

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר**

**לקרן המדען הראשי**

קוד זיהוי		א. נושא המחקר (בעברית)	
21-11-0003		איתור כנות תפוח עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, וזיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה	
ב. צוות החוקרים		ג. כללי	
שם פרטי	שם משפחה	מוסד מחקר של החוקר הראשי	
חוקר ראשי	גלפז	מיגל-מו"פ צפון	
חוקרים משניים		תאריכים	
1	עומר פרנקל	סוג הדו"ח	
2	מרי ילין דפני	שנתי	
3	דורון הולנד	שנת המחקר:	
4	אורן רייכמן	1/3 סה"כ שנים	
תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	תקופת המחקר עבודה מוגש הדו"ח	התחלה	סיום
שנה חודש	שנה חודש	שנה חודש	שנה חודש
10/2017	07.2017	08.2016	

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תקצוב הדו"ח
		בשקלים
קרן המדען הראשי		85,000
ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתובת דיווחים		
<p><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.</p> <p><u>מטרות המחקר:</u> 1. בחינה של כנות תפוח לעמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, 2. זיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה.</p>		

שיטות עבודה: מבחן השוואתי (צימוח ויבול), בחלקת מחזור ושנטוע, של מגוון כנות תפוח בעלות פוטנציאל לעמידות לתופעת השנטוע, שימוש בצמדי חלקות (שנטוע ומחזור) לצורך איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון: חלקת מבחן לבחינת כנות עמידות לשנטוע ניטעה בנובמבר 2016, בניסוי בתנאים מבוקרים נצפית מגמה של עמידות לשנטוע של חלק מכנות ג'נבה, באנליזת קרקע מצמדי חלקות (שנטוע ומחזור) טרם נמצאו גורמים ביוטיים או אביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע.

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
תאריך	רשות	אמרכלות	מנהל	מנהל	
(שנה) (חודש)	המחקר	(רשות)	המכון	המחלקה	
(יום)		(המחקר)	(פקולטה)		

**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:** צמח נסיונות ומו"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, סולימאן פארכת, 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 .....
8	דיון .....
9	ביבליוגרפיה.....
11	סיכום עם שאלות מנחות .....

**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), בחלקת מחזור ושנטוע, של מגוון כנות תפוח בעלות פוטנציאל לעמידות לתופעת השנטוע, שימוש בצמדי חלקות (שנטוע ומחזור) לצורך איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה.

**תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון:** חלקת מבחן לבחינת כנות עמידות לשנטוע ניטעה בנובמבר 2016, בניסוי בתנאים מבוקרים נצפית מגמה של עמידות לשנטוע של חלק מכנות ג'נבה, באנליזת קרקע מצמדי חלקות (שנטוע ומחזור) טרם נמצאו גורמים ביוטים או אביוטים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע.

**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 רעלנים 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 ייסרקו 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 MM104, MM109, MM111, MM116, ממדרת 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 spy ו-MM.106), 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 מחזור) 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 א':

1. נטיעת ניסויי בחינת הכנות, בתנאי מטע ובתנאים מבוקרים. (2) שימוש בצמדי חלקות (שנטוע ומחזור) לצורך איתור גורמים אביוטים וביוטטים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע בארץ.

## פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

### חלק א': ניסוי בתנאי מטע ובתנאים מבוקרים של מבחר כנות לעמידות לשנטוע

ניסוי בתנאי מטע: שתילי הכנות MM116, MM 111, MM 109, MM 104, CG11, CG41, CG202, CG935, והכנה המשקית חשבי 4-13 רובו באמצעות הברכות קרקע, והורכבו בזן סמוטי. בנובמבר 2016 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 ומחזור), במבנה של בלוקים באקראי, מרווחי שתילה של 4 X 1.5 מטר, צפיפות של 166 עצים לדונם, עיצוב ציר. הכנות ניטעו בשני עומקי שתילה: (1) ההרכבה 10 ס"מ מתחת לפני הקרקע, (2) ההרכבה 10 ס"מ מעל פני הקרקע, משום שלעיתים לעומק השתילה ישנה השפעה על חוזק הכנה, בעיקר בכנות עם "דם" של כנה M9 שהיא כנה חלשה יחסית, ושימשה כהורה לחלקת מהכנות מסדרת ג'נבה. עצים מפרים מהזן סקרלט ספר ניטעו בשורות הניסוי, ביחס של 1:6 (כנות נבחנות : 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. היקף הגזע, בגובה 10 ס"מ מעל ההרכבה, נמדד בכל אחד מהעצים, לפני הנטיעה (מדידת אפס). איסוף נתוני הצימוח בשנה הראשונה של הגידול ייעשה בסוף עונת הגידול, בנובמבר 2017, כמקובל במחקר בתפוח. שתילי הכנות NY35, NY51, NY67, NY125, NY298, NY382, וחשבי 4-13 הורכבו בזן סמוטי במהלך אביב 2017, וניטעו בפעימה שנייה, בנובמבר 2017, במתכונת זהה לזו של הפעימה הראשונה, בשטחי חלקות המחזור והשנטוע שמשמשות לניסוי.

ניסוי בתנאים מבוקרים: לצורך הניסוי, מולאו מכלים בנפח של 200 ליטר בקרקע שנאספה מחלקות השנטוע והמחזור שמשמשות לניסוי בתנאי מטע. איסוף הקרקע (עומק 0-30 ס"מ) נעשה בעזרת שופל מכלל שטח החלקות, לאחר עיבודי הקרקע ולפני הנטיעה, ולא מבורות השתילה עצמם. 5 שתילים מורכבים מכל אחת מהכנות הנבחנות ניטעו בנובמבר 2016 בכל אחד מסוגי הקרקע. המכלים פוזרו באקראי בבית הרשת בחוות מתתיהו, בסמוך לחלקת הניסוי. מדדי הצימוח הבאים נאספו בספטמבר 2017, 10 חודשים לאחר הנטיעה: היקף הגזע, גובה העץ, מספר ענפונים כולל, ושיעור התרחבות הגזע (היקף גזע מדידת ספטבר-היקף גזע מדידת 0/100\*).

טבלה 1: מדדי צימוח בכנות השונות, הנטועות בעציצים עם קרקע מחלקות מחזור ושנטוע

כנה	היקף גזע (ס"מ, מדידת אפס)		היקף גזע (ס"מ)		גובה (מ')		מס' ענפונים		שיעור התרחבות הגזע (%)	
	שנטוע	מחזור	P(>F)	שנטוע	מחזור	P(>F)	שנטוע	מחזור	P(>F)	שנטוע
MM104	1.19	1.23	0.314	6.3	7.4	0.04	2.12	2.34	0.1538	70.92
MM109	1.18	1.27	0.251	6.5	7.5	0.013	1.71	2.22	0.004	77.3
MM111	1.24	1.23	0.799	6.5	6.8	0.469	2.2	2.23	0.727	67.2
MM116	1.27	1.26	0.847	6.0	6.5	0.189	2.4	2.325	0.292	51.9
GC202	1.25	1.28	0.587	6.6	6.3	0.495	2.12	2.26	0.492	69.2
GC935	1.26	1.21	0.378	6.2	6.2	0.883	2.37	2.35	0.801	56.0
GC11	1.16	1.20	0.591	5.5	5.5	0.932	2	1.92	0.735	51.6
GC41	-	-	-	6.4	6.8	0.238	2.3	2.4	0.193	-
13-4	1.06	1.27	0.015	6.0	6.9	0.026	2.25	2.26	0.889	78.8

שנה לאחר הנטיעה, ניתן לזהות מגמות ראשוניות: בכנות MM111, MM109, MM104 נמצאה נחיתות ניכרת בעוצמת הצימוח, המתבטאת בירידה בגובה, מספר הענפונים, ושיעור התרחבות הגזע, בקרקע השנטוע לעומת קרקע המחזור. בכנות MM111 ו-GC41 נמצאה נחיתות קלה בקרקעות השנטוע, ואילו בכנות GC11, GC202, GC935 וכנת הביקורת חשבי-13, 4, לא נמצאה נחיתות במרבית המדדים בקרקע השנטוע לעומת קרקע המחזור, תוצאה המרמזת לעמידות של כנות אלה למחלת השנטוע. אם זאת, ראוי לציין ששיעור התרחבות הגזע, בשני סוגי הקרקעות, היה גבוה יותר בכנות MM, לעומת כנות ג'נבה.

