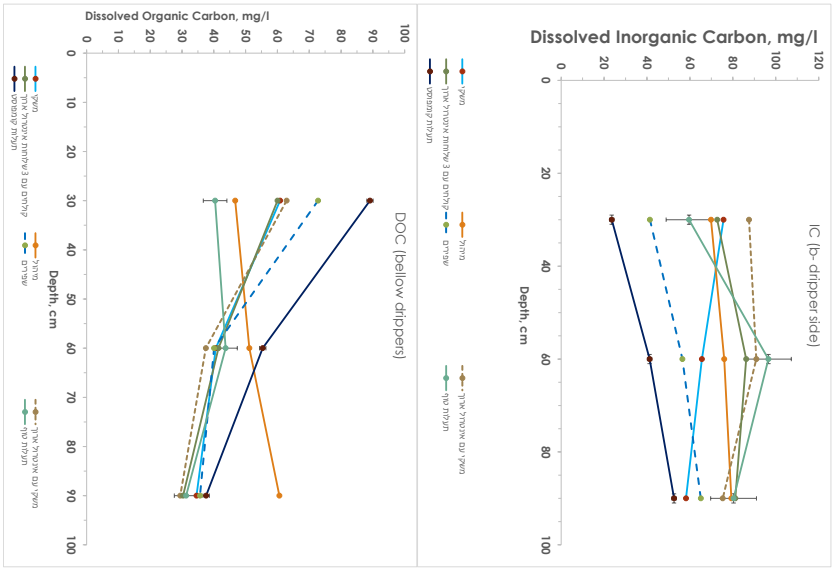
ריכוז חנקן חנקתי זמין במיצוי 1N KCl בחתך הקרקע, 24 אוקטובר 2018



ריכוז חנקן אמוניקלי זמין במיצוי 1N KCl בחתך הקרקע, 24 אוקטובר 2018



איור 8: השפעת הטיפולים על החנקן הזמין, חנקן אמוניאקלי (שני איורים עליונים) וחנקן חנקתי (שני איורים תחתונים) מתחת לשלוחת הטפטוף (איורים משמאל) ובשורת העצים (שני איורים מימין) במיצוי ב-1N KCl, בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

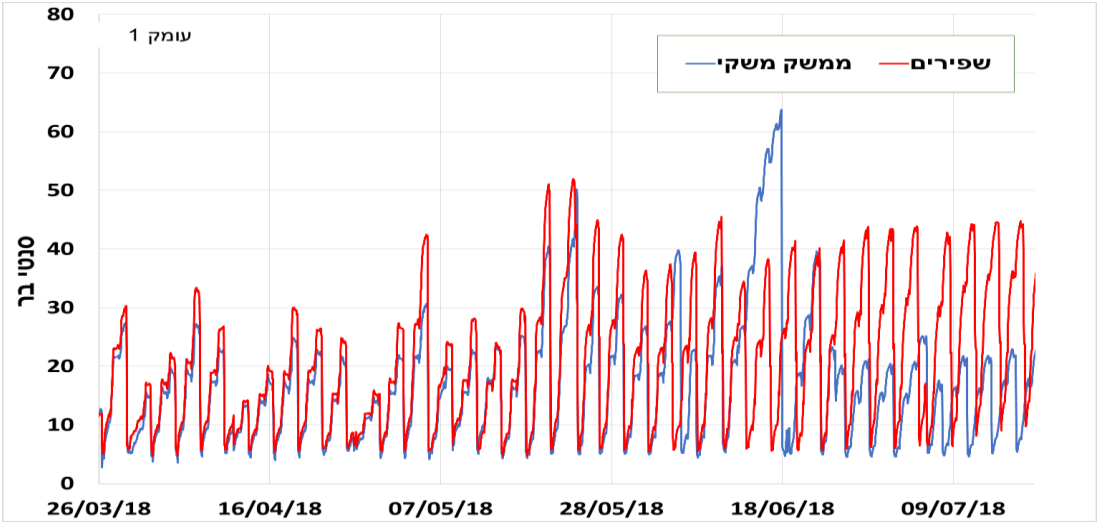


איור 9: השפעת הטיפולים על ריכוזי הפחמן האורגני המסיס (איור משמאל) והפחמן האי-אורגני המסיס (איור מימין), בחתך הקרקע ב-24 אוקטובר 2019, במטע השקד בלביא.

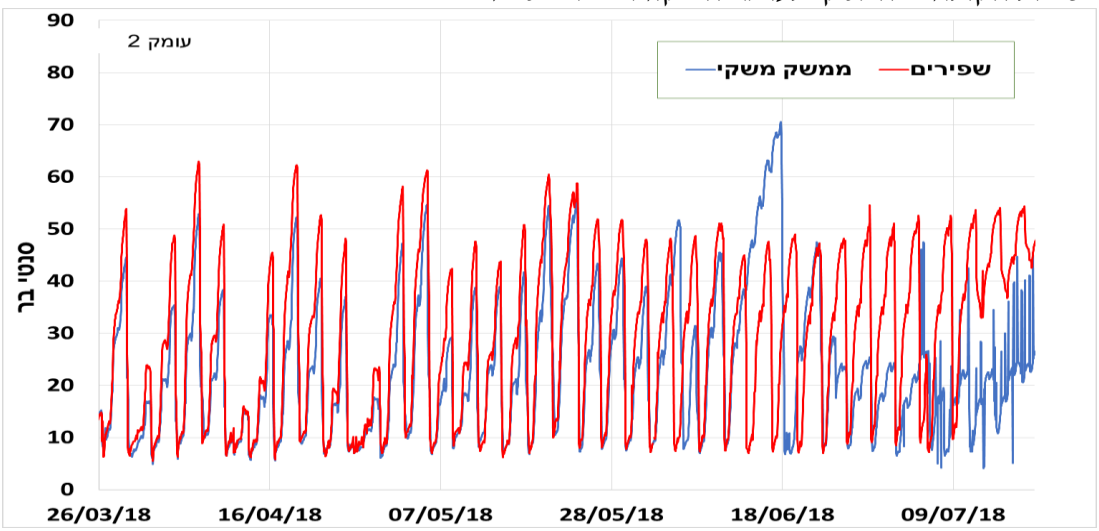
ריכוזי הפחמן האורגני המסיס לא הושפעו באופן עקבי מאיכות המים ומשק ההשקיה, אך התקבלה השפעה ברורה של הטיפולים בתעלות טוף וקומפוסט, כאשר הריכוזים הגבוהים ביותר לכל החתך היו בתעלות קומפוסט והריכוז הנמוך ביותר בשכבה העליונה בחתך הייתה בתעלת הטוף (איור 9). כתמונת ראי לפחמן האורגני המסיס ריכוזי הפחמן האנאורגני הנמוכים ביותר בחתך היו בטיפול תעלת הקומפוסט וגם ההשפעה של איכות המים בהתאמה לצפוי כלומר, ערכים גבוהים יותר בקולחים מאשר בשפירים.

