

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
21-11-0003	איתור כנות תפוח עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, זיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה

ג. כללי		
מוסד מחקר של החוקר הראשי		
מיגל-מו"פ צפון		
תאריכים		סוג הדו"ח
תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	תקופת המחקר עבודה מוגש הדו"ח	
	התחלה	סיום
שנה חודש	שנה חודש	שנה חודש
10/2017	08.2018	07.2017
		שנתי
		שנת המחקר: 2/3 סה"כ שנים

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	
חוקר ראשי	גלפז	נבות
חוקרים משניים		
1	עומר	פרנקל
2	מרי	ילין דפני
3	דורון	הולנד
4	אורן	רייכמן

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תקצוב הדו"ח
		בשקלים
קרן המדען הראשי		100,000
ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים		
<u>הצגת הבעיה:</u> אחת הבעיות המרכזיות בענף התפוחים בארץ היא הפחיתה ביבול בחלקות שנטוע, המוערכת בלפחות 8 טון לדונם ב-10 השנים הראשונות, ובכ-12 טון לדונם במהלך כל שנות המטע. למרות חומרת הבעיה, טרם זוהו הגורמים למחלת השנטוע בתפוח בארץ, ולא קיים פתרון לתופעה. <u>מטרות המחקר:</u> 1. בחינה של כנות תפוח חדשות לעמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, 2. זיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה.		

שיטות עבודה: מבחן השוואתי (צימוח ויבול) בתנאי מטע וקרקע מנותקת, של מגוון כנות תפוח בעלות פוטנציאל לעמידות לתופעת השנטוע, שימוש בקרקע מצמדי חלקות (שנטוע וביקורת) לצורך איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה, ומבחני אילוח שורשים, לצורך הוכחת תפקידם של פתוגנים ספציפיים בתופעת השנטוע בתפוח.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: בחלקת המבחן בתנאי מטע, אבל לא בקרקע מנותקת, נמצאה פגיעה משמעותית במדדי צימוח שונים בקרקע שנטוע, בהשוואה לקרקע ביקורת. 4 מתוך 15 הכנות הנבחרות הראו פוטנציאל לעמידות יחסית לתופעת השנטוע. מלבד ערך ההגבה, לא נמצאו עד כה גורמים אביוטים שניתן לקשור לתופעת השנטוע. התוצאות מרמזות למעורבות של מיני פוזריום שונים, ובפרט *Fusarium Solani*, בתופעת השנטוע בתפוח.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: עדיין אין.

ו. אישורים

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

נבות גלפז					
חוקר ראשי	מנהל המחלקה	מנהל המכון (פקולטה)	אמרכלות (רשות המחקר)	רשות המחקר	תאריך (שנה) (חודש) (יום)

איתור כנות תפוח עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, וזיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה
 Identification of tolerant rootstocks to apple replant disease and identification of biotic and abiotic factors that involved in the phenomena

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י:

נבות גלפז: צמח נסיונות ומו"פ צפון. Email: navot.galpaz@mail.huji.ac.il

דורון הולנד: המחלקה למדעי עצי פרי, מינהל המחקר החקלאי

מרי ילין דפני: מו"פ צפון

אורן רייכמן: מיג"ל

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים. הממצאים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר:

הניסויים השונים ואיסוף הנתונים נעשו בעזרתם של: **יובל עוגני, שרוליק דורון, סולימן פרחאת, ריטה מונטר, שי גולני וצוות מטע התפוח במלכיה, רמי אברהמי, ג'ון ינאי וצוות מטע התפוח בברעם.**

עמוד

תוכן העניינים

2	תקציר
3	מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח
4	פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח
12	דיון
13	ביבליוגרפיה
15	נספח

תקציר

הצגת הבעיה: אחת הבעיות המרכזיות בענף התפוחים בארץ היא הפחיתה ביבול בחלקות שנטוע, המוערכת בלפחות 8 טון לדונם ב-10 השנים הראשונות, ובכ-12 טון לדונם במהלך כל שנות המטע. למרות חומרת הבעיה, טרם זוהו הגורמים למחלת השנטוע בתפוח בארץ, ולא קיים פתרון לתופעה.

מטרות המחקר: 1. בחינה של כנות תפוח לעמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, 2. זיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה.

שיטות עבודה: מבחן השוואתי (צימוח ויבול) בתנאי מטע וקרקע מנותקת, של מגוון כנות תפוח בעלות פוטנציאל לעמידות לתופעת השנטוע, שימוש בצמדי חלקות (שנטוע וביקורת) לצורך איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה, ומבחני אילוח שורשים, לצורך הוכחת תפקידם של פתוגנים ספציפיים בתופעת השנטוע בתפוח.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: בחלקת המבחן בתנאי מטע, אבל לא בקרקע מנותקת, נמצאה פגיעה משמעותית במדדי צימוח שונים בקרקע שנטוע, בהשוואה לקרקע ביקורת. 4 מתוך 15 הכנות הנבחנו הראו פוטנציאל לעמידות יחסית לתופעת השנטוע. מלבד ערך ההגבה, לא נמצאו עד כה גורמים אביוטים שניתן לקשור לתופעת השנטוע. נמצא רמז למעורבות של מיני פוזריום שונים, ובפרט *Fusarium Solani*, בתופעת השנטוע בתפוח.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: עדיין אין.

מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

אחת הבעיות המרכזיות בענף התפוחים בארץ ובעולם היא הפחיתה ביבול בחלקות שנטוע (נטיעה מחדש בחלקה שגדל בה מטע קודם מאותו הגידול), הנובעת ממחלת השנטוע (apple replant disease). התופעה חמורה במיוחד בישראל, מכיוון שכיום חלק ניכר מהקרקעות הפנויות לנטיעות חדשות של תפוח, בעיקר בגליל, הן קרקעות אשר כבר גדלו בהן עצי תפוח, ולכן שנטוע הוא בלתי נמנע. הפחיתה ביבול בחלקות השנטוע בארץ מוערכת בלפחות 8 טון לדונם ב-10 השנים הראשונות, ובכ-12 טון לדונם במהלך כל שנות המטע. למרות המחקר ארוך השנים בתחום זה, אשר נערך באזורי גידול שונים בעולם, עדיין לא ידועים בוודאות הגורמים לתופעה. הסברה המקובלת כיום היא שעייפות הקרקע נגרמת בעיקר משינויים בקרקע ובסביבות השורש, המביאים להצטברות של ריכוזים גבוהים של גורמים פתוגנים מחוללי מחלות קרקע, או ירידה בריכוזם של אורגניזמים המסייעים לגדילת העץ. יחד עם זאת, במספר מחקרים נמצא שגורמים אביוטיים כמו pH נמוך או גבוה, הצטברות של רעלים צמחיים, מלחים ויונים רעילים אחרים, קוטלי-עשבים, הידוק הקרקע ומחסור בחמצן, ודישון והשקיה לא מאוזנים מעורבים גם הם בתופעה. טיפולי עיקור קרקע הם יקרים, מזיקים לסביבה ולבריאות האדם, ובעלי יעילות זמנית וחלקית. לפיכך, אנחנו מציעים את הגישה הגנטית, שמיושמת כיום בהצלחה בגלעיניים, לפתרון מחלת השנטוע בארץ. במסגרת התוכנית יסרקו 15 כנות תפוח שפותחו בשנים האחרונות בארץ ובעולם לצורך התמודדות עם תופעת מחלת השנטוע: כנות CG11, CG41, CG202, CG935, שפותחו במסגרת תכנית השבחת הכנות בג'נבה, קורנל, ונמצאו עמידות למחלת השנטוע באתר ההשבחה, כנות MM 104, MM109, MM111, MM116, מסדרת Malling-Morton, שנבחרו בשל דיווחים על היותן עמידות בתנאי שנטוע, או בשל חוזקן, ומכלואים של כנות חשבי שונות עם כנות אנגליות עמידות לכנימת דם (Northern MM.106-isky), שפותחו בקבוצת המחקר של דר' דורון הולנד. המכלואים הנ"ל בוררו על אדמת שנטוע מאולחת בכנימת דם בנווה יער, ושישה מהם, NY35, NY51, NY67, NY125, NY298, NY382, שנמצאו עמידים בתנאים אלה במשך שתי שנות גידול, יבחנו גם הן במסגרת הפרויקט. כנות הביקורת משמשת הכנה המשקית חשבי 4-13. הכנות, עליהן הורכב הזן 'סמוטי', נבחנו בתנאי מטע (בחלקת שנטוע ובחלקת ביקורת) ובתנאים מבוקרים (עציצים), במטרה לזהות כנות פוריות עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ. בנוסף, במטרה לשפר את ההבנה בנוגע לגורמים המעורבים במחלת השנטוע בארץ, יעשה מאמץ לאתר גורמים ביוטיים ואביוטיים המעורבים בתופעה, ע"י מציאת קורלציה בין פתוגניים מועמדים וגורמים כימיים ופיזיקאליים לעוצמת הפגיעה בעצים עקב מחלת השנטוע. התוצרים הצפויים להתקבל מהתכנית הם: (1) איתור כנות תפוח עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ. (2) זיהוי גורמים ביוטיים ואביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע בארץ.

מטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקורית:

1. איתור כנות תפוח עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, באמצעות סריקה של מבחר כנות שפותחו לאחרונה בארץ ובעולם במסגרת תכניות לטיפוח כנות עמידות למחלת השנטוע. (2) זיהוי גורמים ביוטיים ואביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע בארץ.

המטרות העיקריות לשנה ב':

1. השלמת נטיעת חלקת ניסויי בחינת הכנות לעמידות לשנטוע. (2) שימוש בצמדי חלקות (שנטוע וביקורת) לצורך איתור גורמים אביוטיים וביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע בארץ. (3) בחינה בתנאים מבוקרים של מעורבותם של מיקרואורגניזמים מועמדים בתופעת השנטוע בתפוח.

פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

חלק א': ניסוי עמידות לשנטוע בתנאי מטע ובקרקע מנותקת

א'1: ניסוי בתנאי מטע:

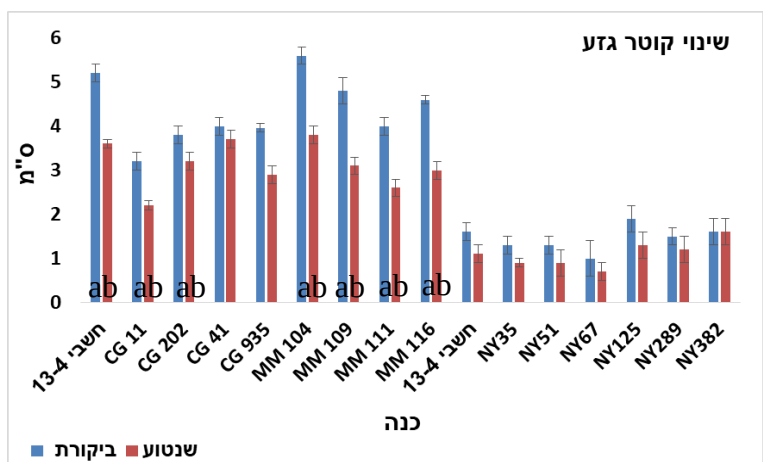
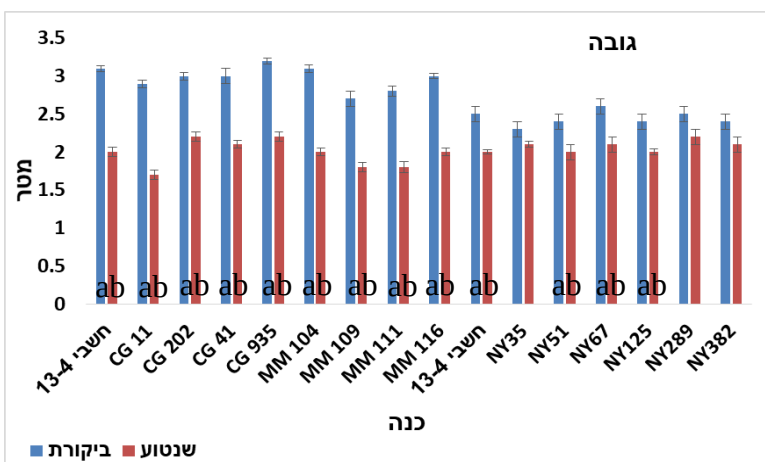
תיאור הניסוי: שתילי הכנות NY35, NY51, NY67, NY125, NY298, NY382, שפותחו בנוה יער בקבוצת המחקר של ד"ר דורון הולנד, באמצעות הכלאות בין כנות חשבי שונות עם כנות אנגליות עמידות לכנימת דם (Northern spy ו-106.MM), והכנה המשקית חשבי 4-13, רובו באמצעות הברכות קרקע, והורכבו בזן סמוטי. בנובמבר 2017 ניטעה חלקת המבחן, שמורכבת משתי חלקות צמודות בחוות מתתיהו: 1) חלקת שנטוע, שעליה גודלו תפוחים במשך 25 שנים, ונעקרה לפני תחילת הניסוי, 2) חלקת הביקורת, שלפני תחילת הניסוי גודלו בה אפרסקים במשך כ-15 שנה, ומעולם לא שימשה לגידול תפוחים. שטח כל חלקה כ-4 דונם. כל אחת מהכנות ניטעה בשש חזרות בנות שלושה עצים בכל אחת מהחלקות (שנטוע וביקורת), במבנה של בלוקים באקראי, מרווחי שתילה של 1.5×4 מטר, צפיפות של 166 עצים לדונם, עיצוב ציר. עצים מפרים מהזן סקרלט ספר ניטעו בשורות הניסוי, ביחס של 1:6 (כנות נבחות : עץ מפרה). במטרה לבחון את ביצועי הכנות בתנאי שנטוע קשים, ניטעו השתילים בחלקת השנטוע בבורות בהם גדלו העצים שנעקרו, והקרקע בשתי החלקות לא חוטאה לפני הנטיעה. מלבד זאת, הכנת החלקות לנטיעה היתה כמקובל בחוות מתתיהו. קוטר הגזע, בגובה 10 ס"מ מעל ההרכבה, נמדד בכל אחד מהעצים, לפני הנטיעה (מדידת אפס). חלקה זאת נשתלה בצמידות לחלקת הניסוי שנשתלה בנובמבר 2016, בכנות ג'נבה ומולינג-מורטון (דווח בדו"ח שנה א') במסגרת המחקר. בכל אחת מהחלקות נאספו הנתונים הבאים, עבור כל אחד מהעצים: קוטר גזע בעת הנטיעה (מדידת אפס), קוטר גזע בספטמבר 2018, גובה, והערכה של רמת כיסוי העלווה. השינוי בקוטר הגזע התקבל באופן הבא: (קוטר הגזע בספטמבר 2018-קוטר גזע במדידת האפס). האנליזה הסטטיסטית בוצעה בעזרת בתוכנת SPSS (Ver. 23, IBM Corp. Armonk, NY). מובהקות ההבדלים בין הטיפולים השונים ובין סוגי הכנות, נבדקה ברמת מובהקות של $p < 0.05$, בעזרת מבחני אנובה ו-TUKEY וכן בעזרת מבחן T.

תוצאות:

השפעת עומק הנטיעה (נטיעת 2016): לצורך האנליזה הסטטיסטית, חולקו השתילים בחלקה ע"פ עומק הנטיעה: ההרכבה 10 ס"מ מתחת לפני הקרקע, 2) ההרכבה 10 ס"מ מעל לפני הקרקע ונערכה השוואה של הפרמטרים השונים שנמדדו עבור כל כנה בנפרד. באף אחד מהמדדים לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין שני עומקי הנטיעה בכנות השונות, ולכן בנייתוחים הבאים לא התבצע ניתוח נפרד ע"פ עומק הנטיעה.

טבלה 1: מדדי גידול בקרקע שנטוע וקרקע ביקורת, ניסוי בתנאי מטע: השוואת קוטר גזע, שינוי בקוטר גזע (קוטר גזע בספטמבר 2018-קוטר גזע מדידת אפס), גובה, ורמת כיסוי עלווה בקרקע ביקורת וקרקע שנטוע, בכנות השונות, שניטעו בחלקת המבחן בחוות מתתיהו. הנתונים נאספו בספטמבר 2018. אפור בהיר: כנות שנטעו בנובמבר 2016. אפור כהה: כנות שנטעו בנובמבר 2017. מספר עצים נמדדים: 30-36 (נטיעת 2016) ו-15-21 (נטיעת 2017) בכל סוג קרקע. הערכים המוצגים: ממוצע $\pm$ שגיאת תקן.

כנה	תכונה	קרקע ביקורת	קרקע שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	כנה	תכונה	קרקע ביקורת	קרקע שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	כנה	תכונה	קרקע ביקורת	קרקע שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)
13-4	חשבי	5.2 ± 0.2	3.6 ± 0.1	<.0005	69	13-4	חשבי	9.0 ± 0.2	7.4 ± 0.1	<.0005	82	13-4	חשבי	6.7 ± 0.2	5.7 ± 0.1	<.0005	85
CG 11		3.2 ± 0.2	2.2 ± 0.1	<.0005	69	CG 11		7.5 ± 0.2	6.7 ± 0.2	0.005	89	CG 11		7.8 ± 0.2	7.5 ± 0.2	0.15	96
CG 202		3.8 ± 0.2	3.2 ± 0.2	0.02	84	CG 202		7.6 ± 0.1	6.7 ± 0.2	<.0005	88	CG 202		9.6 ± 0.3	7.3 ± 0.2	<.0005	76
CG 41		4 ± 0.2	3.7 ± 0.2	0.2	93	CG 41		8.7 ± 0.3	7.0 ± 0.3	<.0005	80	CG 41		7.7 ± 0.2	6.3 ± 0.2	<.0005	82
CG 935		3.9 ± 0.1	2.9 ± 0.2	<.0005	74	CG 935		8.5 ± 0.1	6.7 ± 0.2	<.0005	79	CG 935		5.1 ± 0.1	5.1 ± 0.2	0.98	100
MM 104		5.6 ± 0.2	3.8 ± 0.2	<.0005	68	MM 104		4.9 ± 0.1	4.5 ± 0.1	0.04	92	MM 104		5.2 ± 0.1	4.9 ± 0.2	0.17	94
MM 109		4.8 ± 0.3	3.1 ± 0.2	<.0005	65	MM 109		4.2 ± 0.3	4.1 ± 0.2	0.88	98	MM 109		5.1 ± 0.2	4.9 ± 0.2	0.46	96
MM 111		4.0 ± 0.2	2.6 ± 0.2	<.0005	65	MM 111		4.8 ± 0.2	4.8 ± 0.2	0.98	100	MM 111		5.1 ± 0.2	4.7 ± 0.3	0.33	92
MM 116		4.6 ± 0.1	3.0 ± 0.2	<.0005	65	MM 116		4.5 ± 0.1	4.3 ± 0.1	0.002	90	MM 116		5.0 ± 0.1	4.6 ± 0.1	0.015	92
13-4	חשבי	1.6 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.07	69	13-4	חשבי	4.8 ± 0.1	4.3 ± 0.1	0.007	90	13-4	חשבי	5.0 ± 0.0	4.6 ± 0.2	0.01	92
NY35		1.3 ± 0.2	0.9 ± 0.1	0.04	69	NY35		5.0 ± 0.0	4.3 ± 0.2	0.003	88	NY35		2.0 ± 0.1	1.6 ± 0.3	0.93	100
NY51		1.3 ± 0.2	0.9 ± 0.3	0.26	69	NY51		5.0 ± 0.0	4.3 ± 0.2	0.003	88	NY51		1.9 ± 0.3	1.5 ± 0.2	0.43	80
NY67		1.0 ± 0.4	0.7 ± 0.2	0.68	70	NY67		5.0 ± 0.0	4.3 ± 0.2	0.003	88	NY67		1.6 ± 0.3	1.2 ± 0.3	0.43	80
NY125		1.9 ± 0.3	1.3 ± 0.3	0.15	68	NY125		5.0 ± 0.0	4.3 ± 0.2	0.003	88	NY125		1.6 ± 0.3	1.2 ± 0.3	0.43	80
NY289		1.5 ± 0.2	1.2 ± 0.3	0.43	80	NY289		5.0 ± 0.0	4.3 ± 0.2	0.003	88	NY289		1.6 ± 0.3	1.2 ± 0.3	0.43	80
NY382		1.6 ± 0.3	1.6 ± 0.3	0.93	100	NY382		5.0 ± 0.0	4.3 ± 0.2	0.003	88	NY382		1.6 ± 0.3	1.2 ± 0.3	0.43	80
13-4	חשבי	3.1 ± 0.04	2.0 ± 0.06	<.0005	65	13-4	חשבי	4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	13-4	חשבי	2.5 ± 0.1	2.0 ± 0.03	<.0005	80
CG 11		2.9 ± 0.05	1.7 ± 0.06	<.0005	59	CG 11		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	CG 11		2.3 ± 0.1	2.1 ± 0.04	0.005	91
CG 202		3.0 ± 0.05	2.2 ± 0.06	<.0005	73	CG 202		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	CG 202		2.4 ± 0.1	2.1 ± 0.04	<.0005	83
CG 41		3.0 ± 0.1	2.1 ± 0.05	<.0005	70	CG 41		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	CG 41		2.6 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
CG 935		3.2 ± 0.04	2.2 ± 0.06	<.0005	69	CG 935		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	CG 935		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
MM 104		3.1 ± 0.05	2.0 ± 0.05	<.0005	65	MM 104		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	MM 104		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
MM 109		2.7 ± 0.1	1.8 ± 0.06	<.0005	67	MM 109		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	MM 109		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
MM 111		2.8 ± 0.07	1.8 ± 0.07	<.0005	64	MM 111		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	MM 111		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
MM 116		3.0 ± 0.03	2.0 ± 0.05	<.0005	67	MM 116		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	MM 116		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
13-4	חשבי	2.5 ± 0.1	2.0 ± 0.03	<.0005	80	13-4	חשבי	4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	13-4	חשבי	2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
NY35		2.3 ± 0.1	2.1 ± 0.04	0.005	91	NY35		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	NY35		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
NY51		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.1	<.0005	83	NY51		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	NY51		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
NY67		2.6 ± 0.1	2.1 ± 0.1	<.0005	81	NY67		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	NY67		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
NY125		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.04	<.0005	83	NY125		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	NY125		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
NY289		2.5 ± 0.1	2.2 ± 0.1	0.008	88	NY289		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	NY289		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83
NY382		2.4 ± 0.1	2.1 ± 0.1	0.002	88	NY382		4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	<.0005	78	NY382		2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.05	<.0005	83