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

לצורך המחקר אותרו ארבעה צמדי חלקות תאומות, המורכבות מחלקת שנטוע וחלקת מחזור. החלקות התאומות ממוקמות בצמוד זו לזו, ולכן צפויות להיות בעלות מאפייני קרקע דומים, והן בעלות היסטוריה זהה במחזור הגידולים הנוכחי (טיפולים לפני הנטיעה, תאריך הנטיעה, הזן והכנה (חשבי 4-13), וכו'), ושונות רק בהיסטוריה הגידולית: חלקת שנטוע, או מחזור. צמדי החלקות: (1) מלכיה (בית המכס): שנת נטיעה 2011, הזן: גרני-סמיט. החלק הצפוני של החלקה הוא חלקת שנטוע, החלק הדרומי הוא חלקת מחזור. (2) מלכיה (י"א): שנת נטיעה 2013, הזן: פינק ליידי. החלק הדרומי הוא נטיעת שנטוע, מצפון-חלקת מחזור, על חלקת דבדבן לשעבר. (3) ברעם (רמת יעלים): שנת נטיעה 2013, הזן: גרני-סמיט. צפון החלקה הוא שנטוע, החלק הדרומי הוא חלקת מחזור, 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 המחזור גדלו אפרסקים ב-15 השנים האחרונות. חמישה עצים מייצגים בכל אחת מהחלקות סומנו, מדדי עצמת הצימוח נמדדו, ודגימות לאנליזות ההרכב הכימי והפיזיקלי של הקרקע, ופתוגנים חשודים כמעורבים בתופעה נאספו מתחת לכל אחד מהעצים, כמתואר להלן.

### ב'1: אפיון עוצמת הצימוח בצמדי (שנטוע ומחזור) החלקות התאומות

לצורך אפיון ההבדלים בעצמת הצימוח והיבול בחלקות השנטוע והמחזור, נמדדו באוגוסט 2017 מדדי צימוח שונים. נתוני היבול ייאספו בעת הקטיף, במהלך אוקטובר-נובמבר 2017, ויבאו בדו"ח השנה השנייה.

טבלה 2: מדדי עוצמת הצימוח בחלקות תאומות-שנטוע מול מחזור									
	מלכיה (בית המכס)		מלכיה (י"א)		ברעם (רמת יעלים)				
	שנטוע	מחזור	P(>F)	שנטוע	מחזור	P(>F)	שנטוע	מחזור	
מס ענפונים	0.2406	6.2	6.9	<0.0001	8.7	5.3	0.7472	5.71	5.67
אורך ענפונים (ס"מ)	<0.0001	89.9	166.9	0.0378	60.9	40.3	<0.001	143.7	204.12
היקף גזע (ס"מ)	<0.0001	20.0	28.8	0.0358	13.8	16.1	0.0121	25.41	28.51
גובה עץ (מ')	<0.0001	3.0	3.5	0.2013	2.6	2.8	0.0002	3.57	3.96

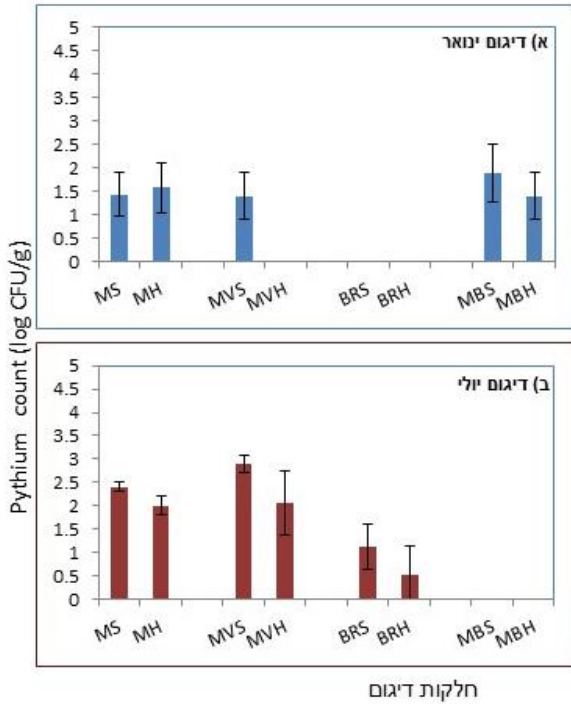
בכל החלקות התאומות, נמצא שהעצים בחלקת המחזור גבוהים ובעלי היקף גזע גדול יותר, ואורך ענפונים כולל גבוה יותר, יחסית לעצים בחלקות השנטוע. יוצאת דופן חלקה י"א במלכיה, בה אורך הענפונים הכולל בעצי השנטוע היה גדול יותר ביחס לעצים בחלקת המחזור. תוצאת אלה ממחישות את הפגיעה בעצמת הצימוח כתוצאה מתופעת השנטוע, ושהחלקות התאומות שנבחרו מתאימות למחקר שמטרתו איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים הנמצאים בקורלציה לתופעת השנטוע (חלקים ב'2 ו-ב'3 בתכנית).