ג. <u>מעקב אחר מתח המים בקרקע</u>

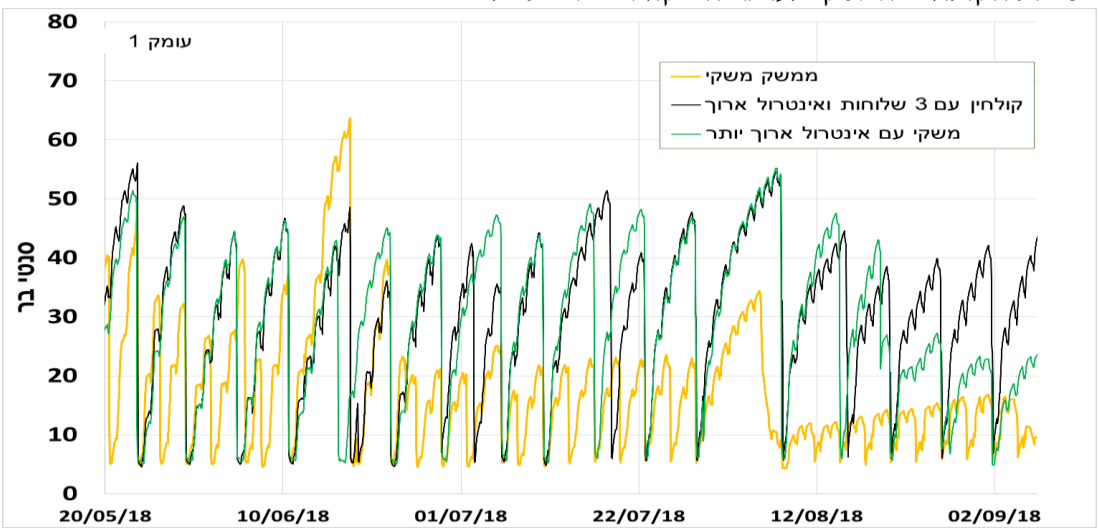
באיור 10 מוצגת השתנות מתח המים בעומק 20 ס״מ בחודשים לפני הניעור עבור הטיפול המשקי בקולחים לעומת הטיפול במים שפירים. ניתן להבחין בירידה במתח המים בקרקע בזמן ההשקיה (3 פעמים בשבוע) ועליית המתח לאחר מכן. כמו כן נראה שהמתחים לפני כל השקיה היו גבוהים יותר בטיפול המושקה במים שפירים. מכיוון שמנות השקיה היו כמעט זהות (טבלה 2) ההבדל עשוי לייצג צריכת מים גבוהה יותר במים השפירים, או חלחול רב יותר אל שכבת קרקע עמוקה יותר או חלוקה לא אחידה של המים בטיפול במים שפירים. ממצאים דומים התקבלו בעומק 40 ס״מ (איור 11). טיפול המיהול (נתונים שלא מוצגים) מתנהג דומה לטיפול הקולחים המשקי. בהשוואה בין שלושת טיפולי הקולחים הנבדלים באינטרוול ומספר שלוחות הטפטוף (איורים 12 ו-13), 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).



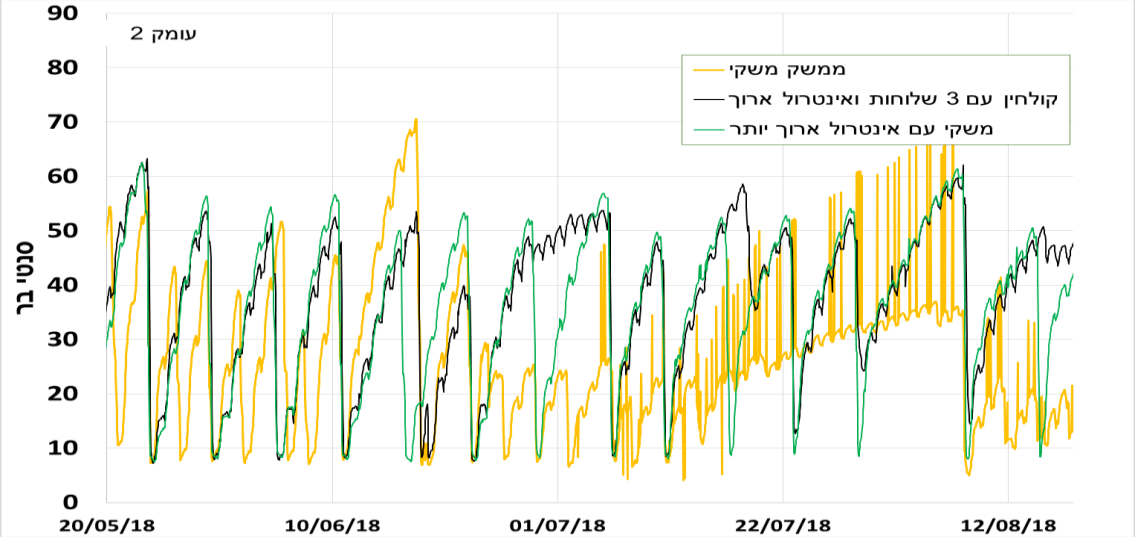
איור 10: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 20 ס״מ מחודש מרץ עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת הביקורת במים שפירים



איור 11: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 40 ס״מ מחודש מרץ עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת הביקורת במים שפירים



איור 12: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 20 ס״מ מחודש מאי עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת שני טיפול הקולחים עם אינטרוול ארוך (2 ו- 3 שלוחות טפטוף)



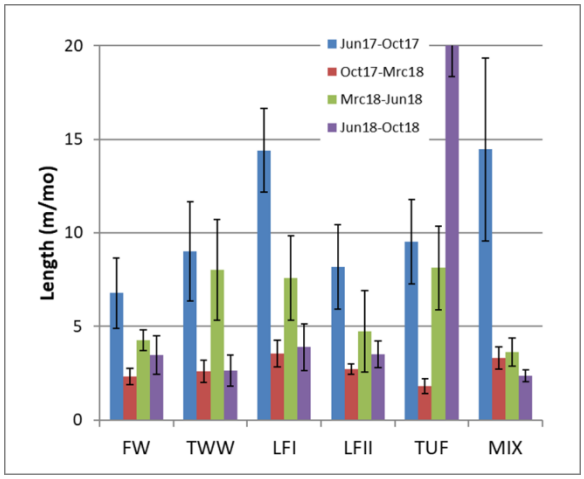
איור 13: השתנות מתח המים בקרקע (טנסיומטרים) בעומק 40 ס״מ מחודש מאי עד אוגוסט (ניעור) בטיפול הקולחים המשקי לעומת שני טיפול הקולחים עם אינטרוול ארוך (2 ו- 3 שלוחות טפטוף)

ii. מעקב צמחי

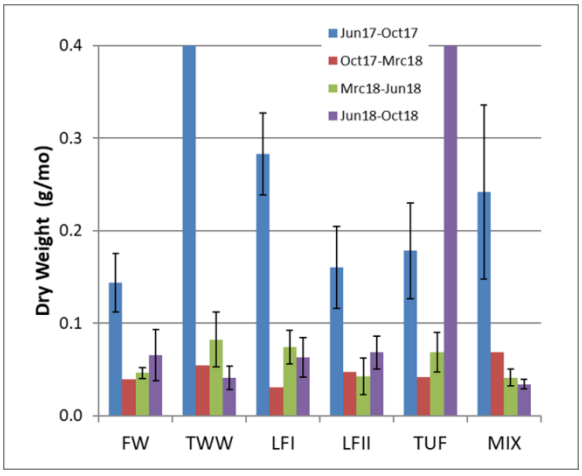
א. <u>מדידת צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores)</u>: תוצאות המדידה של השורשים שצמחו אל תוך גלילי הרשת במהלך הניסוי עד למועד הדיגום האחרון מוצגות באיורים 14 עד 17.