איור 1: השוואת השינוי בקוטר הגזע (מדידת ספטבר 2018-מדידת אפר) וגובה העץ בקרקע שנטוע וקרקע הביקורת בכנות הנבחות בחלקת המבחן במתיהו. המדידות נערכו בספטמבר 2018. הקווים האנכיים מסמנים את שגיאת התקן.

שינוי בקוטר הגזע: העצים בחלקת הניסוי מתפתחים יפה, ושיעור התוספת בקוטר הגזע (מדידת ספטמבר 2018-מדידת אפר) נע בין 2.2-3.8 ס"מ בכנות השונות שנטעו בנובמבר 2016, ל-0.9-1.6 ס"מ בכנות שנטעו בנובמבר 2017. מתוך 15 הכנות הנבחות, ב-11 כנות התרחבות הגזע בקרקע השנטוע ביחס לקרקע הביקורת היה נמוך (יחס

שנטוע/ביקורת 63%-70%), נתון המעיד על פגיעה משמעותית בהתפתחות העץ בקרקע השנטוע. בשלוש כנות, NY289, CG202, ו-CG41, נמצאה השפעה פחותה של קרקע השנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 80%, 84%, 93%, בהתאמה. ראוייה לציון כנה NY382, שבה השינוי בקוטר הגזע בקרקע השנטוע ובקרקע הביקורת זהים. במרבית כנות NY לא נמצאה מובהקות סטטיסטית, ככל הנראה עקב המספר הקטן יחסית של העצים הנמדדים בכל כנה, ביחס לכנות GC ו-MM.

גובה העץ: במרבית הכנות נמצאה פגיעה משמעותית בגובה העץ בעצים שגדלו בקרקע השנטוע, ביחס לצמחים שגדלו בקרקע הביקורת, עם יחס שנטוע/ביקורת של 59%-83%. בשלוש כנות: NY382, NY289, ו-NY35, נמצאה השפעה פחותה של קרקע השנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 88%, 88%, ו-91%, בהתאמה. ראוי לציון שבכל הכנות, כולל הכנות שבהן גובה העץ נפגע פחות מהגידול בקרקע השנטוע, הייתה מובהקות סטטיסטית להבדל בין שני סוגי הקרקעות. ככלל, הפגיעה בגובה העץ (בערכים מוחלטים) בקרקע השנטוע לעומת קרקע הביקורת הייתה גבוהה יותר בכנות שנשתלו ב- 2016. הדבר מרמז לכך שהפגיעה בהתפתחות העצים בקרקע השנטוע נמשכת מעבר לשנה הראשונה שלאחר הנטיעה.

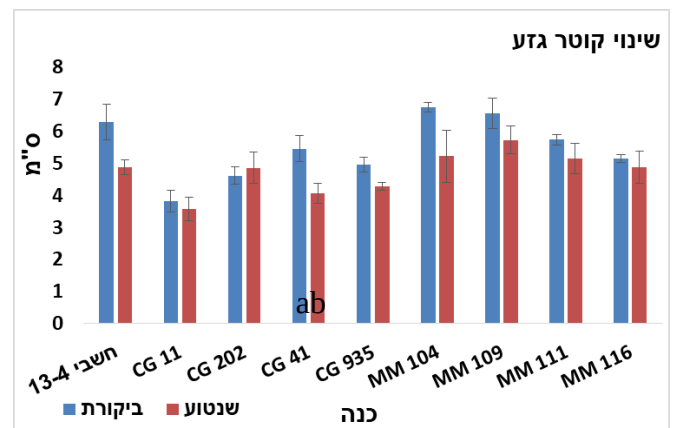
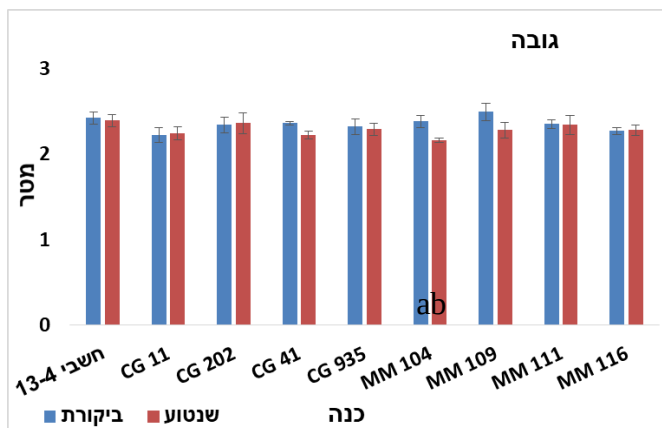
רמת כיסוי העלווה: בכל הכנות הנבחנו נמצאה ירידה ברמת הכיסוי בעצים שגדלו בקרקע השנטוע, בהשוואה לעצים שגדלו בקרקע הביקורת. כל התוצאות מובהקות סטטיסטית ($p < 0.05$), למעט בכנה CG202, בה יחס שנטוע/ביקורת היה 93%.

א'2: ניסוי בקרקע מנותקת:

תיאור הניסוי: לצורך הניסוי, מולאו מכלים בנפח של 200 ליטר בקרקע שנאספה מחלקות השנטוע והביקורת שמשמשות לניסוי בתנאי מטע. איסוף הקרקע (עומק 0-30 ס"מ) נעשה בעזרת שופל מכלל שטח החלקה, לאחר עיבודי הקרקע ולפני הנטיעה, ולא מבורות השתילה עצמם. 5 שתילים מורכבים מכל אחת מהכנות הנבחנו ניטעו בנובמבר 2016 בכל אחד מסוגי הקרקע. המכלים פוזרו באקראי בבית הרשת בחוות מתתיהו, בסמוך לחלקת הניסוי. מדדי הצימוח הבאים נאספו בספטמבר 2018, 22 חודשים לאחר הנטיעה: קוטר הגזע, גובה העץ, ושינוי קוטר הגזע (קוטר גזע מדידת ספטבר-קוטר גזע מדידת אפריל). עקב הקושי בריבוי כנות הזריעים שפותחו בנוה יער, לאחר נטיעת הכנות בחלקת המבחן, לא נותרו שתילים לניסוי בקרקע מנותקת.

טבלה 2: מדדי גידול בקרקע שנטוע וקרקע ביקורת, ניסוי בקרקע מנותקת: השוואת קוטר גזע, שינוי בקוטר גזע (קוטר גזע בספטמבר 2018-קוטר גזע מדידת אפריל), וגובה בקרקע ביקורת וקרקע שנטוע, בכנות השונות, שניטעו בניסוי בקרקע מנותקת, שנערך בחוות מתתיהו. הנתונים נאספו בספטמבר 2018. מספר עצים נמדדים: 5 בכל טיפול. הערכים המוצגים: ממוצע $\pm$ שגיאת תקן.

יחס שנטוע (% ביקורת)	מובהקות	גובה	יחס שנטוע (% ביקורת)	מובהקות	שימי בקוטר הגזע	יחס שנטוע (% ביקורת)	מובהקות	קוטר גזע ספטמבר 2018	יחס שנטוע (% ביקורת)	מובהקות	קוטר גזע אפר	ביקורת/ שנטוע	כנה
99	a	2.42±0.07	78	a	6.27±0.56	88	a	10.12±0.46	104	a	3.84 ± 0.15	ביקורת	חשבי 13-4
	a	2.39±0.07		a	4.87±0.24		a	8.88±0.18		a	4.0 ± 0.16	שנטוע	
101	a	2.22±0.09	94	a	3.81±0.33	95	a	7.64±0.28	96	a	3.83 ± 0.06	ביקורת	CG 11
	a	2.24±0.08		a	3.58±0.37		a	7.26±0.50		a	3.68 ± 0.23	שנטוע	
101	a	2.34±0.09	105	a	4.61±0.28	100	a	8.70±0.27	93	a	4.09 ± 0.09	ביקורת	CG 202
	a	2.36±0.12		a	4.85±0.49		a	8.68±0.38		a	3.82 ± 0.15	שנטוע	
94	a	2.36±0.02	75	a	5.45±0.4	87	a	9.34±0.42	103	a	3.89 ± 0.03	ביקורת	CG 41
	a	2.22±0.05		b	4.07±0.31		a	8.08±0.30		a	4.01 ± 0.06	שנטוע	
99	a	2.32±0.09	87	a	4.95±0.24	96	a	8.80±0.19	108	a	3.85 ± 0.10	ביקורת	CG 935
	a	2.29±0.07		a	4.28±0.12		a	8.43±0.10		a	4.14 ± 0.05	שנטוע	
91	a	2.38±0.07	77	a	6.75±0.15	84	a	10.68±0.24	96	a	3.93 ± 0.13	ביקורת	MM 104
	b	2.16±0.03		a	5.21±0.82		a	9.00±0.83		a	3.79 ± 0.02	שנטוע	
92	a	2.49±0.10	87	a	6.55±0.48	91	a	10.42±0.50	97	a	3.87±0.16	ביקורת	MM 109
	a	2.28±0.09		a	5.72±0.43		a	9.50±0.30		a	3.76±0.20	שנטוע	
100	a	2.35±0.05	90	a	5.73±0.16	94	a	9.66±0.15	101	a	3.93±0.04	ביקורת	MM 111
	a	2.34±0.11		a	5.15±0.47		a	9.10±0.47		a	3.95±0.07	שנטוע	
100	a	2.27±0.04	95	a	5.13±0.12	98	a	9.12±0.15	101	a	3.99±0.05	ביקורת	MM 116
	a	2.28±0.06		a	4.88±0.50		a	8.92±0.47		a	4.04±0.11	שנטוע	



איור 2: השוואת השינוי בקוטר הגזע (מדידת ספטמבר 2018-מדידת אפר) וגובה העץ בקרקע שנטוע וקרקע הביקורת בכנות הנבחנות בניסוי בקרקע מנותקת בחוות מתתיהו. המדידות נערכו בספטמבר 2018. קווים אנכיים מסמנים את שגיאת התקן.

ככלל, ההשפעה של קרקע השנטוע על גידול שתילי הכנות השונות בניסוי הקרקע המנותקת הייתה נמוכה באופן משמעותי מזו שנמצאה בניסוי בתנאי מטע. כך, יחס שנטוע/ביקורת ממוצע בכלל הכנות בפרמטר של שינוי בקוטר הגזע היה 92% בניסוי בקרקע המנותקת, ו-72% בתנאי מטע. יחס שנטוע/ביקורת ממוצע בכלל הכנות בפרמטר של גובה העץ, היה 97%, כלומר לא הייתה פגיעה בגובה העץ בקרקע השנטוע ביחס לקרקע הביקורת בניסוי הקרקע המנותקת, בעוד שיחס שנטוע/ביקורת בפרמטר גובה העץ עמד על 66% בניסוי בתנאי מטע.

מבין הכנות שהפגינו את הפגיעה הקטנה ביותר בקרקע שנטוע לעומת קרקע הביקורת, CG202 ו-GC41, נמצא שגם בניסוי בקרקע מנותקת, CG202 מראה עמידות טובה לקרקע שנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 105% ו-101% בפרמטרים שינוי בקוטר הגזע וגובה העץ, בהתאמה. לעומת זאת, כנה GC41 לא הראתה ביצועים טובים במיוחד בקרקע השנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 75% ו-95% בפרמטרים שינוי בקוטר הגזע וגובה העץ, בהתאמה.

חלק ב': איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע

לצורך המחקר אותרו ארבעה צמדי חלקות תאומות, המורכבות מחלקת שנטוע וחלקת ביקורת. החלקות התאומות ממוקמות בצמוד זו לזו, ולכן צפויות להיות בעלות מאפייני קרקע דומים, והן בעלות היסטוריה זהה בביקורת הגידולים הנוכחי (טיפולם לפני הנטיעה, תאריך הנטיעה, הזן והכנה (בכולם-חשבי 13-4), וכו'), ושונות רק בהיסטוריה הגידולית: חלקת שנטוע, או חלקת ביקורת, שלפני הנטיעה גודל בה גידול שאינו תפוח. צמדי החלקות: 1) מלכיה (בית המכס): שנת נטיעה 2011, הזן: גרני-סמיט. החלק הצפוני של החלקה הוא חלקת שנטוע, החלק הדרומי הוא חלקת ביקורת.

(2) מלכיה (י"א): שנת נטיעה 2013, הזן: פינק ליידי. החלק הדרומי הוא נטיעת שנטוע, מצפון-חלקת ביקורת, על חלקת דבדבן (לשעבר. 3) ברעם (רמת יעלים): שנת נטיעה 2013, הזן: גרני-סמיט. צפון החלקה הוא שנטוע, החלק הדרומי הוא חלקת ביקורת, בה גודלו אגוזי מלך. 4) חלקת ניסוי הכנות בחוות מתתיהו (נעקרה בסתיו 2016, ניטעה בנובמבר אותה שנה): בחלקת השנטוע גדלה חלקת תפוחים ב-25 השנים האחרונות, בחלקת הביקורת גדלו אפרסקים ב-15 השנים האחרונות. הנתונים לגבי חלקה זו (צימוח בלבד) הובאו בחלק א'1.

16 עצים מייצגים, שגדלים בארבע שורות שונות בכל אחת מהחלקות סומנו, מדדי עצמת הצימוח כומתו, ודגימות לאנליזות ההרכב הכימי והפיזיקלי של הקרקע, ופתוגנים חשודים כמעורבים בתופעה נאספו מתחת לכל אחד מהעצים, כמתואר להלן.

ב'1: אפיון עוצמת הצימוח ורמת היבול בצמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות

טבלה 3: מדדי צימוח ויבול בצמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות: השוואת קוטר גזע, אורך צימוח חדש (ענפונים שיצאו ב-2018), גובה העץ, רמת כיסוי עלווה, ויבול לעץ בקרקעות השנטוע והביקורת בצמדי החלקות השונות. מספר עצים נמדדים: 16 בכל אחד מצמדי החלקות, 4 שורות*4 צמחים בשורה. הערכים המוצגים: ממוצע $\pm$ שגיאת תקן. המדידות והקטיפים נעשו בספטמבר ואוקטובר 2018.

שם החלקה	ביקורת/שנטוע	קוטר גזע (ס"מ)	מוב'	יחס שנטוע/ביקורת (%)	אורך צימוח חדש (ס"מ)	מוב'	יחס שנטוע/ביקורת (%)	גובה עץ (מטר)	מוב'	יחס שנטוע/ביקורת (%)	רמת כיסוי עלווה (סולם 1-5)	מוב'	יחס שנטוע/ביקורת (%)	יבול לעץ (ק"ג)	מוב'	יחס שנטוע/ביקורת (%)
בית מכס מלכיה	ביקורת	9.9 $\pm$ 0.3	a	68	a	31.9 $\pm$ 1.1	a	3.9 $\pm$ 0.1	a	43	5.0 $\pm$ 0.1	a	61	49.3 $\pm$ 2.5	a	61
	שנטוע	6.7 $\pm$ 0.2	b		b	13.8 $\pm$ 1.1	b	3.0 $\pm$ 0.1	b		3.1 $\pm$ 0.2	b		29.9 $\pm$ 1.1	b	
י"א מלכיה	ביקורת	5.9 $\pm$ 0.1	a	85	a	25 $\pm$ 0.1	a	2.9 $\pm$ 0.1	a	40	2.8 $\pm$ 0.3	a	53	17.7 $\pm$ 0.7	a	77
	שנטוע	5.0 $\pm$ 0.3	b		b	10 $\pm$ 0.1	b	2.7 $\pm$ 0.1	a		1.5 $\pm$ 0.2	b		13.6 $\pm$ 1.3	b	
רמת יעלים ברעם	ביקורת	10.2 $\pm$ 0.2	a	87	a	27 $\pm$ 1.1	a	4.0 $\pm$ 0.1	a	74	4.9 $\pm$ 0.1	a	87	62.1 $\pm$ 4.9	a	96
	שנטוע	8.9 $\pm$ 0.2	b		b	20 $\pm$ 10.1	b	3.4 $\pm$ 0.1	b		4.3 $\pm$ 0.2	b		59.7 $\pm$ 2.2	b	

בדומה לשנת המדידות הראשונה, גם בשנת המדידות השנייה, בצמדי החלקות התאומות השונים, נמצא שהעצים שגדלו בקרקע בצמדי חלקות הביקורת גבוהים ובעלי קוטר גזע גדול יותר, אורך הענפונים החדשים, ורמת כיסוי העלווה גבוהה יותר, ביחס לעצים שגדלו בקרקע של צמדי חלקות השנטוע. תוצאת אלה ממחישות את הפגיעה בעצמת הצימוח כתוצאה מתופעת השנטוע, ושהחלקות התאומות שנבחרו מתאימות למחקר שמטרתו איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים הנמצאים בקורלציה לתופעת השנטוע (חלקים ב'2 ו-ב'3 בתכנית). למרות ההבדלים הניכרים בעוצמת הצימוח, נתוני היבול גבוהים במובהק בחלקת הביקורת ביחס לחלקת הביקורת רק בשתיים משלוש החלקות.