### ב'2: כימות פתוגנים שוכני קרקע מהסוג פוזריום ופיתיום בצמדי (שנטוע ומחזור) החלקות התאומות

בחודשים ינואר ויולי 2017 בוצע דיגום בצמדי החלקות התאומות המשמשות לעבודה בחלק זה של התכנית, שתוארו בפירוט בחלק ב'1. בכל אחד מצמדי החלקה סומנו ארבעה מקבצים של ארבעה עצים מעוכבים (חלקת השנטוע) וארבעה מקבצים של ארבעה עצים ללא סימפטומים של עיכוב בגידול (חלקת המחזור). בכל מקבץ נאספה קרקע מבין שורשי כל העצים ונלקחו גם חתיכות שורש. הדוגמאות נלקחו למעבדה, שם עורבב גרם אדמה ב-10 מ"ל מים סטרילים ובוצעו מיהולים עשורונים

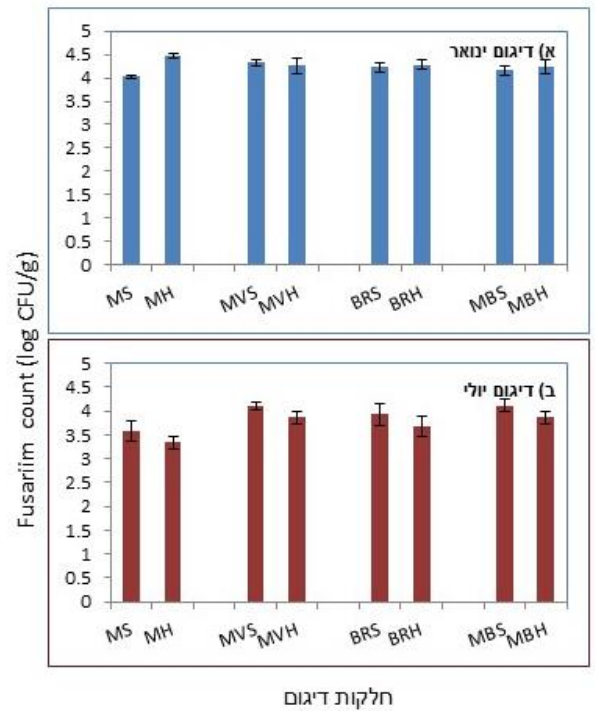
עד  $10^{-4}$ . דוגמאות הקרקע נזרעו על צלחות המכילות מצע Nesh-Snyder שהינו מצע סלקטיבי ל *Fusarium* ועל צלחות Corn Meal Agar שהינן סלקטיביות עבור אאומיצטים מהסוג *Pythium*. כעבור יומים סומנו מושבות הפיתום וכעבור שבוע מושבות הפוזריום. בנוסף בודדו על גבי מצע Potato Dextrose Agar חלקי שורש וזוהו מורפולוגית הפטריות המרכזיות. התבדידים הנפוצים ביותר מבחינה מורפולוגית בודדו כ Single spore ונשלחו לריצוף מולקולרי של הגן EF1 $\alpha$  עבור תבדידי הפוזריום ולרצף ה ITS עבור תבדידי הפיתום ופטריות לא מזוהות.