באיורים 14-17 ניתן לראות שבתקופת הדגימה הראשונה נמדדו קצבי צמיחת שורשים גבוהים במיוחד. תוצאה זאת מצביעה על צמיחה בתגובה לחיתוך שורשים עבים בזמן קידוח הבורות. היא אופיינית לשיטת עבודה זאת ואיננה מצביעה על קצב הצמיחה הרגיל לכן נתעלם מתוצאות אלו בהמשך. משאר התוצאות ניתן לראות שבחודשי האביב, מרץ – יוני 2018, במקביל לחנטה וגידול הפירות, קצב צמיחת השורשים היה גבוה יותר מאשר בעונות האחרות, אך גם בחודשי החורף אוקטובר עד מרץ 2018 לא פסקה צמיחת השורשים.

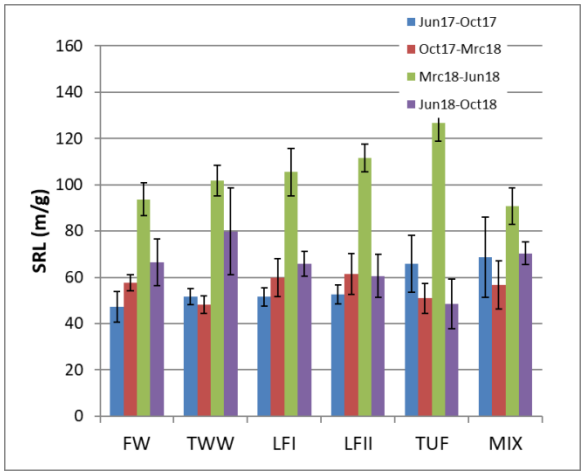
במועד הדגימה באוקטובר 2018 נמצאו בגלילים של טיפולי הטוף בבלוקים A, B כמויות שורשים גדולות בהרבה מאשר בבלוקים האחרים ובטיפולים האחרים.



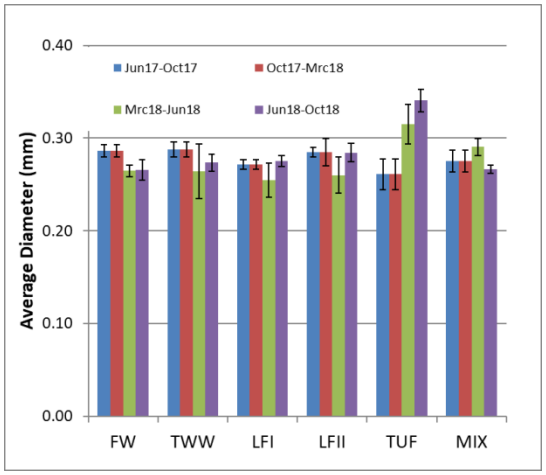
איור 14: קצב התארכות השורשים±SE בטיפולים השונים במהלך הניסוי



איור 15: תוספת משקל שורשים±SE בטיפולים השונים במהלך הניסוי



איור 16: השתנות אורך שורשים±SE בטיפולים השונים במהלך הניסוי



איור 17: קוטר שורשים הממוצע±SE בטיפולים השונים במהלך הניסוי

באיור 17 ניתן לראות שגם נתוני קוטר השורשים היו יוצאי דופן בטיפול הטוף במועד זה.

בתמונה 5 ניתן לראות את הגליל שהוצא מחלקת טיפול תעלות הטוף בבלוק A בתאריך 1/11/18 והוא מלא בשורשים.

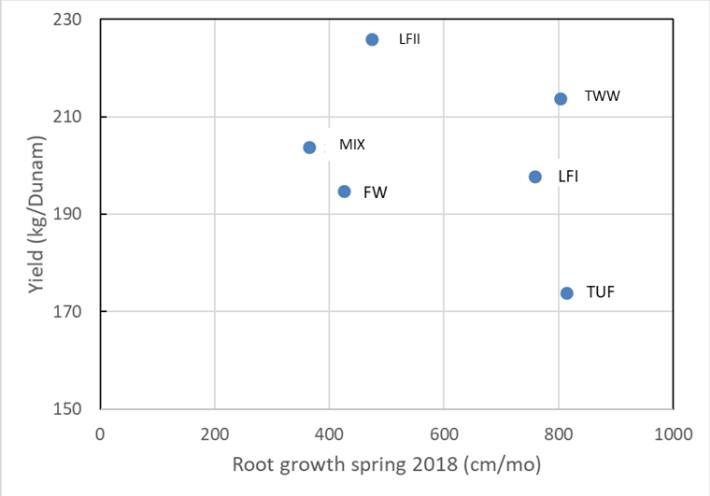
כאמור, בבלוק וזה ובסמוך לו היו כמויות שורשים יוצאות דופן גדולות בהרבה מכל הדגימות האחרות באותו מועד. זה גרם לתוצאות חריגות של נתוני טיפול הטוף במועד דגימה זה.

תמונה 5: גליל מלא בשורשים מטיפול הטוף בבלוק A מדגימת 1/11/18

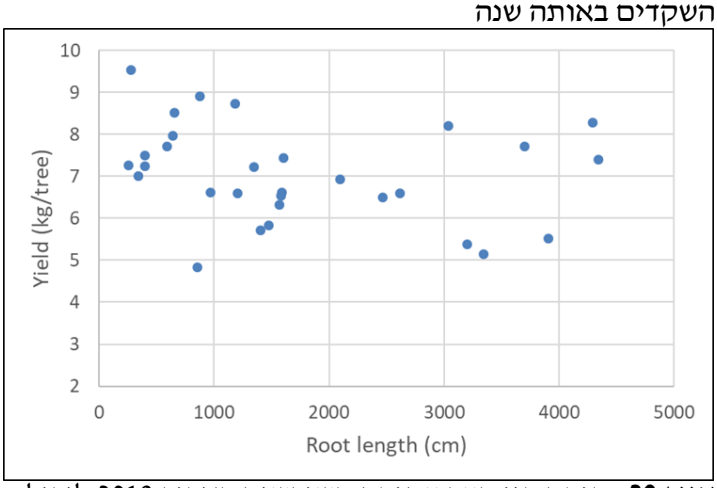
מוקדם עדיין לקבוע אם דגם השינויים בקצב צמיחת השורשים במשך השנה הוא דגם קבוע שחוזר על עצמו. לשם כך נצטרך לחכות להשלמה לפחות של שנה נוספת.

בניסיון להשיב על השאלה אם קצב צמיחת השורשים יכול לנבא את השפעת הטיפול על כמות היבול במטע מוצג באיור 19 היחס בין קצב צמיחת השורשים הממוצע בטיפולים השונים באביב 2018 לבין היבול הממוצע לטיפול בקיץ 2018 שנקטף סמוך למועד דגימת השורשים ביוני 2018.

מאיור 19 לא נראה שיש קשר כלשהו בין שני המדדים שנבדקו וניתן לומר שקצב צמיחת השורשים במטע השקדים בלביא לא יכול לשמש כמנבא להשפעת הטיפולים על יבול השקדים במטע זה. באיור 20 מוצג ניתוח מפורט יותר של כל חלקה בפני עצמה המראה גם הוא תוצאה דומה, של חוסר קשר בין צמיחת השורשים בתקופה שלפני הקטיף לבין היבול לעץ.