ב'2: זיהוי מיקרואורגניזמים מועמדים למעורבות במחלת השנטוע בישראל

תיאור הניסוי: בעקבות התוצאות של שנה א', שהצביעו על מעורבות אפשרית של פטריית הקרקע *Fusarium solani* בתופעת השנטוע בתפוח בישראל, הועמד בתאריך 30 לאפריל ניסוי בחוות מתתיהו שמטרתו לענות על שתי שאלות:

(1) האם הפתוגן *Fusarium solani* מעורב במחלת השנטוע?

(2) האם שימוש בביו-פחם יכול לעזור בהפחתת נזקי תופעת השנטוע?

כנות תפוח MM106 נטעו בדליים בנפח 10 ליטר, וחולקו לטיפולים הבאים:

(א) אדמה מקומית מחלקת ביקורת בריאה, בקורת עם דוחן 1% משקלי (בקורת-קרקע ביקורת).

(ב) אדמה מקומית מחלקת ביקורת בריאה עם תבדיד *F. solani* שגודל על דוחן בכמות של 1% משקלי מעורב בקרקע (פוזריום S1).

(ג) אדמה מקומית בריאה עם תבדיד *F. solani* אחר על דוחן בריכוז 1% משקלי מעורב בקרקע (פוזריום S2).

(ד) אדמה שנלקחה מחלקה הסובלת מתסמיני מחלת השנטוע בתוספת ביו-פחם מיוצר כפות תמרים בריכוז 1% משקלי (ב"פ 1).

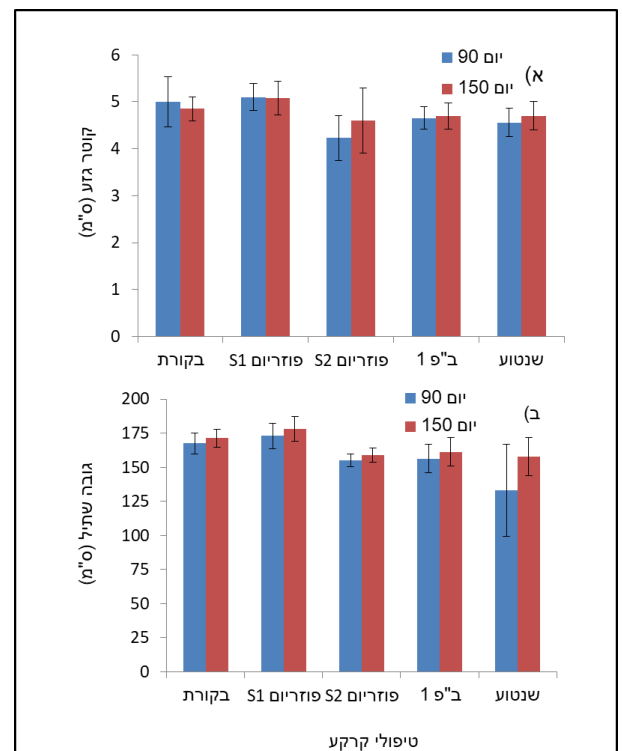
(ה) אדמה שנלקחה מחלקה הסובלת מתסמיני מחלת השנטוע.

הניסוי הוצב בבית-רשת בחוות מתתיהו, ומדידות קוטר הגזע וגובה השתילים נלקחו 90 ו-150 יום אחרי השתילה. כל טיפול כלל 5 עצים. מדדי הגובה וקוטר הגזע נותחו במבחן One way ANOVA וחושבו ההבדלים הסטטיסטיים בעזרת חישוב ערכי ה least significant differences וכן בוצע מבחן Dunn שהינו פחות מחמיר וכולל השוואה של כל טיפול לטיפול הבקורת בלבד.

בנוסף בוצעו גם השנה בחודש אפריל מיהולי קרקע לכימות אוכלוסיית הפוזריום הכללית בקרקע המקיפה את בית השורשים של 10 שתילים בריאים ועשרה שתילים הסובלים מתסמיני השנטוע שנדגמו בחלקות הניסוי בחוות מתתיהו. המיהולים בוצעו על גבי מצע Nesh Snyder הסלקטיבי לפוזריום במיהולים של בין 10^{-1} ל 10^{-3} .

תוצאות: במהלך הניסוי הייתה בעיה במערכת השקייה בחוות מתתיהו אשר פגעה בשורת ניסוי שלמה ובחזרה אחת מטיפולי הבקורת, ביופחם S2. ככלל עקב מספר החזרות הנמוך לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים השונים. אם זאת, יש לציין כי האילוח בתבדיד S2 F.solanii, הקטין את קוטר הגזע מ 5 ס"מ ל 4.23 ס"מ (15.4%). ואת גובה השתיל מ-167.5 ל-155 ס"מ (8.5%). בהשוואה לבקורת, קוטר הגזע והגובה של שתילים שגדלו בקרקע מחלקה הידועה כסובלת ממחלת השנטוע היו נמוכים ב 8.5%-21%, בהתאמה. יישום ביו-פחם ממקור דקל לא השפיע על מדדי הצימוח. בדיקה נוספת שבוצעה 150 יום לאחר השתילה לא הראתה שינוי בתוצאות וגם בה לא היו הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים. בבדיקת מיהולי קרקע שבוצעה עבור פוזריום כללי בחודש אפריל 2018, היו ריכוזי הפוזריום שנדגמו מבית השורשים של כנות M106 בחלקת שנטוע גבוהים פי 18 מאשר מדגימות בית שורשים שנדגמו מכנות בקרקע ללא רקע של שנטוע (900 CFU/g מול 50 CFU/g בהתאמה).

איור 3: השפעת הוספה לקרקע של טיפול בקורת בתוספת דוחן 1%; תבדיד פוזריום סולני S1 עם דוחן 1% ותבדיד פוזריום סולני S2 עם דוחן 1%; אדמה מחלקה עם רקע של שנטוע בתוספת ביו-פחם כפות תמרים בריכוז 1% (ב"פ 1), ואדמה מחלקה עם רקע של שנטוע ללא תוספת. הניסוי בוצע בעצי 10 ליטר בהם נשתלו כנות M-106 ב-30 לאפריל 2018 בחוות מתתיהו. קוטר הגזע וגובה השתיל נמדדו 90 יום (עמודות כחולות) ו-150 יום (עמודות אדומות) לאחר השתילה והאילוח. קווים אנכיים מסמנים את שגיאת התקן. לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים לפי מבחן Tukey HSD. מספר העצים לטיפול: 5.



ב'3: אפיון המרכיבים הכימיים והפיזיקליים בצמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות

תיאור הניסוי: במטרה ללמוד על תכונות הקרקע וההבדלים בין חלקות הביקורת והשנטוע, נחפרו בורות בסמוך לעצים בצמדי החלקות בנקודות שהוגדרו לדיגום לאפיון ההרכב המיקרוביאלי, הכימי והפיזיקלי. הבורות נחפרו בעזרת מיני-מחפרון במרחק מינימלי מהעץ, תוך הקפדה שלא לפגוע בו או בשורשים. צורת עבודה זו, מאפשרת בחינה חזותית של חתך הקרקע וזיהוי של הטרוגניות בחתך. מכל בור שנפתח נאספו 2-3 דוגמאות בעומקים שונים בהתאם למאפייני החתך. נדגמו 3 חלקות (רמת יעלים בברעם ובית המכס ו"א, במלכיה) בהן נפתחו 24 חתכי קרקע ונאספו 63 דוגמאות קרקע. חפירת בורות דיגום הקרקע וחלק מעבודת המעבדה בוצעו בשנת העבודה הראשונה והשלמת האנליזות של הקרקעות בוצעה בשנת העבודה הנוכחית.

דוגמאות הקרקע הועברו למעבדה, שם הן יובשו באוויר, נטחנו ונפו בנפה של 2 מ"מ. הקרקעות שנאספו עברו אנליזה לפרמטרים שונים:

תכולת רטיבות בשדה: תכולת הרטיבות בשדה נבדקה על דוגמאות קרקע טריות שנדגמו ונארזו בקופסאות פח אטומות. הבדיקה בוצעה בצורה משקלית על ידי ייבוש בתנור בטמ' של 64°C .

חומר אורגני: תכולת החומר האורגני נקבעה בשיטת השריפה היבשה בטמ' של 550°C .

תכולת נוטריינטים במיצוי מימי, המוליכות החשמלית וערך ההגבה (pH), נבדקו בעיסה רוויה.

דוגמאות המים המסוננות מהעיסה רוויה עברו אנליזה לזרחן מומס, מגנזיום, סידן ואשלגן בעזרת מכשיר San++ (Continuous Flow Analyzer (Skalar Analytical, Netherlands) מדדת האשלגן והנתרן בוצעה ב-flamephotometer (model 420, Sherwood).

תכולת האשלגן, הסידן, החמרן, הברזל והאבץ נקבעה גם במיצוי Haney (Haney et al., 2006; 2010). יתרונה של שיטה זו הוא בכך שמתאפשר מיצוי בודד של מספר אלמנטים במקביל ללא צורך בביצוע סדרה של מיצויים. הריכוזים בתמיסת המיצוי נקבעו בעזרת מכשיר ICP.

בדיקת המרקם ואופן התפלגות גודל הגרגר בקרקע, בוצעה בעזרת מכשיר MASTERSIZER (v3.5-3000/MV,) (Malvern, England). תכולת הגיר נקבעה בעזרת מכשיר קלצימטר ואילו המוליכות ההידראולית ברוויה במכשיר Ksat (Decagon Devices, USA).