**איור 2: כימות רמת הפיתום בצמדי החלקות השונים**



איור 2: ספירת אאומיצטים מהסוג *Pythium* מדוגמאות קרקע שנלקחו מחלקות תפוח בעונת החורף (א) והקיץ (ב). הספירה בוצעה על דגימות שנלקחו מבית השורשים בעזרת מצע CMA וכוללות 4 חזרות. קווים אנכיים=שגיאת תקן.

**איור 1: כימות רמת הפוזריום בצמדי החלקות השונים**



איור 1: ספירת פטריות מהסוג *Fusarium* מדוגמאות קרקע שנלקחו מחלקות תפוח בעונת החורף (א) והקיץ (ב). הספירה בוצעה על דגימות שנלקחו מבית השורשים בעזרת מצע Nesh & Snyder וכוללות 4 חזרות. קווים אנכיים=שגיאת תקן.

קודי החלקות: M-חוות מתת-החלקת ניסוי הכנות, MV-מלכיה-י"א, MB-מלכיה בית המכס, B-ברעם-רמת יעלים. כל אחת מ-4 החלקות התאמות חולקה לצמדי חלקות: S-חלקת שנטוע, H-חלקת מחזור.

ככלל, למרות שנמצאו פטריות ואאומיצטים ממינים וסוגים הידועים כמעורבים במחלות שוכנות קרקע, היו ההבדלים בין המקבצים שנלקחו מאזור המחזור והאזור המשונטע בחלקות התאומות לא מובהקים או מובהקים אך נבדלים בפחות מסדר לוגריתמי אחד. עבור הפוזריום נעו ריכוזי הפטריה בין 5,000 ל-10,000 יחידות לגרם קרקע גם בחורף וגם בקיץ (איור 1). שלושה מיני פוזריום נמצאו בקרקע ובשורש הצמחים וכללו *F. solani*, *F. redolence*, ו-*F. avenaceum* אשר הופיעו גם בקיץ וגם בחורף ובמקבצים שנלקחו מאזור המחזור והאזור המשונטע בחלקות התאומות כאחד. אאומיצטים מהסוג פיתום הופיעו באופן ספורדי בחלקות אך נעדרו לחלוטין מחלקות ברעם במהלך החורף ומחלקת מלכיה בית המכס במהלך הקיץ (איור 2). מבין התבדידים הנפוצים בחורף זוהו מולקולרית המין *P. sylvaticum* ובקיץ המין *P. aphanidermatum*. פטריה נוספת שבודדה משורשים חולים בעונת הקיץ הייתה *Macrophomina phaseolina*, אך לא בחודשי החורף.

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

בצמדי החלקות שתוארו בחלק ב'1 של התכנית, באזור שהוגדר לדיגום לצורך אפיון ההרכב המיקרוביאלי (חלק ב'2) והכימי והפיזיקלי, נחפרו בורות 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. סה"כ נפתחו 24 חתכי קרקע ונאספו 63 דוגמאות קרקע.

דוגמאות הקרקע הועברו למעבדה, שם הן יובשו באוויר, נטחנו ונופו 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 בטמפ' של 64°C.

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

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

דוגמאות המים המסוננות עברו אנליזה לזרחן מומס, מגנזיום, סידן ואשלגן בעזרת מכשיר San++ Continuous Flow Analyzer (Skalar Analytical, Netherlands). מדידת האשלגן והנתרן בוצעה

ב- flamephotometer (model 420, Sherwood).

תכולת האשלגן, הסידן, החמרן, הברזל והאבץ נקבעה גם במיצוי Haney. 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 (Malvern, ) v3.5-3000/MV, (England). תכולת הגיר נקבעה בעזרת מכשיר קלצימטר ואילו המוליכות ההידראולית ברוויה במכשיר Ksat (Decagon Devices, USA).

טבלה 3: סיכום ערכי הפרמטרים הכימיים והפיזיקליים שנמדדו בחלקות המחזור והשנטוע. הערכים בטבלה הם

ממוצע כלל האופקים שנדגמו. בסוגריים-שגיאות תקן.