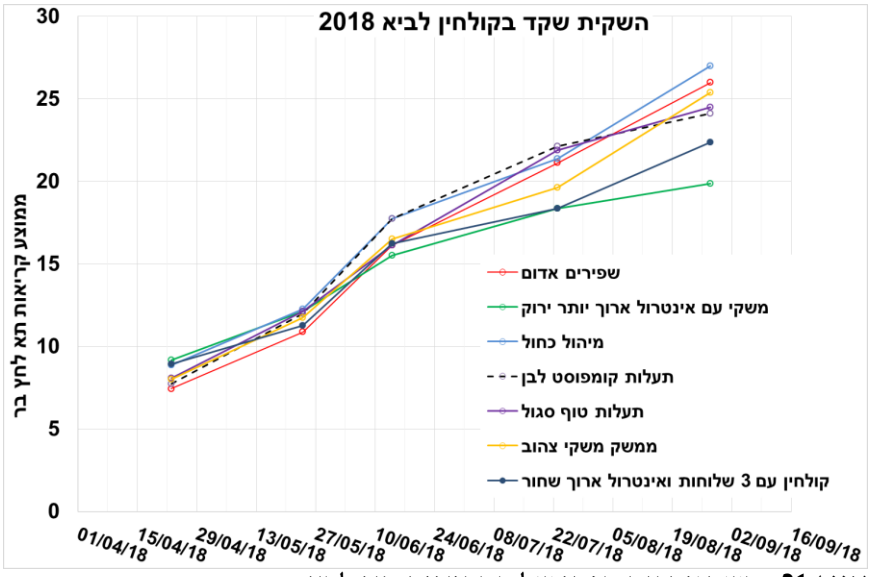


איור 19: היחס בין קצב צמיחת השורשים באביב 2018 ליבול השקדים באותה שנה

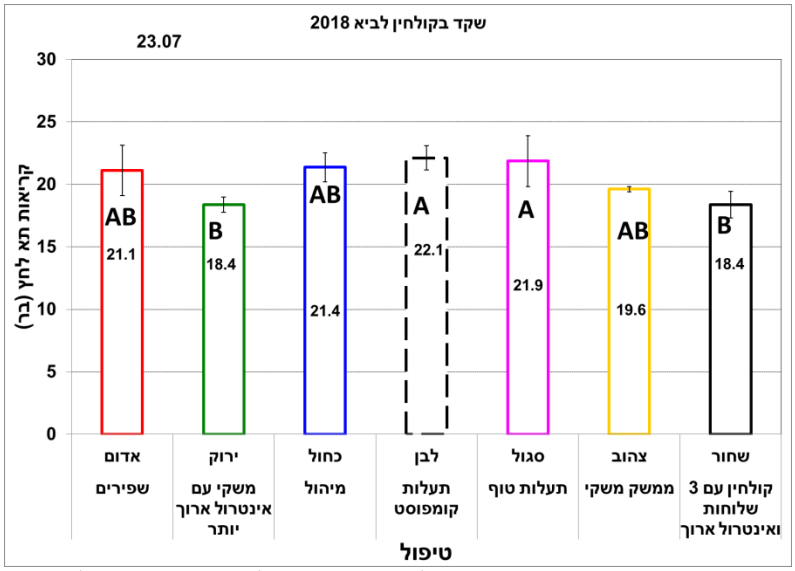


איור 20: היחס בין קצב צמיחת השורשים באביב 2018 ליבול השקדים באותה שנה (ניתוח מפורט יותר של כל חלקה בפני עצמה)

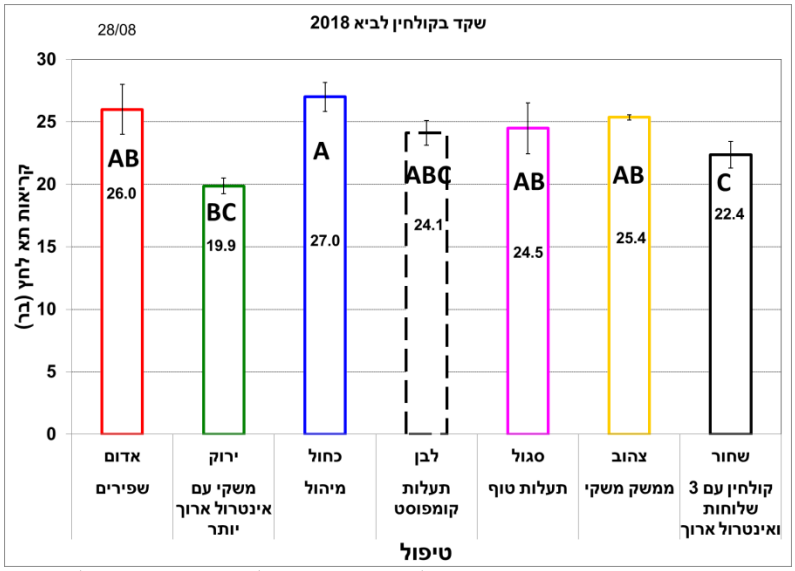
ב. **<u>תא לחץ</u>:** במהלך מרבית עונת ההשקיה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקריאות תא הלחץ בעצים של הטיפולים השונים (איור 21). אולם לקראת הניעור נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בשני מועדים המוצגים באיורים 22 ו- 23. על אף ההבדלים המובהקים לא ניתן להגדיר איזה כיוון קבוע. במועד הראשון (איור 26) הערכים הגבוהים ביותר התקבלו בתעלות הטוף והקומפוסט והערכים הנמוכים בשני הטיפולים עם אינטרוול ארוך יותר. במועד השני (איור 23) הערכים הגבוהים התקבלו בטיפול עם מים שפירים והמיהול.



איור 21: השתנות עם הזמן של הקריאות תא לחץ



איור 22: ממוצע ושגיאת תקן של קריאות תא לחץ – מדידה של ה-23/7/2008



איור 23: ממוצע ושגיאת תקן של קריאות תא לחץ – מדידה של ה-28/8/2008

ג. <u>דנדרומטרים</u>: 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.

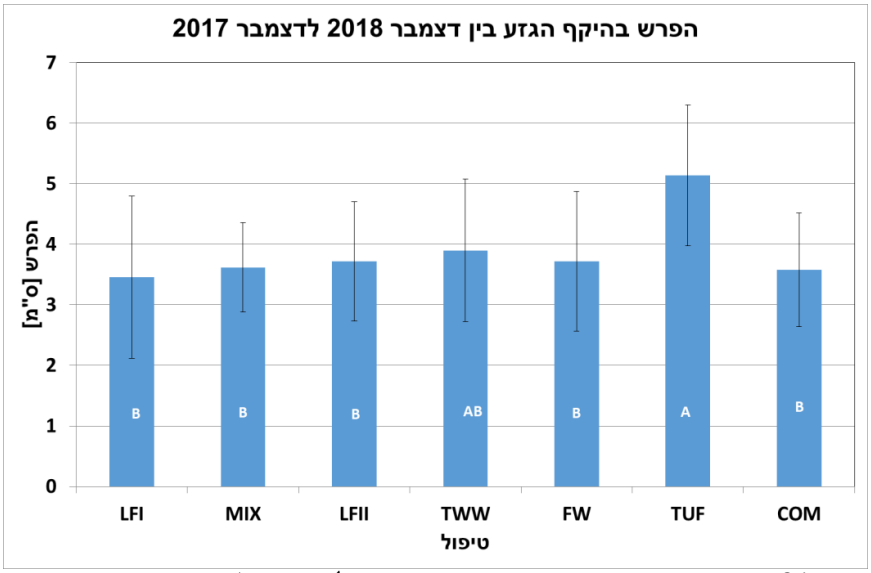
טבלה 6: התכווצות הגזע הממוצעת היומית בטיפולים השונים