תוצאות:

טבלה 4: סיכום ערכי הפרמטרים הכימיים והפיזיקליים שנמדדו בקרקע בחלקות הביקורת והשנטוע. הערכים

בטבלה הם ממוצע כלל האופקים שנדגמו, בסוגריים-שגיאות תקן. עמודת ה-p, מציגה את ערך המוהקות שהתקבל במבחן T למדגמים בלתי תלויים ואשר בחן את ההבדל בין הטיפולים (תאים בצבע מעידים על ערכים נמוכים מ-0.05).

מלכיה- י"א			מלכיה- בית המכס			ברעם				
p	שנטוע	מחזור	p	שנטוע	מחזור	p	שנטוע	מחזור	יחידות	משתנה
0.02	7.63 (0.07)	7.86 (0.09)	0.25	7.71 (0.11)	7.85 (0.06)	0.06	7.44 (0.14)	7.7 (0.12)		pH
0.3	377.8 (23.27)	334.8 (37.31)	0.99	1095(474)	933.4 (410.0)	0.44	2018 (583)	2508 (944)	μS/cm	EC
0.79	0.01 (0)	0.01 (0)	0.9	0.16 (0.09)	0.15 (0.09)	0.68	0.42 (0.25)	0.2 (0.12)	mg/kg	P (water)
0.65	3.96 (0.5)	4.64 (0.88)	0.88	12.94 (5.35)	12.45 (5.77)	0.91	30.64 (12.14)	23.12 (8.74)		Mg (water)
0.13	36.11 (5.2)	27.32 (3.08)	0.98	78.6 (32.1)	69.2 (29.1)	0.87	236.6 (65.06)	206.1 (65.9)		Ca (water)
0.05	6.06 (0.72)	7.71 (0.4)	0.69	15.82 (3.92)	12.34 (3.3)	0.75	48.66 (17.05)	32.76 (8.81)		Na (water)
0.71	2.94 (0.92)	3.02 (1.19)	0.58	10.12 (5.35)	6.46 (2.33)	0.89	25.53 (13.23)	18.9 (8.72)		K (water)
0.76	1.24 (0.3)	1.4 (0.2)	0.92	6.03 (2.25)	5.11 (1.89)	0.78	7.07 (3.03)	4.5 (2.12)		P (Haney)
0.15	1280 (194)	755.54 (96.19)	0.43	358.2 (127.4)	1072 (165.5)	0.33	3144.39 (177.39)	2975 (357)		Ca (Haney)
0.13	407.4 (14.7)	367.41 (14.94)	0.75	327.8 (24.3)	342.3 (18.1)	0.58	229.61 (24.18)	246.5 (30.8)		Al (Haney)
0.84	47.46 (13.9)	51.78 (16.68)	0.99	132.5 (57.7)	122.5 (45.5)	0.72	368.08 (191.86)	198.7 (96.5)		K (Haney)
0.75	47.53 (1.42)	48.62 (3.19)	0.82	46.35 (7.04)	44.95 (2.45)	0.13	28.78 (3.22)	24.91 (2.27)		Fe (Haney)
0.12	149.8 (16.23)	191.79 (21.33)	0.65	64.58 (58.18)	279.3 (14.5)					Mg (Haney)
0.01	36.29 (1.93)	47.2 (3.86)	0.31	63.18 (5.76)	52.4 (4.5)	0.86	228.0 (116.6)	156.6 (50.1)		Na (Haney)
			0.97	3.32 (1.37)	3.4 (1.28)	0.64	1.73 (0.51)	1.29 (0.37)		Zn (Haney)
0	1.94 (0.03)	2.12 (0.04)	0.52	2.06 (0.06)	2.11 (0.04)	0.35	2.07 (0.06)	2 (0.04)	gr/cm3	Bulk Density
0.07	17.91 (1.65)	13.54 (1.44)	0.18	14.55 (1.64)	11.29 (1.32)	0.42	14.37 (1.51)	14.86 (1.09)	%	Water Content
0	9.92 (0.33)	12.28 (0.46)	0.87	10.67 (0.76)	11.19 (0.76)	0.9	12.76 (1.04)	12.26 (0.68)		O.M
			0.89	0.13 (0.06)	0.07 (0.03)	0.75	3.69 (0.56)	2.27 (0.58)		CaCO3
0.04	7.91 (1.16)	11.84 (1.59)	0.48	11.22 (1.27)	10.61 (1.48)	0.34	14.7 (3.15)	10.99 (3.45)		Sand
0	65.94 (3.18)	80.29 (2.63)	0.18	76.51 (3.35)	72.16 (4.2)	0.88	57.8 (3.43)	60.07 (4.94)		Silt
0	26.14 (3.52)	7.87 (3.02)	0.14	12.15 (3.74)	17.24 (4.78)	0.63	27.26 (5)	28.62 (5.52)		Clay
0.03	31.4 (5.38)	15.46 (3.37)	0.75	35.5 (5.58)	34.1 (8.56)	0.83	51.63 (10.61)	43.88 (7.47)	cm/day	K sat

בדומה לתוצאות שדווחו בדו"ח השנה הראשונה, השלמת בדיקות הקרקע והערכים שהתקבלו (טבלה 3 ואיורים 1-6, בנספח 1) מעידים בד"כ על היעדר הבדל סטטיסטי מובהק בין חלקות השנטוע לחלקות הביקורת, זאת למרות שבבחינת חלק מהערכים ניתן לזהות מגמות. ערך ההגבה (pH) מראה בשלושת החלקות שנבדקו על ערכים נמוכים בחלקות השנטוע (7.4, 7.7, ו-7.6 בחלקות רמת יעלים, בית המכס ו"א) ביחס לחלקות הביקורת (7.7, 7.9, 7.9, בהתאמה), יחד עם זה הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) נמצאו רק בחלקה י"א במלכיה. חוסר אחידות במגמות בין חלקות השנטוע והביקורת, נמצא בשטחי המטע השונים ובפרופיל הקרקע (איורים 1-6, נספח 1). לדוגמה, ניתן לבחון את ההבדלים בערכי המוליכות החשמלית (EC) בשנטוע ובביקורת, באופק Bt המציין את שכבת הקרקע העמוקה יותר (מעל 20 ס"מ). נמצא כי ערכי המוליכות החשמלית ברמת יעלים ובבית המכס, נמוכים בחלקות השנטוע בהשוואה לחלקות הביקורת, לעומת זאת בחלקה י"א התקבלה מגמה הפוכה, כאשר הערכים בחלקת השנטוע גבוהים יותר. מגמות שונות אלה עשויות לנבוע משונות מובנית בין הקרקעות בשטחי המטעים וכן מממשק עיבוד שונה (רמת דיסון, תזמון ביחס לדיגום, השקיה וכו'...). העשוי להשפיע בין היתר על תכולת יסודות ההזנה. הבדלים מובהקים נמצאו בחלקה י"א בה חלקת השנטוע ממוקמת בסמוך אך בנפרד מחלקת הביקורת. במקום זה נמצאו הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) במספר מאפייני קרקע שיכולים להעיד על הבדלים שמקורם בקרקע עצמה. בהקשר זה ניתן לציין את ההבדלים במרקם, הצפיפות הנפחית, המוליכות ההידרולית ברוויה (Ksat) ותכולת החומר האורגני. בשטח זה נמצאו הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) בכל אחד מהמשתנים.

דין

בחינת הכנות השונות לעמידות למחלת השנטוע: חלקת הניסוי, הכוללת 14 כנות, כוללת כנות מסדרת ג'נבה (GC), כנות מסדרת Molling-Morton (MM), וכנות מסדרת NY שפותחו בנוה-יער, שנמצאו עמידות למחלת השנטוע/חזקות במיוחד בבחינה באתרים בהן הן פותחו. בנוסף, עמידות הכנות נבחנת בניסוי בקרקע מנותקת.

חלקת הניסוי מתפתחת יפה, כפי שניתן ללמוד מהשינוי בקוטר הגזע (מדידת ספטמבר 2018-מדידת אפר, טבלה 1) בכנות השונות. הפגיעה בכנות השונות בעוצמת הצימוח בקרקע שנטוע, ביחס לקרקע ביקורת, ניכרת. כך, בקרקע השנטוע, השינוי בקוטר הגזע הממוצע בכלל הכנות היה 72% ביחס לקרקע הביקורת, וגובה העץ עמד על 66% ביחס לעצים שגדלו בקרקע הביקורת. השפעת קרקע השנטוע על אותם מדדי גידול בקרקע מנותקת הייתה פחותה בהרבה (יחס שנטוע/ביקורת במדד השינוי בקוטר הגזע היה 92%, ו-97% בגובה העץ) וברובה לא מובהקת סטטיסטית. ייתכן שהסיבה לכך היא שהקרקע לניסוי זה נאספה מכלל שטח החלקה, ולא מבורות השתילה עצמם, בהם צפויה מחלת השנטוע להתבטא בעוצמה רבה יותר.

התוצאות הראשוניות שבידינו מרמזות לפוטנציאל לעמידות למחלת השנטוע בקרב מספר כנות: בשלוש כנות, NY289, CG202, ו-CG41, נמצאה השפעה פחותה של קרקע השנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 80%, 84%, 93%, בהתאמה, של שינוי קוטר הגזע. ראוי לציון כנה NY382, שבה השינוי בקוטר הגזע בקרקע השנטוע ובקרקע הביקורת זהים. חשוב לציין שהמדד הרלוונטי למגדלים הינו רמת היבול, ונתוני יבול ראשוניים יתקבלו בשנת 2020.

עוצמת הצימוח בצמדי (שנטוע וביקורת) חלקות תאומות: מדדי צימוח שונים נאספו בצמדי החלקות (שנטוע וביקורת) הצעירות, שאותו לצורך המחקר שמטרתו איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע. בדומה לשנה א' של התכנית, גם בשנה ב', בכל החלקות התאומות, נמצא שהעצים בחלקת הביקורת גבוהים ובעלי קוטר גזע גדול יותר, ואורך ענפונים חדשים כולל גבוה יותר, והיבול כבד יותר (בשתיים משלושת צמדי החלקות) יחסית לעצים בחלקות השנטוע. תוצאת אלה ממחישות את הפגיעה בעצמת הצימוח כתוצאה מתופעת השנטוע. תוצאות דומות נמצאו במחקר קודם, בו נבחנו, בתנאי מטע, כנות מטיפוסי חשבי שונים, ונמצאה ירידה במדדי צימוח ויבול שונים בחלקת השנטוע יחסית לחלקת הביקורת.