משתנה	יחידות	ברעם			מלכיה- בית המכס		
		מחזור	שנטוע	p	מחזור	שנטוע	p
pH		7.70 (0.12)	7.35 (0.12)	0.05	7.85 (0.06)	7.56 (0.13)	0.08
EC	μS/cm	2508 (944)	1669 (461)	0.44	1271 (668)	1552 (754)	0.79
P (water)	mg/kg	0.2 (0.12)	0.29 (0.16)	0.68	0.17 (0.12)	0.29 (0.17)	0.58
Mg (water)		0.27 (0.12)	0.35 (0.18)	0.75	0.19 (0.13)	0.19 (0.11)	1
Ca (water)		0.56 (0.19)	0.57 (0.19)	0.99	0.26 (0.14)	0.3 (0.15)	0.84
Na (water)		32.8 (8.8)	38.1 (11.6)	0.75	15.4 (5.3)	20.3 (6.0)	0.55
K (water)		18.9 (8.7)	20.8 (8.7)	0.89	5.2 (2.6)	13.5 (8.8)	0.38
Ca (Haney)		297 (35.8)	262 (29.9)	0.47	99 (13.6)	95 (17.7)	0.86
Al (Haney)		24.7 (3.1)	26.4 (2.7)	0.68	33.4 (2.9)	29.3 (2.0)	0.28
K (Haney)		19.9 (9.7)	28.8 (14.4)	0.64	11.5 (6.8)	16.6 (9.2)	0.67
Fe (Haney)		2.49 (0.23)	3.05 (0.27)	0.15	4.45 (0.38)	3.69 (0.12)	0.1
Zn (Haney)		0.13 (0.04)	0.16 (0.04)	0.58	0.34 (0.13)	0.33 (0.14)	0.97
Bulk Density	gr/cm3	2.00 (0.04)	2.07 (0.05)	0.3	2.11 (0.03)	2.00 (0.03)	0.01
Water Content	%	14.8 (1.1)	15.1 (1.3)	0.9	12.6 (0.96)	15.8 (1.1)	0.03
O.M		12.3 (0.7)	12.1 (0.8)	0.9	9.9 (0.6)	9.5 (0.9)	0.77
CaCO3		2.27 (0.58)	2.89 (0.58)	0.47	0.18 (0.04)	0.24 (0.09)	0.57
Sand		11.0 (3.5)	15.2 (2.7)	0.34	9.5 (2.1)	11.3 (1.9)	0.54
Silt		60.1 (4.9)	59.3 (2.7)	0.88	64.1 (4.4)	72.5 (4.6)	0.21
Clay		28.6 (5.5)	25.34 (4.1)	0.63	26.4 (5.1)	16.1 (5.5)	0.2
Ksat		cm/day	43.9 (7.5)	50 (9.5)	0.63	48.3 (10.9)	41.7 (5.6)



בחלק מהמשתנים נצפו הבדלים בערכים שהתקבלו בחלקות השנטוע ובחלקות המחזור, אך ללא מובהקות סטטיסטית ולעיתים המגמות בשטחי ברעם שונות מהמגמות שניצפו במלכיה, כך שבהסתכלות כוללת מקבלים מצב של פיזור רחב והיעדר מגמה. דוגמא למגמה זו ניתן לראות בערכי המוליכות החשמלית (EC) שהתקבלה בעיסה הרוויה (נספח 1, איור 1): באופק העליון של הקרקע (אופק A) לא ניתן להצביע על מגמה ברורה בערכי המוליכות ואילו בעומק ניתן לראות כי הערכים בדוגמאות השנטוע נמוכים בהשוואה לדוגמאות המחזור. הבדלים אלה, למרות שהם נראים לעיין, הם חסרי מובהקות ולכן יתכן ומקורם באקראיות של פיזור הערכים. הבדלים מובהקים התקבלו בבדיקת ה-pH והברזל (נספח 1, איורים 2 ו-3). ערכי ההגבה בשכבת הקרקע העליונה היו דומים תחת המחזור והשנטוע, לעומת זאת בשכבות התחתונות נמצא כי בברעם ערך ה-pH נמוך בשנטוע ביחס למחזור (7.1 בהשוואה ל 7.7). במלכיה המגמה הייתה דומה (7.5 בשנטוע ו-7.8 במחזור), אם כי באתר זה ההבדלים לא נמצאו מובהקים. בתכולת הברזל התקבלו מגמות מובהקות אך הפוכות בכיוון. בשכבה העליונה בברעם תכולת הברזל הייתה גבוהה בחלקות השנטוע בהשוואה לחלקות המחזור ואילו בשכבות התחתונות במלכיה המצב היה הפוך כאשר תכולת הברזל נמוכה בחלקות השנטוע בהשוואה לחלקות המחזור.