Treatment	Mean daily shrinkage [MDS; micron]
משקי אינטרוול ארוך	132
מהול	87
תעלות קומפוסט	111
משקי אנטרוול ארוך*3	110
תעלות טוף	116
שפירים	87
משקי	101

טבלה 7: קצב יומי של גידול הגזע

Treatment	Trunk daily growth [TDG; micron]
משקי אינטרוול ארוך	131
מהול	38
תעלות קומפוסט	34
משקי אנטרוול ארוך*3	35
תעלות טוף	47
שפירים	34
משקי	36

ד. <u>היקף גזע</u>: תוצאות של ניתוח המדידות של היקף הגזע בין דצמבר 2017 לדצמבר 2018 מוצגות באיור 24. ניתן להבחין שבטיפול הטוף ההפרש היה שונה באופן מובהק מיתר הטיפולים, פרט לטיפול המשקי המושקה בקולחים. ההפרש הגדול יותר בטיפול הטוף, ייתכן ונגרם מהתאוששות טיפול מקריאת השורשים בשנה הראשונה במהלך הכנת התעלות. אין הבדלים מובהקים בין יתר הטיפולים.



איור 24: הפרש בהיקף הגזע בין דצמבר 2018 לדצמבר 2017

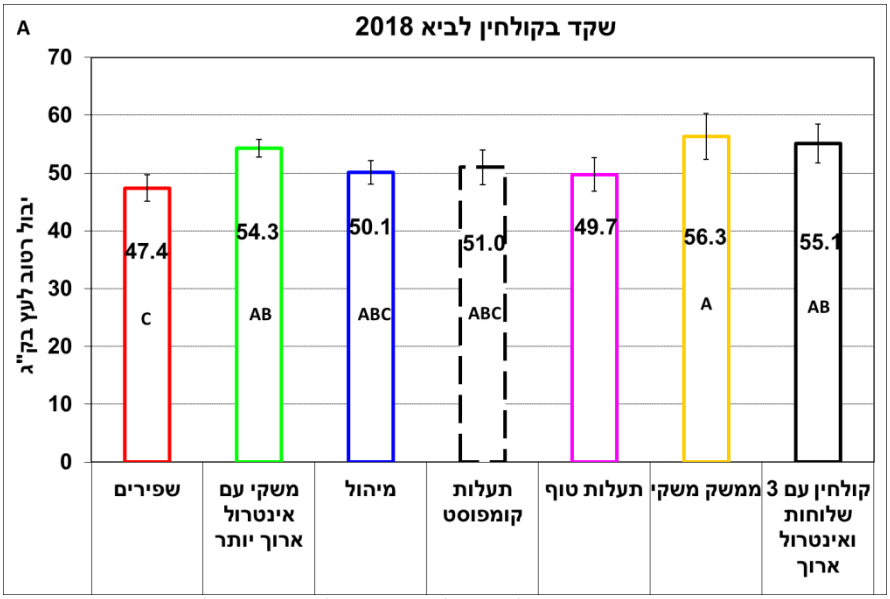
ה. <u>תכולת יסודות בעלים</u>:

ריכוזי יסודות ההזנה חנקן, זרחן ואשלגן בעלים בקיץ 2017 ו-2018 לא הושפעו מהטיפולים (טבלה 8). ב-2017 ריכוזי החנקן והאשלגן בכל הטיפולים היו גבוהים אף מעל התחום הנחשב רצוי בשקד 1.9-2.5% ו- 1.0-1.3%, בהתאמה, ואילו ריכוז הזרחן בכל הטיפולים היה מתחת לריכוז הרצוי בשקד, 0.12-0.14%. ב-2018 ריכוזי החנקן היו נמוכים יותר בתחום 1.95-2.38% שהוא התחום הנחשב רצוי בשקד, וכמו בשנה הקודמת ריכוזי האשלגן היו גבוהים מהרצוי ואילו ריכוזי הזרחן היו נמוכים מהרצוי.

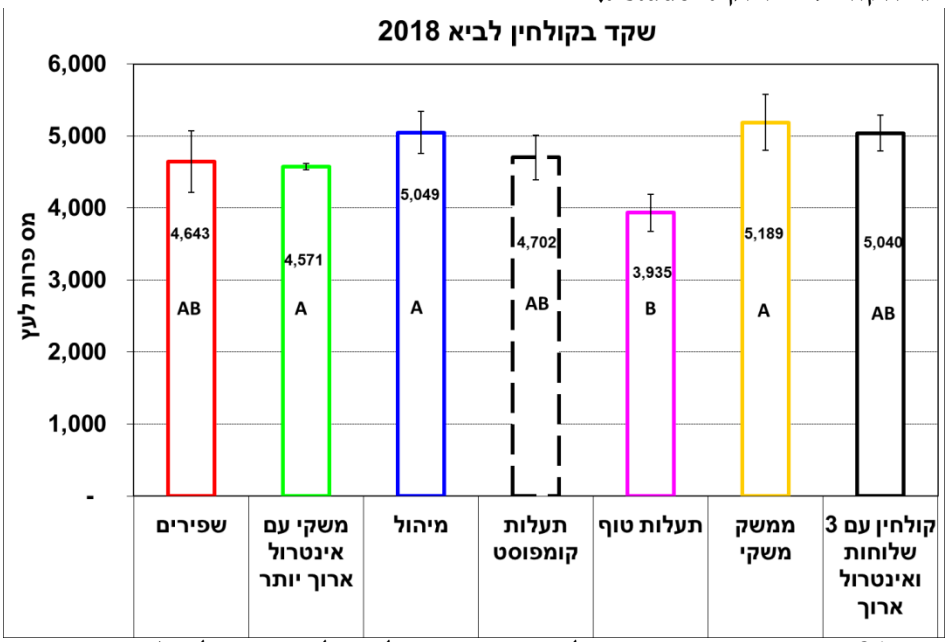
טבלה 8: ריכוזי יסודות ההזנה בעלי השקד, ביולי 2017 ובאוגוסט 2018.