אפיון המרכיבים הכימיים והפיזיקליים בקרקעות של צמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות, לצורך איתור גורמים אביוטים המעורבים בתופעת השנטוע בתפוח:

בשנה ב' של המחקר הושלם אפיון המרכיבים הכימיים והפיזיקליים בצמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות. במסגרת המחקר נדגמו 13 חתכי קרקע כשמכל אחד מהם נלקחו דוגמאות מ-2-3 אופקים. הקרקעות עברו אפיון למגוון פרמטרים שכללו בין היתר רמות מליחות, pH, זרחן, אשלגן, ברזל, סידן, צפיפות גושת, מוליכות ברוויה, ומרקם. מטרת הדיגום הייתה לאפיין את הקרקעות של צמדי החלקות, ולאתר גורמים אביוטים בקרקע הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע. לסיכום הממצאים הקרקעיים אשר התקבלו בחלקות הביקורת והשנטוע, ניתן לומר שלמעט ערך ההגבה בשכבת הקרקע העמוקה (Bt), לא ניתן להצביע על גורם קרקעי יחיד או שילוב של גורמים מתוך אלו שנבדקו, אשר להם קשר מובהק עם מחלת השנטוע. ערך ההגבה מראה כי באופק Bt, הערכים היו נמוכים בחלקות השנטוע בהשוואה לחלקות הביקורת, דבר שעשוי לנבוע מהבדלים בפעילות המיקרוביאלית בקרקע.

איתור גורמים פתוגנים המעורבים בתופעת השנטוע בתפוח:

אפיון הפתוגנים שוכני הקרקע פוזריום ופיתיום בצמדי (שנטוע ומחזור) החלקות התאומות בשנה א' של המחקר העלה כי קיימים בשטח מספר פתוגנים ג'נרליסטים משניים אשר מעורבים בהחלשת עצי התפוח, ביניהם

Fusarium solani. ניסויי האילוח ודיגומי הקרקע, אשר בוצעו בחוות מתתיהו, לא שללו את מעורבות הפתוגן

Fusarium solani כחלק מהקומפלקס אשר גורם למחלה. אמנם לא נצפתה מובהקות בניסוי אך הפחתה של 15%

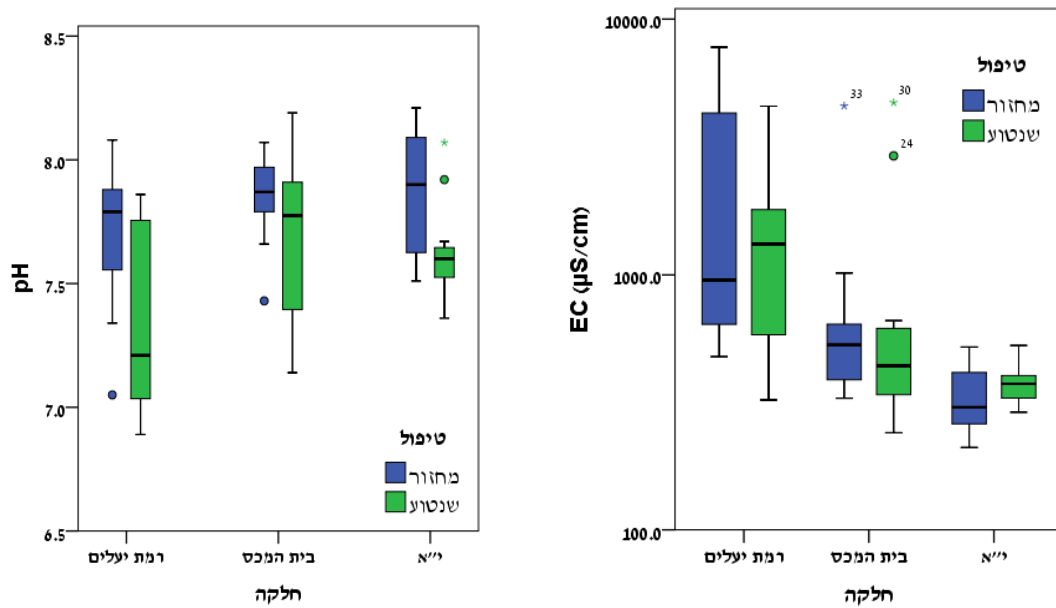
בקוטר הגזע וקיום ריכוז אוכלוסייה גבוהה פי 18 בקרקע מחלקת השנטוע מעלים את ההשערה כי אי המובהקות נובעת ממספר חזרות נמוך, ולכן כדאי להמשיך לעקוב אחרי הצמחים ובנוסף לבצע ניסוי אילוח נוסף בשנה הבאה עם תבדיד הפוזריום S2. לרוב *F. solani* נחשב פתוגן חלש אשר במקרים רבים איננו מחולל המחלה המרכזי אלא מתלווה לפתוגנים דומיננטיים יותר ולכן קשה להניח כי הוא גורם יחיד. אם זאת ייתכן ויוכל לשמש בעתיד כאינדיקטור לתופעת השינטוע בניסויים עתידיים או להערכת עמידות הכנות. ניסיון לבצע שימוש בביו-פחם מגזם כפות תמרים לא הפחית את נזקי תופעת השינטוע. ייתכן ששימוש בביו-פחם המכיל מלחים רבים איננו אופטימלי ביישום בעצי תפוח וייתכן כי ביו-פחם עם תכולת מלחים נמוכה יותר תראה תוצאות טובות יותר כפי שנצפה השנה האחרונה בניסויים בירקות בחממה.

רשימת מקורות

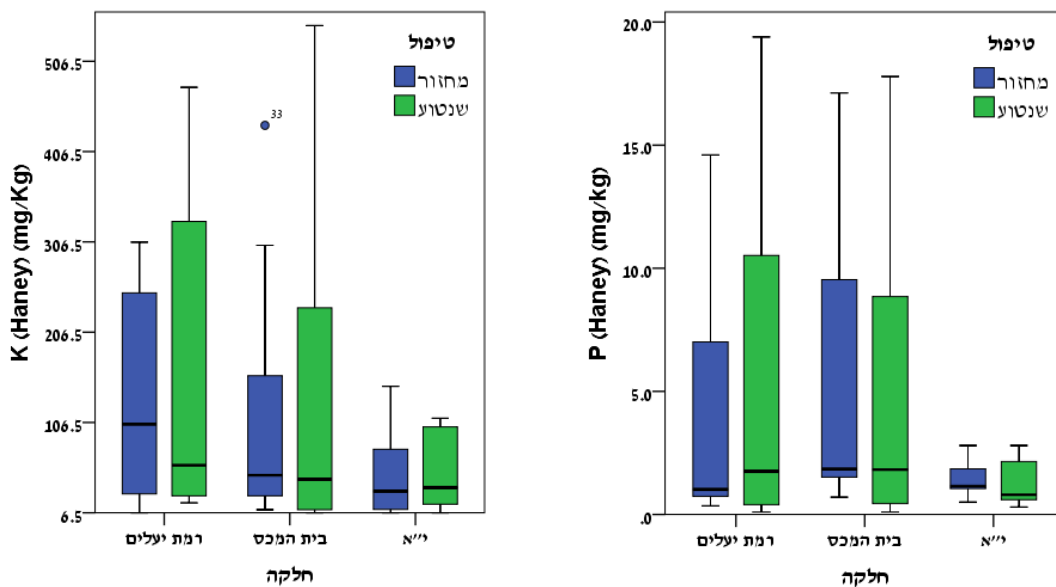
- גור א, כהן י, לוצטי י, וברקאי צ (1991): חיטוי הקרקע לפני הנטיעה בשנטוע אפרסקים ותפוחים. עלון הנוטע 45: 605-614.
- דורון י, משה א, מאירי ב (2007): שנטוע תפוח-מנרה סיכום שנת 2007. ספריית מו"פ צפון-נשירים-תפוח.
- Brown G, Schimansky L, and Jennings D. (2004): Combat replant disease without methyl bromide. Tree Fruit. May: 20-21.
- Fazio H, Aldwinckle T, and Robinson T: Concepts of Apple Rootstock Breeding and Selection: A Journey Through the Development of New Apple Rootstocks.
- Felipe AJ, Gómez-Aparisi J, Socías R and Carrera M (1997): The almond x peach hybrid rootstocks breeding program at Zaragoza (Spain). Acta Hort. 451: 259–262.
- Gur A, Cohen, Y, Katan J, & Barkai, Z (1991): Preplant application of soil fumigants and solarization for treating replant diseases of peaches and apples. Scientia Horticulturae. 45: 215-224.
- Isutsa D & Merwin I (2000): Malus germplasm varies in resistance or tolerance to apple replant disease in a mixture of New York orchard soils. HortScience 35:262–268.
- Jaffee BA, Abawi GS, and Mai WF (1982): Role of soil microflora and *Pratylenchus penetrans* in an apple replant disease. Phytopathology 72: 247-251.
- Leinfelder MM & Merwin IA (2006): Rootstock Selection, Preplant Soil Treatments, and Tree Planting Positions as Factors in Managing Apple Replant Disease. HortScience 41: 394–401.
- Mazzola M (1998): Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of apple replant disease in Washington. Phytopathology 88: 930–38.
- Mazzola M & Munici LM (2012): Apple Replant Disease: Role of Microbial Ecology in Cause and Control. Annu Rev Phytopathol. 50: 45-65.
- Munici LM, Ciavata C, Keldere M. and Erschbaumer G (2003): Replant problems in South Tyrol: role of fungal pathogens and microbial population in conventional and organic apple orchards. Plant and Soil. 256: 315-324.
- Traquair JA (1984): Etiology and control of orchard replant problems: A review. Can. J. Plant Pathol. 6:54-62.
- Szabo K (2000): Contributions to the mechanisms of specific replant diseases of Rosacea. Pflanzenschutzberichte. 59: 11-20.

- Utkede RS & Smith EM (2000): Impact of chemical, biological and cultural treatments on the growth and yield of apple in replant disease soil. *Australian Plant Pathology*, 29: 129-136
- Westcott SW, Beer SV and Israel, HW (1987): Interactions between actinomycete-like organisms and young apple roots grown in soil conducive to apple replant disease. *Phytopathology* 77:1071-1077.
- Willett M, Smith TJ, Peterson AB, Hinman H, Stevens RG, Ley T, Tvergyak P, Williams KM, Maib K M and Watson JW (1994): Growing profitable apple orchards in replant sites: An interdisciplinary team approach in Washington state. *HortTechnology* 4: 175-1

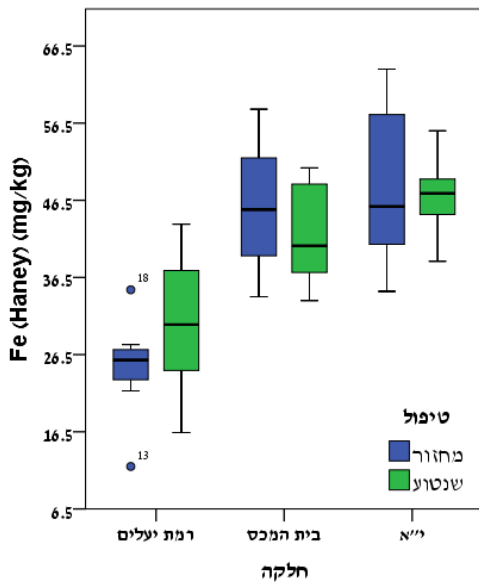
נספח 1: גרפים מאפייני קרקע נבחרים:



איור 1: השוואת ערכי המוליכות החשמלית (EC) ו-pH, בין חלקות הגידול השונות ובין הטיפולים.

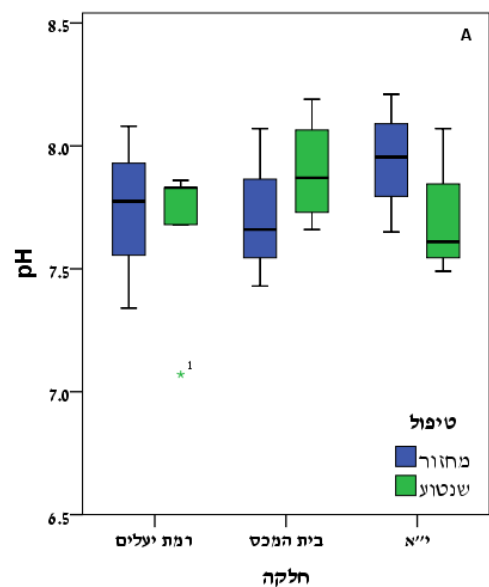
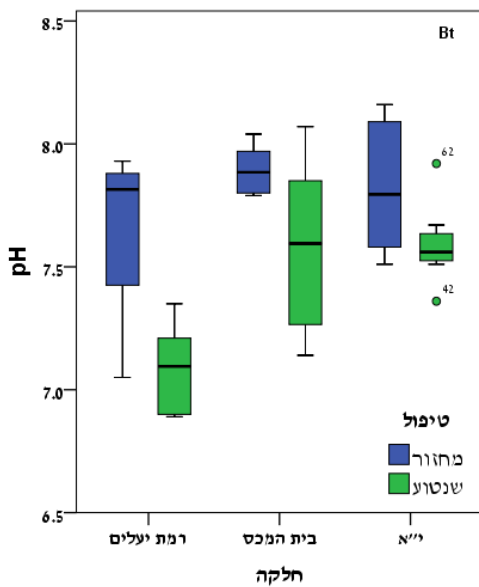


איור 2: השוואת ערכי האשלגן והזרחן במיצוי Haney, בין חלקות הגידול השונות ובין הטיפולים. באף אחד מהפרמיטרים לא ניתן להצביע על הבדלים מובהקים בין חלקות הביקורת והשנטוע.

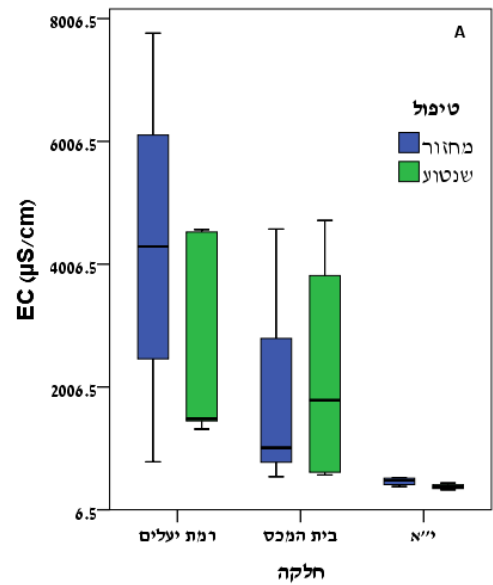
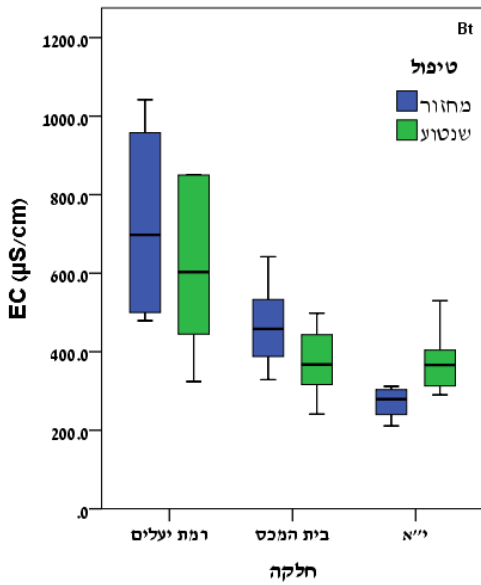


איור 3: ערכי הברזל במיצוי Haney, בחלקות הגידול השונות בחלקות הביקורת והשנטוע. למרות שבתוך החלקות לא ניתן לזהות הבדלים, ניתן לראות כי ברמת יעלים (ברעם), תכולת הברזל נמוכה בהשוואה לחלקות מלכיה (בית המכס ו-י"א).

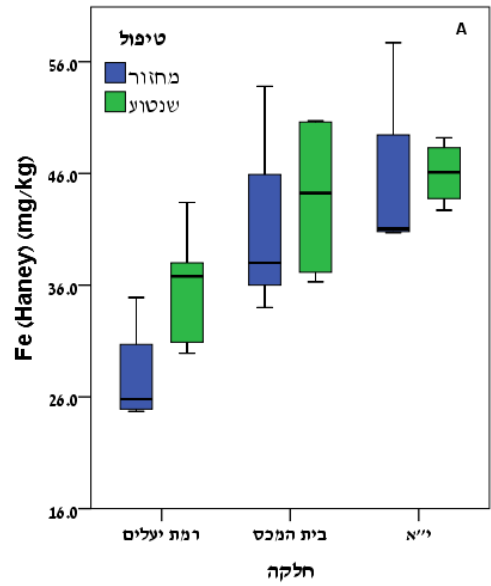
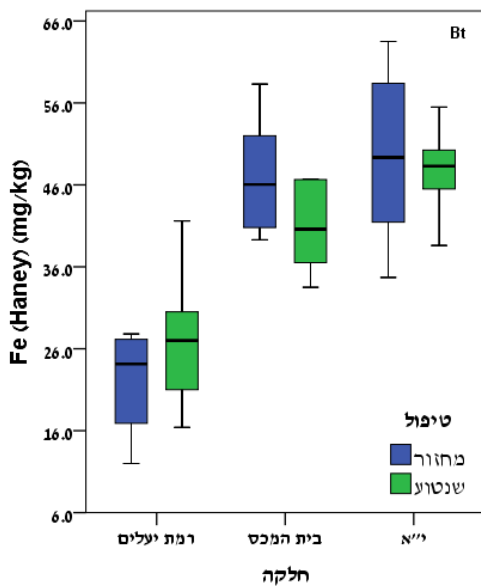
התייחסות למאפייני הקרקע לאחר הפרדה בהתאם לאופקי הקרקע:



איור 4: השוואת ערך ההגבה (pH) בין חלקות הגידול השונות ובין הטיפולים. האיור מימין מציג את הערכים בשכבת הקרקע העליונה (אופק A) ואילו האיור משמאל מציג את הערכים בשכבות העמוקות יותר. באיור ניתן לזהות מגמות בערך ההגבה כאשר באופק B ערכי ההגבה היו גבוהים בחלקות הביקורת ביחס לחלקות השנטוע. בשכבת הקרקע העליונה (A), המגמות לא היו אחידות.



איור 5: השוואת ערכי המוליכות החשמלית בין חלקות הגידול השונות ובין הטיפולים. מימין אופק A ובשמאל אופק Bt, העמוק יותר. למרות שנראה שקיימים הבדלים בין הערכים בחלקות בביקורת והשנטוע, הבדלים אלה לא היו מובהקים מבחינה סטטיסטית.



איור 6: השוואת תכולת הברזל בקרקע בין חלקות הגידול השונות ובין הטיפולים. מימין אופק A ובשמאל אופק Bt, העמוק יותר. הבדלים משמעותיים התקבלו בין חלקות הגידול אך לא התקבלו הבדלים מובהקים בתוך החלקות, למעט באופק A ברמת יעלים, שם נמצא כי תכולת הברזל בחלקות השנטוע, גבוהה באופן מובהק בהשוואה לחלקות הביקורת ($p < 0.05$).