## דין

בחינת כנות עמידות לשנטוע: חלקת הניסוי, הכוללת 8 כנות שנמצאו עמידות למחלת השנטוע/ חזקות במיוחד בארצות המקור שלהן, מסדרת ג'נבה (GC), וכנות מסדרת Molling-Morton (MM), ניטעה בנובמבר 2017. איסוף נתונים שונים הנוגעים למדדי הצימוח בשנה הראשונה לאחר הנטיעה יבוצע בנובמבר 2017, כמקובל בתפוח, ויפורסם בדו"ח שנה ב'. ניסוי בתנאים מבוקרים (נטיעת סט הכנות ששימש לניסוי בתנאי מטע במכלים המכילים 200 ליטר של קרקע שנלקחה מחלקות השנטוע והמחזור) ניטע גם הוא בנובמבר 2017, ונתוני צימוח ראשונים נאספו בספטמבר 2017. ניתן לזהות מגמה, לפיה כנות מסדרת MM רגישות לתנאי השנטוע, שבה לידי ביטוי בירידה משמעותית במדדי הצימוח השונים בקרקע השנטוע לעומת קרקע המחזור, והכנות GC11, GC202, ו-GC935 והכנה המשקית חשבי 4-13, הראו עמידות יחסית, שהתבטאה בביצועים דומים בקרקע השנטוע ובקרקע המחזור.

עוצמת הצימוח בצמדי (שנטוע ומחזור) חלקות תאומות: מדדי צימוח שונים נאספו בצמדי החלקות (שנטוע ומחזור) הצעירות, שאותרו לצורך המחקר שמטרתו איתור גורמים ביוטיים וא-ביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע. בכל החלקות התאומות, נמצא שהעצים בחלקת המחזור גבוהים ובעלי היקף גזע גדול יותר, ואורך ענפונים כולל גבוה יותר, 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 המחזור.

נתוני היבול ייאספו בחלקות השונות בעת הקטיף, במהלך סוף אוקטובר-נובמבר 2017, ויובאו בדו"ח השנה השנייה. כימות פתוגנים שוכני קרקע מהסוג פוזריום ופיתיום בצמדי (שנטוע ומחזור) החלקות התאומות: מתוצאות כימות הפתוגנים בקרקע נראה כי קיימים בשטח מספר פתוגנים ג'נרליסטים משניים אשר מעורבים בהחלשת עצי התפוח. לא זוהה פתוגן מרכזי אחד אשר חשוד כגורם התופעה בשטח וגם לא נצפו הבדלים גדולים בריכוז הפוזריום והפיתיום הכללי באזור בית השורשים. ניתן לשער כי הרכב המינים הספציפי בתוך קומפלקס הפתוגנים הוא אחד הגורמים לתופעה אך הספירה הכללית איננה כלי יעיל לבצוע הקורלציה לקיום המחלה. ייתכן ובשנה השנייה לתוכנית יהיה כדאי לבצע מבחני קור של הפתוגנים שנמצאו בשורשים ובקרקע, כגון *M. phaseolina* ו *F. redolens*. העובדה כי במקבצים נגועים לא זוהו תבדידי פיתיום מעלה את ההשערה כי מעורבותו מוגבלת בגרימת מחלת השנטוע בצפון.