		יולי 2017			אוגוסט 2018		
טיפול		N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
קולחים ממשק משקי		3.36	0.055	2.62	2.25	0.044	2.12
מיהול ממשק משקי		3.33	0.052	2.70	1.95	0.067	1.91
שפירים ממשק משקי		3.25	0.062	2.53	2.38	0.052	2.19
קולחים עם אינטרוול ארוך יותר		3.21	0.067	2.45	2.30	0.073	2.07
קולחים עם 3 שלוחות ואינטרוול ארוך		3.40	0.070	2.71	2.23	0.067	2.13
תעלות טוף		3.39	0.072	2.78	2.36	0.050	2.34
תעלות קומפוסט		3.46	0.061	2.88	2.07	0.066	2.14
ניתוח ANOVA		הסתברות לפי מבחן F					
הגורם	ד"ח						
טיפול	6	0.817	0.809	0.177	0.072	0.098	0.279
בלוק	4	0.032	0.699	0.0027	0.873	0.110	0.386

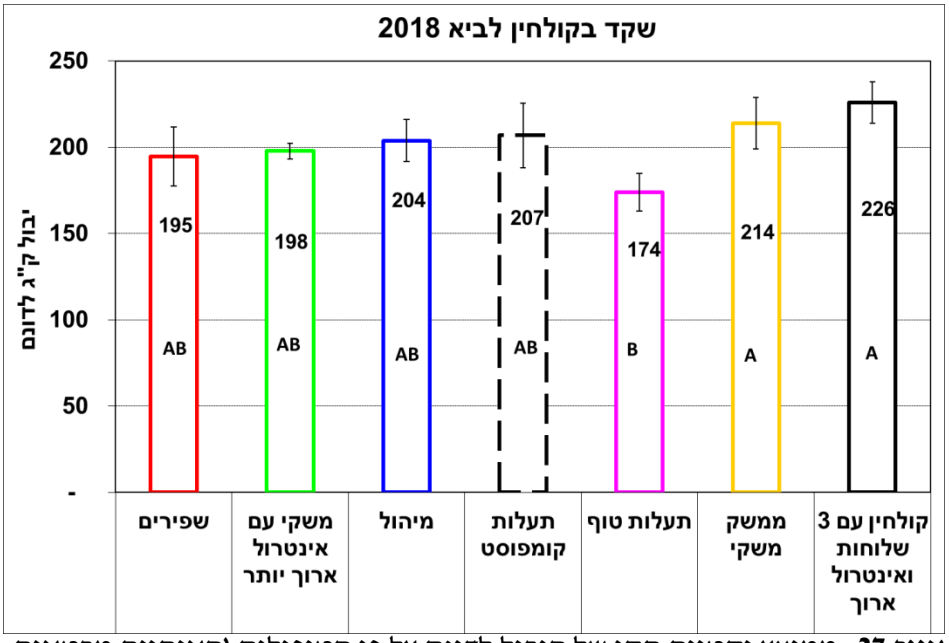
1. <u>יבול</u>: מאפייני היבול בעונת 2018 מוצגים באיורים 25 עד 29. נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לגבי היבול הרטוב (איור 25) כאשר הטיפול המשקי המושקה בקולחים היבול הגבוה והמושקה במים שפירים הנחות. במספר הפירות לעץ (איור 26) גם היו הבדלים מובהקים, גם במדד הזה מספר הפירות הגבוה ביותר התקבל בטיפול המשקי המושקה בקולחים אם כי ההבדלים עם טיפולים אחרים אינו מובהק, אך הטיפול של תעלות הטוף המושקה בקולחים הינו הנחות ביותר. היבול לדונם (איור 27) הגבוה ביותר התקבל בטיפול הקולחים המשקי ובטיפול עם אינטרוול ארוך ו-3 שלוחות. בטיפול עם תעלות טוף התקבל היבול הנמוך ביותר. מגמות דומות התקבלו לגבי משקל הגלעינים היבש לעץ (איור 28). משקל הזרע (הגלעין) הממוצע (איור 29) הגבוה ביותר התקבל בטיפול עם אינטרוול ארוך ושלשוש שלוחות טפטוף.



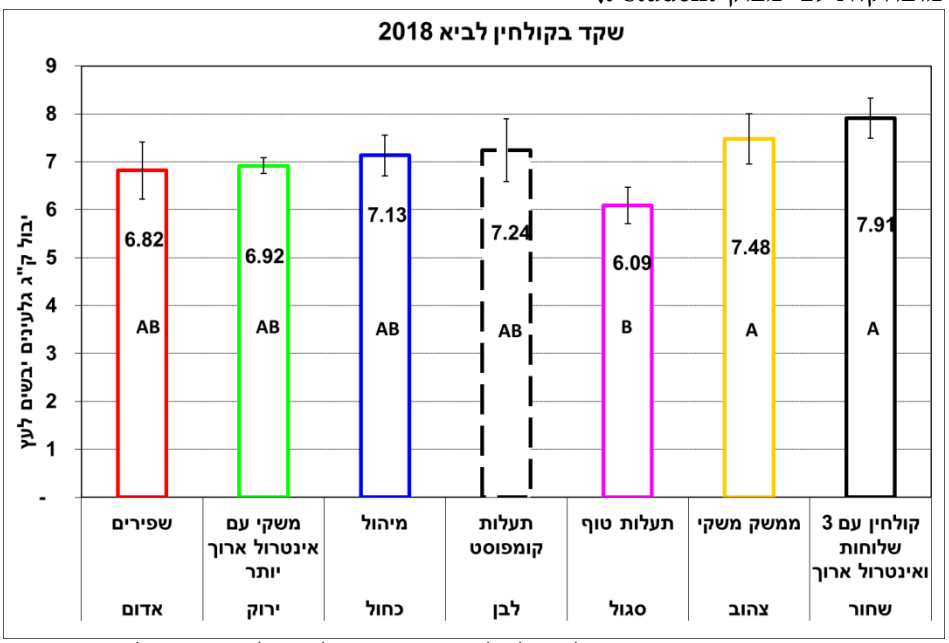
איור 25: ממוצע וסטיית תקן של היבול הרטוב על פי הטיפולים (האותיות מבטאות מובהקות לפי מבחן t-student)



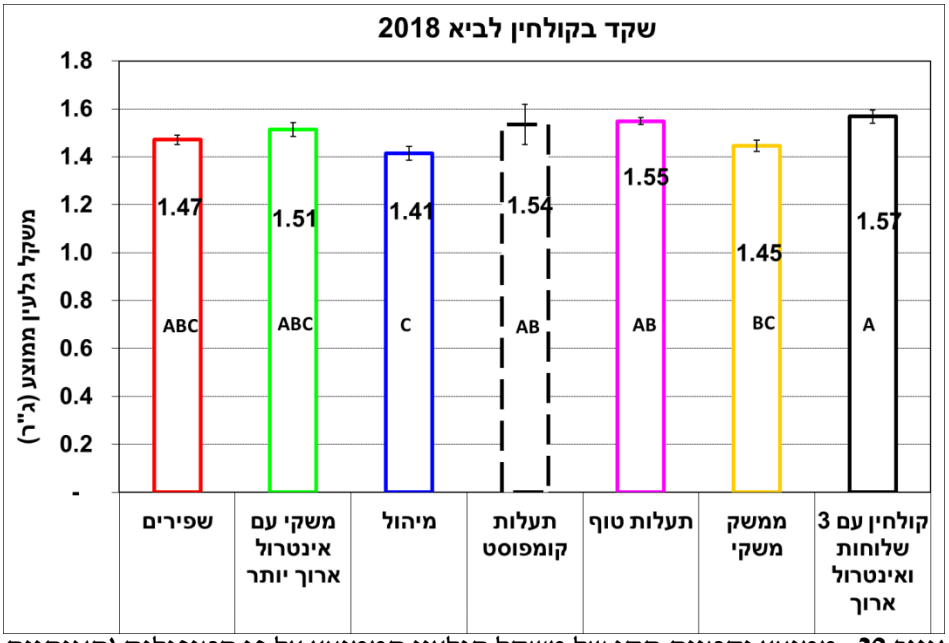
איור 26: ממוצע וסטיית תקן של מספר הפירות לעץ על פי הטיפולים (האותיות מבטאות מובהקות לפי מבחן t-student)



איור 27: ממוצע וסטיית תקן של היבול לדונם על פי הטיפולים (האותיות מבטאות מובהקות לפי מבחן t-student)



איור 28: ממוצע וסטיית תקן של יבול גלעינים יבשים לעץ על פי הטיפולים (האותיות מבטאות מובהקות לפי מבחן t-student)



איור 29: ממוצע וסטיית תקן של משקל הגלעין הממוצע על פי הטיפולים (האותיות מבטאות מובהקות לפי מבחן t-student)

<u>תכולת יסודות בפרי (גלעינים עם הקליפה החיצונית)</u>: בשתי שנות הניסוי 2017 ו-2018 בוצעה בדיקה של הרכב יסודות הזנה בשקדים שנדגמו מכל חזרה בכל הטיפולים. התוצאות מוצגות בטבלה 9. לפי אנליזה סטטיסטית ANOVA, בכל אחת משנות הניסוי שלושת היסודות חנקן זרחן והאשלגן לא הושפעו באופן מובהק מהטיפולים. ב-2018 היו הבדלים גדולים למדי בשלושת היסודות בין ממוצעי הטיפולים אך בגלל סטיות גדולות בחזרות ההבדלים לא היו מובהקים. בכל שלושת היסודות הערכים הנמוכים ביותר היו בקולחים בממשק המשקי ובתעלות קומפוסט והערכים הגבוהים ביותר בתעלות הטוף.

טבלה 9: ריכוזי יסודות ההזנה העיקריים (חנקן, זרחן ואשלגן) בפרי השקד (זרעים עם הקליפה הירוקה) בעונות 2017 ו-2018.

		2017			2018		
טיפול		N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
מיהול		1.83	0.24	2.24	1.50	0.202	1.37
ממשק משקי		1.72	0.23	2.00	1.16	0.147	1.11
משקי עם אינטרוול ארוך יותר		1.80	0.25	2.28	1.61	0.215	1.58
קולחים עם 3 שלוחות ואינטרוול ארוך		1.80	0.25	2.05	1.67	0.243	1.61
שפירים		1.90	0.26	2.06	1.51	0.199	1.60
תעלות טוף		1.85	0.23	2.12	2.02	0.276	1.88
תעלות קומפוסט		1.73	0.22	2.09	1.14	0.145	1.02
ניתוח ANOVA	ד"ח	הסתברות לפי מבחן F					
הגורם							
טיפול	6	0.819	0.201	0.171	0.237	0.235	0.081
בלוק	4	0.810	0.969	0.360	0.900	0.948	0.974

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 מא"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 בסתיו 2018 נמצא שריכוזי היסודות נמוכים בשורת העצים מאדר מתחת לטפטפת בגלל הצטברות מלחים מהמים ודשנים. ערכים היו גבוהים יותר בטיפולים המושקים בקולחים בעומק 30 עד 90 ס"מ. בשכבה 0-30 ס"מ התמונה היתה הפוכה ובמים שפירים ובמיהול היו ריכוזים גבוהים יותר. ביתר טיפולי הקולחים הריכוזים היו נמוכים מאשר בטיפול הקולחים המשקי.

לגבי הנתרן וה- SAR הערכים הגבוהים ביותר התקבלו עבור הטיפול המשקי בקולחים והנמוך ביותר עבור הטיפול עם המים השפירים, כאשר המיהול נמצא ביניהם. הטיפולים המתקנים בקולחים לא היו שונים מטיפול ה- TWW, פרט לתעלות הקומפוסט שהקטינו את ערך ה- SAR.

לא נמצאו הבדלים בריכוז הזרחן בקרקע בין הטיפולים, אולם הריכוזים הגבוהים ביותר היו באינטרוול ארוך ובתעלות הקומפוסט.

מתח המים בעומק 20 ס"מ, בחודשים לפני הניעור, ירד בזמן ההשקיה ועלה אחריה, אולם המתחים לפני כל השקיה היו גבוהים יותר בטיפול המושקה במים שפירים לעומת טיפול הקולחים. מכיוון שמנות השקיה היו כמעט זהות ההבדל עשוי לייצג צריכת מים גבוהה יותר במים השפירים. רמז לכך נמצא אולי במתחים בעומק 40 ס"מ, אולם ההבדלים קטנים מאד בעומק זה. גם לצריכת מים הגדולה 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.

מדידת צמיחת שורשים בשיטת גלילי רשת (Ingrowth Cores) מראה הבדל בין קצב צמיחת שורשים בין תקופות שונות של השנה. אין עדיין דגם שינויים בקצב צמיחת השורשים והבדלים בצמיחת השורשים. כמו כן, לא נמצא קשר בין צמיחת השורשים והיבול.

במהלך מרבית עונת ההשקיה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקריאות תא הלחץ בעצים של הטיפולים השונים. בשני המועדים האחרונים לקראת הניעור ניתן להבחין באופן כללי שיש מתחים גבוהים יותר בטיפול המושקה במים שפירים ובטיפול המיהול.

ניתוח קריאות הדנדרומטרים מראה שיש הבדלים בין הטיפולים אבל אין בשלב זה אפשרות להסביר הבדלים אלה ואין מגמות ברורות. אולם, הטיפול במים שפירים מראה נתונים נמוכים יותר.

במאפייני היבול בעונת 2018 נמצא שהיו הבדלים מובהקים בין הטיפולים לגבי היבול הרטוב כאשר טיפול ה- TWW היה הגבוה ביותר וטיפול ה- FW היה הנמוך ביותר. לגבי מספר הפירות לעץ, נמצא שהטיפול ה-

TWW היה הגבוה ביותר אבל ללא הבדל מובהק עם הטיפול ה- MIX. בטיפול הטוף היה מספר הפירות הנמוך ביותר. מגמות דומות התקבלו לגבי משקל הגלעינים היבש.

בבדיקה של הרכב יסודות הזנה בשקדים שנדגמו מכל חזרה בכל הטיפולים בשתי השנים 2017 ו-2018, ריכוזי היסודות חנקן, זרחן ואשלגן לא הושפעו באופן מובהק מהטיפולים. ב-2018 הייתה מגמה של ריכוזים נמוכים של שלושת היסודות בקולחים בממשק המשקי ובתעלות הקומפוסט וערכים גבוהים בתעלות הטוף.

בשתי השנים לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת היסודות בעלים.

6. רשימת ספרות:

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. 4l, 706-7l0.

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**.**

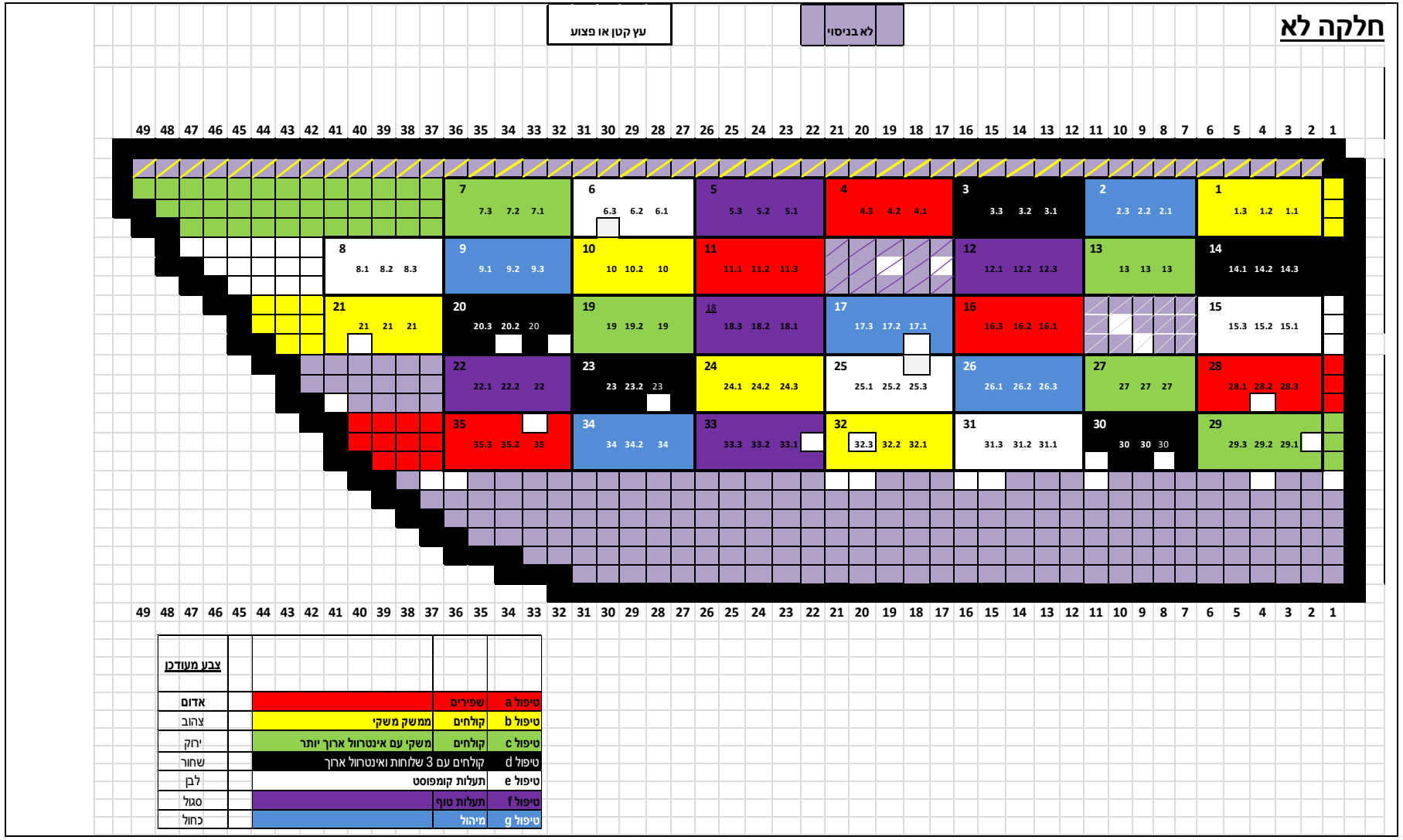
Russo, D., J. Zaidel and A. Laufer. 2008. Numerical analysis of solute transport from trickle sources in a combined desert soil-imported soil flow system. Vadose Zone J. 7, 53-66.

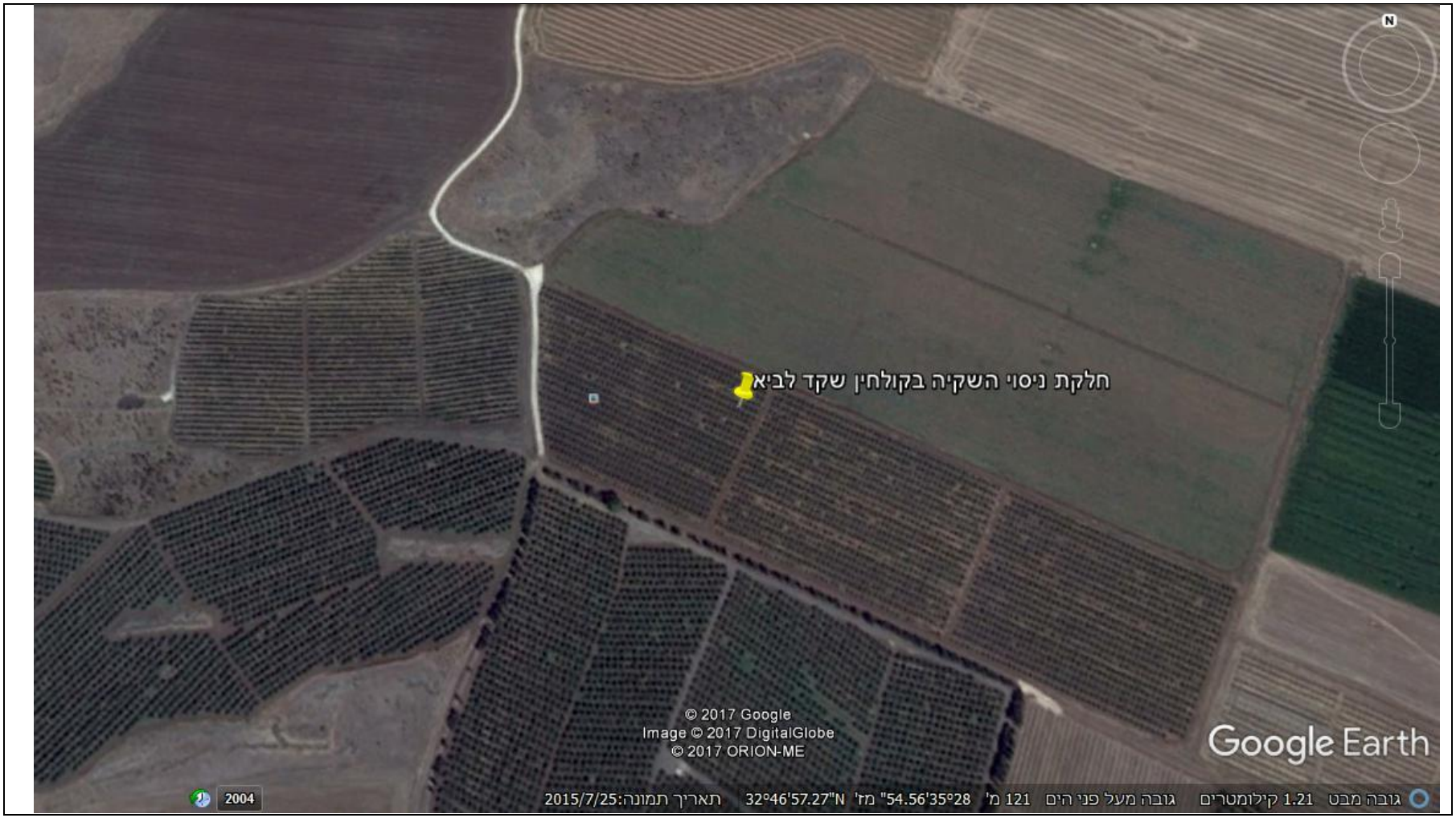
Russo, D., A. Laufer, G. Bardhan, and G. J. Levy. 2015. Salinity control in a clay soil beneath an orchard irrigated with treated waste water in the presence of a high water table: a numerical study. J. Hydrol. 512, 605-618.

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




חלקת ניסוי השקיה בקולחין שקד לביא
© 2017 Google
Image © 2017 DigitalGlobe
© 2017 ORION-ME
Google Earth
2004
תאריך תמונה:2015/7/25
32°46'57.27" N 35°28'54.56" מז'
גובה מעל פני הים 121 מ'
גובה מבט 1.21 קילומטרים