אפיון המרכיבים הכימיים והפיזיקליים בצמדי (שנטוע ומחזור) החלקות התאומות: במסגרת השלב הראשון של דיגומי הקרקע במסגרת המחקר נדגמו 13 חתכי קרקע כשמכל אחד מהם נלקחו דוגמאות מ-2-3 אופקים. הקרקעות עברו איפיון למגוון

פרמטרים שכללו בין היתר רמות מליחות, pH, זרחן, אשלגן, ברזל, סידן, צפיפות גושית, מוליכות ברוויה, ומרקם. מטרת הדיגום הייתה לאפיין את הקרקעות של צמדי החלקות, ולאתר גורמים אביוטים בקרקע הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע. כאשר נבחנו באופן כולל ההבדלים בין שטחי השנטוע לשטחי המחזור, לא התקבלו הבדלים מובהקים ובולטים אשר עשויים להיות קשורים למחלה. עם זאת, בחלק מהפרמטרים, כגון pH וברזל, נמצאו הבדל בין חלקות השנטוע והמחזור. בניגוד ל-pH, שהראה עקביות ומגמה אחידה (ערכים נמוכים יותר בשנטוע) אשר עשויים גם להיות קשורים לפעילות מיקרוביאלית בקרקע, המגמה בברזל הייתה הפוכה בברעם ובמלכיה כך שלא ניתן להתייחס לגורם זה כגורם המעורב בשנטוע. במסגרת המחקר נדגמו קרקעות נוספות מחלקה נוספת במלכיה (י"א), דוגמאות אלה נמצאות כיום בשלבי עבודה ויאפשרו את הגדלת גודל המדגם בצורה שתאפשר למידה נוספת של תהליכים הקשורים לקרקע ותשפר את הכוח של המבחנים הסטטיסטיים. בצורה זו אנו מאמינים שגם המסקנות בנוגע לתפקיד הקרקע בהתבטאות מחלת השנטוע, יהיו ברורות יותר.

## 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 Jenings 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

דו"ח שנתי (שנה א') לתכנית מחקר מספר 21-11-0003

איתור כנות תפוח עמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, וזיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה

### סיכום עם שאלות מנחות

#### 1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.

המטרות העיקריות לשנה א': (1) נטיעת ניסויי כנות תפוח לעמידות למחלת השנטוע בתנאי הארץ. בחינה, לראשונה, של ביצועי מספר רב של כנות מיובאות, הן בתנאי שנטוע, והן בתנאי חלקת מחזור, (2). זיהוי גורמים ביוטיים וא-ביוטיים המעורבים בתופעה. אלו ממטרות המחקר הושגו בעבודת המחקר הנוכחית? הניסויים התנהלו כמתוכנן. חלקות הניסוי ניטעו, ובניסוי בתנאים מבוקרים התקבלה אינדיקציה ראשונית לעמידות לשנטוע של כנות ג'נבה GC11, GC202, GC935. צמדי חלקות (מחזור ושנטוע) אותרו, והחל המחקר שמטרתו איתור גורמים ביוטיים ואביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח: חלקת מבחן לבחינת כנות עמידות לשנטוע ניטעה בנובמבר 2016. בניסוי בתנאים מבוקרים נצפית מגמה של עמידות לשנטוע של כנות ג'נבה GC11, GC202, GC935. אנליזת קרקע של צמדי חלקות (שנטוע ומחזור) החלה. טרם נמצאו גורמים ביוטים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע. התקבלה אינדיקציה ראשונית לכך שיתכן שירידה ב-pH נמצאת בקורלציה למחלת השנטוע.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו: ניסויי בחינות הכנות, הן בתנאי מטע והן בתנאים מבוקרים, רק החלו. תוצאות ראשוניות שהתקבלו מהניסוי בתנאים מבוקרים, מרמזות לכך שיתכן שכנות ג'נבה GC11, GC202, GC935 עמידות למחלת השנטוע. איסוף נתוני צימוח ויבול בשנים הבאות יאפשר הסקת מסקנות מבוססות על רמת העמידות של הכנות השונות למחלת השנטוע, כמו גם תכונות נוספות, שאינן קשורות לעמידות למחלת השנטוע. אנליזת קרקע של צמדי חלקות (שנטוע ומחזור) תורחב ותמשך גם בשנה השנייה, במטרה לאתר גורמים ביוטים ואביוטים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע.

4. הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה: ששת כנות המכלוא מנוה יער יינטעו במהלך נובמבר 2017, הן בחלקת ניסוי הכנות, והן בתנאים מבוקרים, ובכך תושלם התשתית לניסויי בחינת הכנות.

5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח? טרם.

6. פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט).