

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

ג. כללי			
מוסד מחקר של החוקר הראשי			
מיגל-מו"פ צפון			
סוג הדו"ח		תאריכים	
שנתי	תקופת המחקר		תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון
	עבודה מוגש הדו"ח		
	התחלה	סיום	
שנת המחקר: 3/3 סה"כ שנים	שנה חודש	שנה חודש	שנה חודש
	07.2018	08.2019	10/2019

ב. צוות החוקרים		
	שם משפחה	שם פרטי
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	מקור
קרן המדען הראשי	100,000	סכום שאושר למחקר בשנת תקצוב הדו"ח
		בשקלים
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. בחינת רמת העמידות של כנות תפוח חדשות למחלת השנטוע בתנאי הארץ, 2. זיהוי גורמים ביוטיים ואביוטיים המעורבים בתופעה.		

שיטות עבודה: מבחן השוואתי (צימוח ויבול) בתנאי מטע וקרקה 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 שהושגו במחקר: נמצאה פגיעה במדדי צימוח שונים בקרקע שנטוע, בהשוואה לקרקע ביקורת, בכנות השונות שנבחנו במסגרת המחקר. חומרת הפגיעה פחתה בשנה השלישית, ביחס לשנה השנייה. נמצאה מגמה, של הקלה בחומרת הפגיעה ממחלת השנטוע בנטיעה טמונה, ביחס לנטיעה מעל פני הקרקע. 5 מתוך 15 הכנות הנבחנו הראו פוטנציאל לעמידות יחסית לתופעת השנטוע. ערך ההגבה (pH) הוא הגורם האביוטי היחיד שניתן לקשור לתופעת השנטוע. נמצא רמז למעורבות, או לפחות לקורלציה עם נוכחותם, של מיני פוזריום שונים, ובפרט *Fusarium Solani*, במחלת השנטוע בתפוח.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:

- יש מקום לביסוס ההצעה ש-*Fusarium Solani* עשוי לשמש כאינדיקטור למחלת השנטוע בתפוח בישראל.
- מסקנות לגבי העמידות של הכנות השונות הנבחנו למחלת השנטוע בארץ תתקבלנה רק לאחר מספר שנים של איסוף נתוני יבול.

ו. אישורים

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

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

עומר פרנקל: מחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, מנהל המחקר החקלאי

מרי ילין דפני: מו"פ צפון

אורן רייכמן: מיג"ל

דורון הולנד: המחלקה למדעי עצי פרי, מנהל המחקר החקלאי

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
19	דיון
21	ביבליוגרפיה
23	נספחים

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, והחל משנה רביעית יבול) 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 שהושגו במחקר: נמצאה פגיעה במדדי צימוח שונים בקרקע שנטוע, בהשוואה לקרקע ביקורת, בכנות השונות שנבחנו במסגרת המחקר. חומרת הפגיעה פחתה בשנה השלישית, ביחס לשנה השנייה. נמצאה מגמה, של הקלה בחומרת הפגיעה ממחלת השנטוע בנטיעה טמונה, ביחס לנטיעה מעל פני הקרקע. 5 מתוך 15 הכנות הנבחנו

הראו פוטנציאל לעמידות יחסית לתופעת השנטוע. ערך ההגבה (pH) הוא הגורם האביוטי היחיד שניתן לקשור לתופעת השנטוע. נמצא רמז למעורבות, או לפחות לקורלציה עם נוכחותם, של מיני פוזריום שונים, ובפרט *Fusarium Solani*, במחלת השנטוע בתפוח.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:

1. יש מקום להמשך בחינה, במטרה לבסס את האפשרות ש-*Fusarium Solani* עשוי לשמש כאינדיקטור למחלת השנטוע בתפוח בישראל.
2. מסקנות לגבי העמידות של הכנות השונות הנבחנות למחלת השנטוע בארץ תתקבלנה רק לאחר מספר שנים של איסוף נתוני יבול.

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, שמישמת 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 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-ispy), 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 ביוטים 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 ביוטים ואביוטים 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 לטיפול כנות עמידות למחלת השנטוע. (2) זיהוי גורמים ביוטיים ואביוטיים הנמצאים בקורלציה למחלת השנטוע בארץ.

המטרות העיקריות לשנה ג':

1. המשך איסוף נתוני צימוח, בתנאי מטע ותנאים מבוקרים, לצורך אפיון רמת העמידות למחלת השנטוע של הכנות השונות הנבחנות במסגרת המחקר.
2. בחינה בתנאים מבוקרים של מעורבותם של מיקרואורגניזמים מועמדים במחלת השנטוע בתפוח.

פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות לתקופת הדו"ח

חלק א': בחינת עמידות לשנטוע בתנאי מטע ובקרקע מנותקת של מבחר כנות תפוח

א'1: ניסוי בתנאי מטע:

תיאור הניסוי: חלקת הניסוי ניטעה בשתי פעימות, נובמבר 2016 ונובמבר 2017. שתילת 2016: הכנות CG11, CG41, CG202, CG935, MM 104, MM 109, MM 111, MM116, וכנת הביקורת, הכנה המשקית חשבי 4-13 רובו באמצעות הברכות קרקע, והורכו 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 בשבע חזרות בנות שלושה עצים בכל אחת מהחלקות (שנטוע ומחזור), במבנה של בלוקים באקראי, מרווחי נטיעה של 4 X 1.5 מטר, צפיפות של 166 עצים לדונם, עיצוב ציר. הכנות ניטעו בשני עומקי נטיעה: (1) ההרכבה 10 ס"מ מתחת לפני הקרקע, (2) ההרכבה 10 ס"מ מעל פני הקרקע, משום שלעיתים לעומק הנטיעה ישנה השפעה על חוזק הכנה, בעיקר בכנות עם "דם" של כנה M9 שהיא כנה חלשה יחסית, ושימשה כחורה לחלק 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 ללא עיבודי קרקע. היקף הגזע, בגובה 10 ס"מ מעל ההרכבה, נמדד בכל אחד מהעצים, לפני הנטיעה (מדידת אפס). 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-MM.106), ניטעו בנובמבר 2017, במתכונת זהה לנטיעת 2016. עקב מגבלות בייצור הכנות, הן ניטעו בעומק נטיעה יחיד, מעל פני הקרקע.

בכל אחת מהחלקות נאספו בשנים ב' ו-ג' הנתונים הבאים, עבור כל אחד מהעצים: היקף גזע בעת הנטיעה (מדידת אפס), היקף גזע, גובה, והערכה של רמת כיסוי העלווה. השינוי בהיקף הגזע התקבל באופן הבא: (היקף הגזע בספטמבר 2018 או ספטמבר 2019-היקף 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 ANOVA ו-Tukey Honest Significance test וכן בעזרת Student t test.

תוצאות:

השפעת עומק הנטיעה: לצורך האנליזה הסטטיסטית, חולקו העצים (כנות נטיעת 2016) בחלקה ע"פ עומק הנטיעה: ההרכבה 10 ס"מ מתחת לפני הקרקע-טמונה, 2) ההרכבה 10 ס"מ מעל פני הקרקע, ונערכה השוואה של הפרמטרים השונים שנמדדו עבור כל כנה בנפרד. בניתוח של נתוני שנה ב', באף אחד מהמדדים לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין שני עומקי הנטיעה בכנות השונות, ולכן בניתוחים הבאים לא התבצע ניתוח נפרד ע"פ עומק הנטיעה. בניתוח של נתוני שנה ג' נמצאה השפעה לעומק הנטיעה על הפרמטרים השונים, ולכן הנתונים נותחו בנפרד, עבור כל אחד מעומקי הנטיעה.

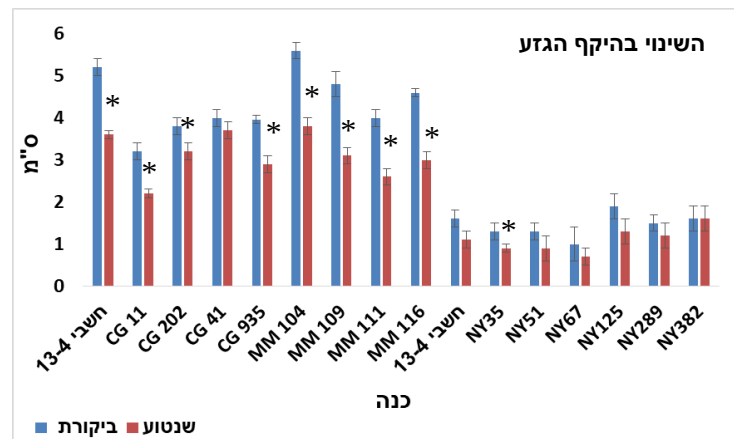
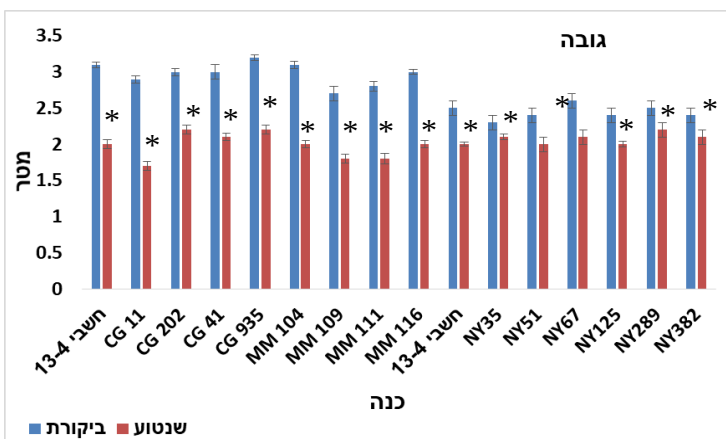
טבלה 1: מדדי גידול בקרקע שנטוע וקרקע ביקורת, ניסוי בתנאי מטע, מדידת ספטמבר 2018: השוואת היקף גזע, שינוי בהיקף גזע (היקף גזע בספטמבר 2018-היקף גזע מדידת אפס), גובה, ורמת כיסוי עלווה בקרקע ביקורת וקרקע שנטוע, בכנות השונות, שניטעו בחלקת המבחן בחוות מתתיהו. הנתונים נאספו בספטמבר 2018. אפור בהיר: כנות שניטעו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

כנה	תכונה	מחזור	שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/מחזור (%)	כנה	תכונה	מחזור	שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/מחזור (%)
חשבי 13-4	השינוי בהיקף הגזע (ס"מ)	5.2 $\pm$ 0.2	3.6 $\pm$ 0.1	<0.05	69	חשבי 13-4	היקף גזע ספטמבר 2018 (ס"מ)	9.0 $\pm$ 0.2	7.4 $\pm$ 0.1	<0.05	82
CG 11		3.2 $\pm$ 0.2	2.2 $\pm$ 0.1	<0.05	69	CG 11		6.7 $\pm$ 0.2	5.7 $\pm$ 0.1	<0.05	85
CG 202		3.8 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.2	<0.05	84	CG 202		7.5 $\pm$ 0.2	6.7 $\pm$ 0.2	<0.05	89
CG 41		4 $\pm$ 0.2	3.7 $\pm$ 0.2	0.2	93	CG 41		7.8 $\pm$ 0.2	7.5 $\pm$ 0.2	0.15	96
CG 935		3.9 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.2	<0.05	74	CG 935		7.6 $\pm$ 0.1	6.7 $\pm$ 0.2	<0.05	88
MM 104		5.6 $\pm$ 0.2	3.8 $\pm$ 0.2	<0.05	68	MM 104		9.6 $\pm$ 0.3	7.3 $\pm$ 0.2	<0.05	76
MM 109		4.8 $\pm$ 0.3	3.1 $\pm$ 0.2	<0.05	65	MM 109		8.7 $\pm$ 0.3	7.0 $\pm$ 0.3	<0.05	80
MM 111		4.0 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.2	<0.05	65	MM 111		7.7 $\pm$ 0.2	6.3 $\pm$ 0.2	<0.05	82
MM 116		4.6 $\pm$ 0.1	3.0 $\pm$ 0.2	<0.05	65	MM 116		8.5 $\pm$ 0.1	6.7 $\pm$ 0.2	<0.05	79
חשבי 13-4		1.6 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2	0.07	69	חשבי 13-4		5.1 $\pm$ 0.1	5.1 $\pm$ 0.1	0.98	100
NY35		1.3 $\pm$ 0.2	0.9 $\pm$ 0.1	<0.05	69	35		4.9 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.1	0.04	92
NY51		1.3 $\pm$ 0.2	0.9 $\pm$ 0.3	0.26	69	51		5.2 $\pm$ 0.1	4.9 $\pm$ 0.2	0.17	94
NY67		1.0 $\pm$ 0.4	0.7 $\pm$ 0.2	0.68	70	67		4.2 $\pm$ 0.3	4.1 $\pm$ 0.2	0.88	98
NY125		1.9 $\pm$ 0.3	1.3 $\pm$ 0.3	0.15	68	125		5.1 $\pm$ 0.2	4.9 $\pm$ 0.2	0.46	96
NY289		1.5 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.3	0.43	80	289		4.8 $\pm$ 0.2	4.8 $\pm$ 0.2	0.98	100
NY382		1.6 $\pm$ 0.3	1.6 $\pm$ 0.3	0.93	100	382		5.1 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.3	0.33	92
חשבי 13-4	גובה (מטר)	3.1 $\pm$ 0.04	2.0 $\pm$ 0.06	<0.05	65	חשבי 13-4	רמת כיסוי עלווה (הערכה ויזואלית, סולם 1-5)	4.5 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.1	<0.05	78
CG 11		2.9 $\pm$ 0.05	1.7 $\pm$ 0.06	<0.05	59	CG 11		4.5 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.1	<0.05	78
CG 202		3.0 $\pm$ 0.05	2.2 $\pm$ 0.06	<0.05	73	CG 202		4.5 $\pm$ 0.1	4.2 $\pm$ 0.1	0.12	93
CG 41		3.0 $\pm$ 0.1	2.1 $\pm$ 0.05	<0.05	70	CG 41		4.7 $\pm$ 0.1	4.1 $\pm$ 0.1	<0.05	87
CG 935		3.2 $\pm$ 0.04	2.2 $\pm$ 0.06	<0.05	69	CG 935		4.4 $\pm$ 0.1	4.0 $\pm$ 0.1	<0.05	91
MM 104		3.1 $\pm$ 0.05	2.0 $\pm$ 0.05	<0.05	65	MM 104		4.8 $\pm$ 0.1	3.7 $\pm$ 0.2	<0.05	77
MM 109		2.7 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.06	<0.05	67	MM 109		4.9 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.2	<0.05	67
MM 111		2.8 $\pm$ 0.07	1.8 $\pm$ 0.07	<0.05	64	MM 111		4.9 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.1	<0.05	63
MM 116		3.0 $\pm$ 0.03	2.0 $\pm$ 0.05	<0.05	67	MM 116		4.6 $\pm$ 0.1	3.8 $\pm$ 0.1	<0.05	83
חשבי 13-4		2.5 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.03	<0.05	80	חשבי 13-4		4.8 $\pm$ 0.1	4.3 $\pm$ 0.1	<0.05	90
NY35		2.3 $\pm$ 0.1	2.1 $\pm$ 0.04	<0.05	91	NY35		5.0 $\pm$ 0.1	4.6 $\pm$ 0.1	<0.05	92
NY51		2.4 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.1	<0.05	83	NY51		4.8 $\pm$ 0.1	4.33 $\pm$ 0.1	<0.05	90
NY67		2.6 $\pm$ 0.1	2.1 $\pm$ 0.1	<0.05	81	NY67		5.0 $\pm$ 0.0	4.3 $\pm$ 0.2	<0.05	86
NY125		2.4 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.04	<0.05	83	NY125		5.0 $\pm$ 0.0	4.5 $\pm$ 0.1	<0.05	90
NY289		2.5 $\pm$ 0.1	2.2 $\pm$ 0.1	<0.05	88	NY289		5.0 $\pm$ 0.0	4.6 $\pm$ 0.2	<0.05	92
NY382		2.4 $\pm$ 0.1	2.1 $\pm$ 0.1	<0.05	88	NY382		4.9 $\pm$ 0.1	4.3 $\pm$ 0.2	<0.05	88

השינוי בהיקף הגזע: העצים בחלקת הניסוי התפתחו יפה, ושיעור התוספת בהיקף הגזע (מדידת ספטמבר 2018-מדידת אפריל) נע בין 2.2-3.8 ס"מ בכנות השונות שניטעו בנובמבר 2016, ל-0.9-1.6 ס"מ בכנות שניטעו 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%, ו-93% בהתאמה. ראוי לציון כנה NY382, שבה השינוי בהיקף 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 הנבחות 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%.



איור 1: השוואת השינוי בהיקף הגזע (מדידת ספטמבר

2018-מדידת אפריל) וגובה העץ בקרקע שנטוע וקרקע הביקורת בכנות הנבחות בחלקת המבחן במתיהו. המדידות נערכו בספטמבר 2018. הקווים האנכיים מסמנים את שגיאת התקן. הכוכביות מסמלות הבדל מובהק סטטיסטית ($p < 0.05$) בתוצאות בין קרקע השנטוע לקרקע הביקורת.

טבלה 2: מדדי גידול בקרקע שנטוע וקרקע ביקורת, ניסוי בתנאי מטע, מדידת ספטמבר 2019: השוואת היקף גזע, שינוי בהיקף גזע (היקף גזע בספטמבר 2019-היקף גזע מדידת אפריל), גובה, ורמת כיסוי עלווה בקרקע ביקורת וקרקע שנטוע, בכנות השונות, שניטעו בחלקת המבחן בחוות מתתיהו. הנתונים נאספו בספטמבר 2019. אפור בהיר: כנות שניטעו בנובמבר 2016. אפור כהה: כנות שניטעו בנובמבר 2017. מספר עצים נמדדים: 30-36 (נטיעת 2016) ו-15-21 (נטיעת 2017) בכל סוג קרקע. הערכים המוצגים: ממוצע $\pm$ שגיאת תקן.

עומק נטיעה	תכונה	כנה	מחזור	שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/ (%) מחזור	עומק נטיעה	תכונה	כנה	מחזור	שנטוע	מובהקות	יחס שנטוע/ (%) מחזור			
מעל הקרקע		חשבי 13-4	14.24 ± 0.22	13.14 ± 0.50	0.06	92	מעל הקרקע		חשבי 13-4	10.46 ± 0.23	9.29 ± 0.49	<0.05	89			
		CG 11	10.54 ± 0.36	7.67 ± 0.36	<0.05	73			CG 11	6.49 ± 0.68	4.19 ± 0.35	<0.05	65			
		CG 202	11.08 ± 0.20	11.01 ± 0.42	0.88	99			CG 202	6.81 ± 0.70	7.51 ± 0.4	0.9373	110			
		CG 41	11.83 ± 0.22	10.83 ± 0.28	<0.05	92			CG 41	8.03 ± 0.21	6.92± 0.25	<0.05	86			
		CG 935	12.26 ± 0.23	10.86 ± 0.61	<0.05	89			CG 935	8.46 ± 0.24	7.18 ± 0.60	0.061	85			
		MM 104	13.71 ± 0.23	12.79 ± 0.40	0.05	93			MM 104	9.77 ± 0.17	8.97 ± 0.36	0.057	92			
		MM 109	13.23 ± 0.30	12.47 ± 0.58	0.27	94			MM 109	9.31 ± 0.28	8.57 ± 0.53	0.2292	92			
		MM 111	12.39 ± 0.28	9.13 ± 0.31	<0.05	74			MM 111	8.63 ± 0.26	5.40 ± 0.29	<0.05	63			
		MM 116	12.56 ± 0.28	10.41 ± 0.36	<0.05	83			MM 116	8.57 ± 0.25	6.74 ± 0.37	<0.05	79			
		טמונה		חשבי 13-4	13.47 ± 0.36	11.83 ± 0.50			<0.05	88	טמונה		חשבי 13-4	9.68 ± 0.38	8.10 ± 0.49	<0.05
CG 11	10.96 ± 0.26			10.44 ± 0.51	0.4	95	CG 11	7.37 ± 0.28	6.94 ± 0.51	0.4902			94			
CG 202	11.72 ± 0.32			11.74 ± 0.54	0.99	100	CG 202	8.01 ± 0.34	8.18 ± 0.56	0.8098			102			
CG 41	11.77 ± 0.39			12.65 ± 0.41	0.13	108	CG 41	8.08 ± 0.35	9.09 ± 0.4	0.0677			113			
CG 935	11.77 ± 0.20			12.68 ± 0.49	0.1	108	CG 935	8.14 ± 0.22	8.88 ± 0.49	0.1813			109			
MM 116	12.87 ± 0.24			11.12 ± 0.64	<0.05	86	MM 116	9.00 ± 0.23	7.41 ± 0.67	<0.05			82			
מעל הקרקע		חשבי 13-4	10.23 ± 0.30	8.15 ± 0.19	<0.05	80	מעל הקרקע		חשבי 13-4	6.73 ± 0.3	4.17 ± 0.19	<0.05	62			
		35	9.14 ± 0.33	7.78 ± 0.12	<0.05	85			NY35	5.58 ± 0.35	4.09 ± 0.16	<0.05	73			
		51	9.50 ± 0.32	7.90 ± 0.12	<0.05	83			NY51	4.82 ± 0.83	3.53 ± 0.13	0.1295	73			
		67	7.76 ± 0.18	7.33 ± 0.30	0.35	95			NY67	4.30 ± 0.17	4.17 ± 0.44	0.8326	97			
		125	9.58 ± 0.30	7.92 ± 0.23	<0.05	83			NY125	5.82 ± 0.35	4.34 ± 0.28	<0.05	75			
		289	8.77 ± 0.28	7.88 ± 0.27	<0.05	90			NY289	5.53 ± 0.28	4.33 ± 0.39	<0.05	78			
		382	8.55 ± 0.16	7.38 ± 0.27	<0.05	86			NY382	5.09 ± 0.31	4.21 ± 0.32	<0.05	83			
		מעל הקרקע		חשבי 13-4	5.00 ± 0.46	3.89 ± 0.00			<0.05	78	מעל הקרקע		חשבי 13-4	3.26 ± 0.04	2.96 ± 0.12	<0.05
CG 11	4.82 ± 0.51			3.56 ± 0.39	<0.05	74	CG 11	2.86 ± 0.14	2.11 ± 0.09	<0.05			74			
CG 202	4.88 ± 0.70			3.56 ± 0.34	<0.05	73	CG 202	3.26 ± 0.06	2.97 ± 0.08	<0.05			91			
CG 41	4.94 ± 0.51			3.42 ± 0.24	<0.05	69	CG 41	3.08 ± 0.05	2.70 ± 0.08	<0.05			88			
CG 935	4.89 ± 0.48			3.68 ± 0.32	<0.05	75	CG 935	3.26 ± 0.05	2.84 ± 0.13	<0.05			87			
MM 104	4.76 ± 0.57			3.72 ± 0.44	<0.05	78	MM 104	3.18 ± 0.05	2.55 ± 0.06	<0.05			80			
MM 109	4.93 ± 0.46			3.93 ± 0.26	<0.05	80	MM 109	2.95 ± 0.10	2.44 ± 0.10	<0.05			83			
MM 111	4.89 ± 0.49			3.65 ± 0.32	<0.05	75	MM 111	2.73 ± 0.09	2.11 ± 0.07	<0.05			77			
MM 116	4.94 ± 0.6			3.84 ± 0.24	<0.05	78	MM 116	3.20 ± 0.04	2.58 ± 0.06	<0.05			81			
חשבי 13-4	4.94 ± 0.5			3.58 ± 0.24	<0.05	73	חשבי 13-4	3.14 ± 0.05	2.43 ± 0.09	<0.05			77			
CG 11	5.00 ± 0.47			3.71 ± 0.00	<0.05	74	CG 11	3.19 ± 0.03	2.42 ± 0.08	<0.05	76					
CG 202	4.83 ± 0.62			3.53 ± 0.39	<0.05	73	CG 202	3.34 ± 0.06	2.90 ± 0.11	<0.05	87					
CG 41	4.94 ± 0.76			3.37 ± 0.24	<0.05	68	CG 41	3.01 ± 0.14	2.82 ± 0.09	0.25	94					
CG 935	5.00 ± 0.51			3.53 ± 0.00	<0.05	71	CG 935	3.28 ± 0.04	2.76 ± 0.12	<0.05	84					
MM 116	4.89 ± 0.51			3.58 ± 0.32	<0.05	73	MM 116	3.16 ± 0.04	2.31 ± 0.10	<0.05	73					
מעל הקרקע				חשבי 13-4	4.95 ± 0.69	3.84 ± 0.22	<0.05	78	מעל הקרקע		חשבי 13-4		2.59 ± 0.11	2.33 ± 0.05	0.05	90
				NY35	5.00 ± 0.54	3.74 ± 0.00	<0.05	75			NY35		2.88 ± 0.04	2.39 ± 0.05	<0.05	83
				NY51	4.95 ± 0.65	3.95 ± 0.21	<0.05	80			NY51		2.60 ± 0.07	2.27 ± 0.06	<0.05	87
				NY67	5.00 ± 0.60	3.89 ± 0.00	<0.05	78			NY67		2.43 ± 0.11	2.27 ± 0.10	0.33	94
				NY125	5.00 ± 0.45	3.26 ± 0.00	<0.05	65			NY125		2.71 ± 0.09	2.23 ± 0.03	<0.05	82
		NY289	5.00 ± 0.43	4.00 ± 0.00	<0.05	80	NY289	2.65 ± 0.10			2.34 ± 0.04	<0.05	88			
		NY382	5.00 ± 0.29	3.92 ± 0.00	<0.05	78	NY382	2.41 ± 0.07			2.18 ± 0.05	<0.05	90			

היקף גזע
2019 (ס"מ)השינוי
בהיקף הגזע
(ס"מ)רמת כיסוי
עלווה
(הערכה
ויזואלית,
סולם 1-5)

גובה (מטר)

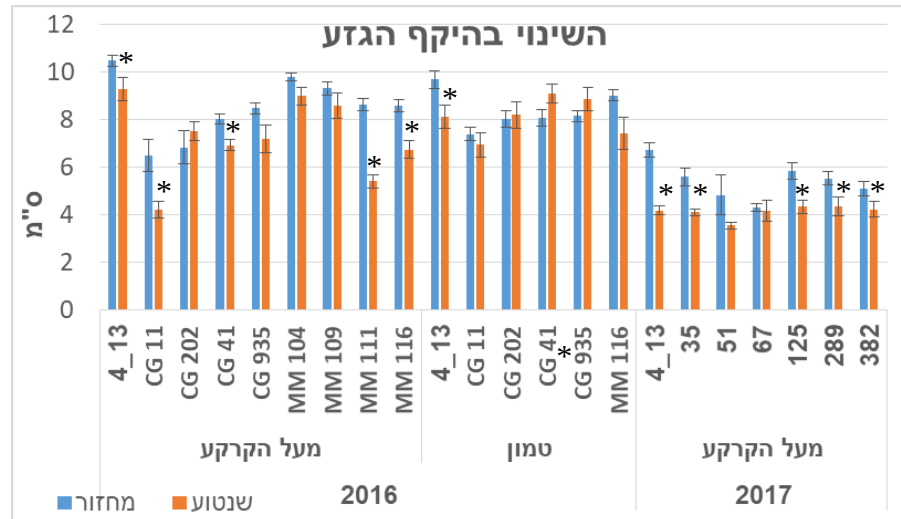
השינוי בהיקף הגזע: גם בשנה ג' של המחקר העצים בחלקת הניסוי מתפתחים יפה, ושיעור התוספת בהיקף הגזע בחלקת הביקורת (מדידת ספטמבר 2019-מדידת אפריל) נע בטווח של 6.5-10.5 ס"מ בכנות השונות שניטעו ב-2016, ל-4.3-6.7 בכנות שניטעו ב-2017 (טבלה 2). ברוב הכנות שניטעו בשני עומקי הנטיעה הגידול הייה חזק יותר בנטיעה הטמונה, למעט בכנת הביקורת, חשבי 4-13, בה נצפתה מגמה הפוכה.

בקרב הכנות שניטעו ב-2016 ניכרת מגמה, לפיה כנות ג'נבה חלשות יחסית, עם תוספת בהיקף הגזע שנעה בין 6.5 ל-8.5 ס"מ, כנות מולינג-מורטון חזקות יותר, עם תוספת של 8.6-9.8 ס"מ, והכנה החזקה ביותר היא כנת 4-13, עם תוספת של 10.5 ס"מ. גם במועד הנטיעה השני, 2017, הכנה בעלת תוספת הגידול הגבוה ביותר היא כנת הביקורת, חשבי 4-13, עם תוספת גידול בשיעור של 6.7 ס"מ. טווח התוספת בהיקף הגזע בקרב כנות NY הוא 4.3-5.8.

חישוב היחס בתוספת בהיקף הגזע בין קרקע השנטוע לקרקע הביקורת בטיפול הנטיעה מעל הקרקע במועד נטיעת 2016 מרמז למשרעת בתגובה למחלת השנטוע בקרב הכנות השונות: החל מ-63% בכנת MM116, ועד 110%, בכנת CG202 (טבלה 2). בטיפול הנטיעה הטמונה נמצא יחס גבוה יותר בקרקע שנטוע/ביקורת, המרמז לשיפור העמידות למחלת השנטוע, אולם בכנת הביקורת הערך במדד זה נמוך יותר בנטיעה מעל הקרקע, ביחס להרכבה הטמונה (89% ו-84%, בהתאמה). בנטיעת 2017 היחס בין תוספת היקף הגזע בטיפול השנטוע לעומת טיפול הביקורת היה נמוך יותר, ונע בין 62% (בכנת הביקורת חשבי 4-13) ל-83% (NY382), כשיוצאת הדופן הייתה כנת NY67, שכמעט ולא הושפעה ממחלת השנטוע, עם יחס שנטוע/מחזור של 97%.

גובה העץ: בכל הכנות, בעומקי הנטיעה ומועדי השתילה השונים, נמצאה פגיעה בגובה העץ בעצים שגדלו בקרקע השנטוע, ביחס לצמחים שגדלו בקרקע הביקורת, עם יחס שנטוע/ביקורת של 73%-94%. הכנות שגובהן הושפע פחות מקרקע השנטוע הן אותן כנות שנמצאה בהן השפעה קטנה של קרקע השנטוע על התוספת בהיקף הגזע: חשבי 13-4, CG41, NY67, ו-NY382. בעוד שהכנות שגובהן נפגע יותר עקב הנטיעה בקרקע השנטוע, נפגעו גם ברמת התוספת בהיקף הגזע: CG11, ו-MM111. בכנות NY נמצאה השפעה פחותה של קרקע השנטוע על הגובה, עם יחס שנטוע/ביקורת של 82%-90%.

רמת כיסוי העלווה: זהו המדד בו ההשפעה של קרקע השנטוע על התפתחות העצים היא החזקה ביותר. בכל הכנות הנבחנו נמצאה ירידה ברמת הכיסוי בעצים שגדלו בקרקע השנטוע, בהשוואה לעצים שגדלו בקרקע הביקורת (יחס שנטוע ביקורת 69%-80% בכנות השונות). בכל הכנות, התוצאות מובהקות סטטיסטית ($p < 0.05$).



איור 2: השוואת השינוי בהיקף הגזע (מדידת ספטבר 2019-מדידת אפר) וגובה העץ בקרקע שנטוע וקרקע הביקורת בכנות הנבחנו בחלקת המבחן במתניהו. המדידות נערכו בספטמבר 2019. הקווים האנכיים מסמנים את שגיאת התקן. הכוכביות מסמלות הבדל מובהק סטטיסטית ($p < 0.05$) בתוצאות בין קרקע השנטוע לקרקע הביקורת.

א'2: ניסוי בקרקע מנותקת:

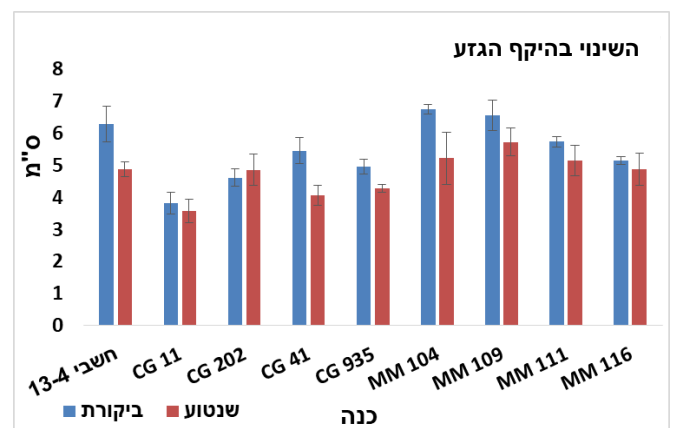
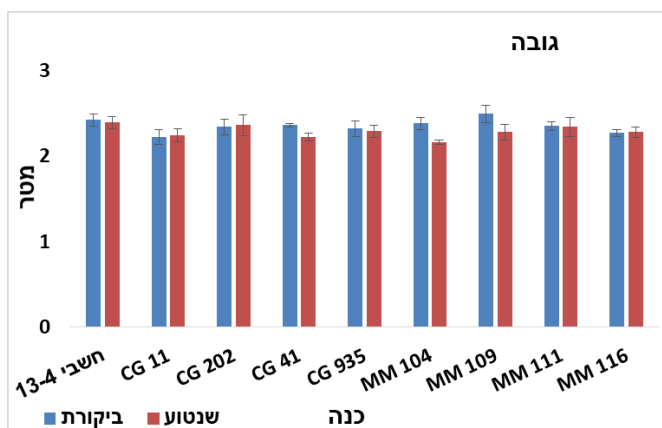
תיאור הניסוי: לצורך הניסוי, מולאו מכלים בנפח של 200 ליטר בקרקע שנאספה מחלקות השנטוע והביקורת שמשמשות לניסוי בתנאי מטע. איסוף הקרקע (עומק 0-30 ס"מ) נעשה בעזרת שופל מכלל שטח החלקה, לאחר עיבודי הקרקע ולפני הנטיעה, ולא מבורות השתילה עצמם. 5 שתילים מורכבים מכל אחת מהכנות הנבחנו ניטעו בנובמבר 2016, הרכבה מעל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

טבלה 3: מדדי גידול בקרקע שנטוע וקרקע ביקורת, ניסוי בקרקע מנותקת, מדידת ספטמבר 2018: השוואת היקף גזע, שינוי בהיקף גזע (היקף גזע בספטמבר 2018-היקף גזע מדידת אפס), 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.

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

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 בהיקף 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, GC202 ו-GC41, נמצא שגם בניסוי בקרקע מנותקת, GC202 מראה עמידות טובה לקרקע שנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 105% ו-101% בפרמטרים שינוי בהיקף 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 בהיקף הגזע וגובה העץ, בהתאמה.

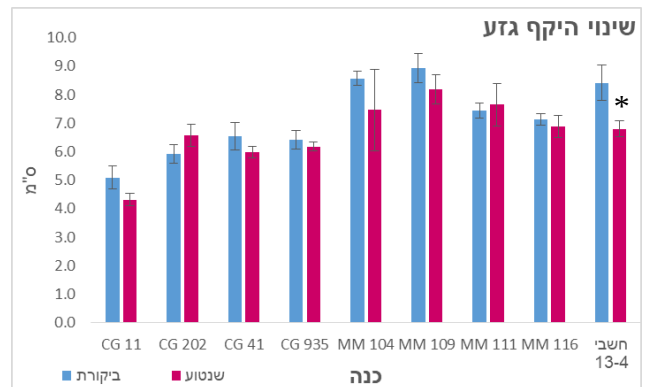
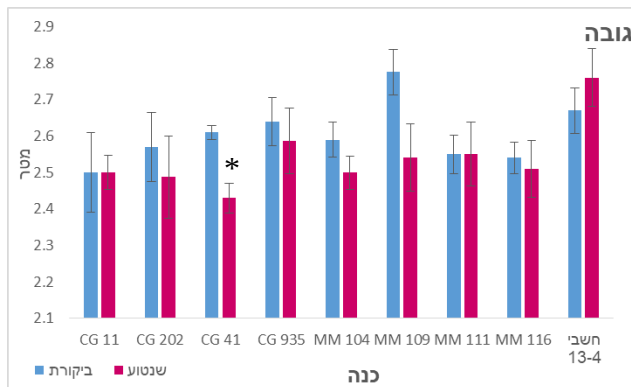


איור 3: השוואת השינוי בהיקף הגזע (מדידת ספטמבר 2018-מדידת אפס) וגובה העץ בקרקע שנטוע וקרקע הביקורת בכנות הנבחות בניסוי בקרקע מנותקת בחוות מתתיהו. המדידות נערכו בספטמבר 2018. קווים אנכיים מסמנים את שגיאת התקן. הכוכביות מסמלות הבדל מובהק סטטיסטי ($p < 0.05$) בתוצאות בין קרקע השנטוע לקרקע הביקורת.

טבלה 4: מדדי גידול בקרקע שנטוע וקרקע ביקורת, ניסוי בקרקע מנותקת, מדידת ספטמבר 2019: השוואת היקף גזע, שינוי בהיקף גזע (היקף גזע בספטמבר 2019-היקף גזע מדידת אפס), 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 (%) מחזור	מובהקות	גובה	יחס שנטוע (%) מחזור	מובהקות	שינוי בהיקף הגזע (מדידת 2019-מדידת 0), ס"מ	יחס שנטוע (%) מחזור	מובהקות	היקף גזע 2019	ביקורת/ שנטוע	כנה
103.4	a	2.7 $\pm$ 0.06	80.8	a	8.4 $\pm$ 0.62	88.1	a	12.3 $\pm$ 0.50	ב	חשבי 13-4
	a	2.8 $\pm$ 0.08		b	6.8 $\pm$ 0.28		b	10.8 $\pm$ 0.20	ש	
100.0	a	2.5 $\pm$ 0.11	84.8	a	5.1 $\pm$ 0.40	89.7	a	8.9 $\pm$ 0.37	ב	CG 11
	a	2.5 $\pm$ 0.05		a	4.3 $\pm$ 0.21		a	8.0 $\pm$ 0.42	ש	
96.8	a	2.6 $\pm$ 0.09	110.9	a	5.9 $\pm$ 0.32	103.8	a	10.0 $\pm$ 0.29	ב	CG 202
	a	2.5 $\pm$ 0.11		a	6.6 $\pm$ 0.38		a	10.4 $\pm$ 0.29	ש	
93.1	a	2.6 $\pm$ 0.02	91.5	a	6.5 $\pm$ 0.48	95.8	a	10.4 $\pm$ 0.48	ב	CG 41
	b	2.4 $\pm$ 0.04		a	6.0 $\pm$ 0.20		a	10.0 $\pm$ 0.16	ש	
98.0	a	2.6 $\pm$ 0.07	96.5	a	6.4 $\pm$ 0.33	100.6	a	10.3 $\pm$ 0.32	ב	CG 935
	a	2.6 $\pm$ 0.09		a	6.2 $\pm$ 0.15		a	10.3 $\pm$ 0.12	ש	
96.5	a	2.6 $\pm$ 0.05	87.1	a	8.6 $\pm$ 0.25	90.0	a	12.5 $\pm$ 0.35	ב	MM 104
	a	2.5 $\pm$ 0.05		a	7.5 $\pm$ 1.43		a	11.3 $\pm$ 1.44	ש	
91.5	a	2.8 $\pm$ 0.06	91.7	a	8.9 $\pm$ 0.51	93.1	a	12.8 $\pm$ 0.59	ב	MM 109
	a	2.5 $\pm$ 0.09		a	8.2 $\pm$ 0.51		a	11.9 $\pm$ 0.39	ש	
100.0	a	2.6 $\pm$ 0.05	102.9	a	7.4 $\pm$ 0.26	102.1	a	11.4 $\pm$ 0.27	ב	MM 111
	a	2.6 $\pm$ 0.09		a	7.7 $\pm$ 0.74		a	11.6 $\pm$ 0.70	ש	
98.8	a	2.5 $\pm$ 0.04	96.6	a	7.1 $\pm$ 0.20	98.2	a	11.1 $\pm$ 0.25	ב	MM 116
	a	2.5 $\pm$ 0.08		a	6.9 $\pm$ 0.40		a	10.9 $\pm$ 0.30	ש	

טווח השינוי ביחס היקף הגזע שנטוע/ביקורת בכנות השונות היה 81%-111%. ההשפעה הגדולה ביותר לקרקע השנטוע על היקף הגזע נמצאה בכנות הביקורת חשבי 13-4, בעוד שבכנה CG202 נמצאה תוספת של 11% בהיקף הגזע בקרקע השנטוע. יחס שנטוע/מחזור בגובה העץ נע על הטווח של 91%-100% (טבלה ואיור 4). נתון זה מרמז לכך שבמערכת הניסויית של הקרקע המנותקת, ההשפעה של מחלת השנטוע על גובה העץ נמוכה בחלק מהכנות, ובחלקן אין השפעה כלל.



איור 4: השוואת השינוי בהיקף הגזע (מדידת ספטמבר 2019-מדידת אפס) וגובה העץ בקרקע שנטוע וקרקע הביקורת בכנות הנבחות בניסוי בקרקע מנותקת בחוות מתתיהו. המדידות נערכו בספטמבר 2018. קווים אנכיים מסמנים את שגיאת התקן. הכוכביות מסמלות הבדל מובהק סטטיסטית ($p < 0.05$) בתוצאות בין קרקע השנטוע לקרקע הביקורת.

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 4-13), 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 5: מדדי צימוח ויבול בצמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות, מדידת 2018: השוואת היקף 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 התקיימו בספטמבר ואוקטובר 2018.

שם החלקה	ביקורת/שנטוע	היקף גזע (ס"מ)	יחס שנטוע/ביקורת (%)	אורך צימוח חדש (ס"מ)	יחס שנטוע/ביקורת (%)	גובה עץ (מטר)	יחס שנטוע/ביקורת (%)	רמת כיסוי עלווה (סולם 1-5)	יחס שנטוע/ביקורת (%)	יבול לעץ (ק"ג)	יחס שנטוע/ביקורת (%)	מוב'	מוב'
בית מכס מלכיה	ביקורת	9.9 $\pm$ 0.3	a	31.9 $\pm$ 1.1	a	3.9 $\pm$ 0.1	a	5.0 $\pm$ 0.1	a	49.3 $\pm$ 2.5	a	61	61
	שנטוע	6.7 $\pm$ 0.2	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	77	77
י"א מלכיה	ביקורת	5.9 $\pm$ 0.1	a	25 $\pm$ 0.1	a	2.9 $\pm$ 0.1	a	2.8 $\pm$ 0.3	a	17.7 $\pm$ 0.7	a	53	53
	שנטוע	5.0 $\pm$ 0.3	b	10 $\pm$ 0.1	b	2.7 $\pm$ 0.1	a	1.5 $\pm$ 0.2	b	13.6 $\pm$ 1.3	b	93	93
רמת יעלים ברעם	ביקורת	10.2 $\pm$ 0.2	a	27 $\pm$ 1.1	a	4.0 $\pm$ 0.1	a	4.9 $\pm$ 0.1	a	62.1 $\pm$ 4.9	a	87	87
	שנטוע	8.9 $\pm$ 0.2	b	20 $\pm$ 10.1	b	3.4 $\pm$ 0.1	b	4.3 $\pm$ 0.2	b	59.7 $\pm$ 2.2	a	96	96

בצמדי החלקות התאומות השונים, שהעצים שגדלו בקרקע בצמדי חלקות הביקורת גבוהים ובעלי היקף 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.

טבלה 6: מדדי צימוח ויבול בצמדי (שנטוע וביקורת) החלקות התאומות, מדידות 2019: השוואת היקף גזע, אורך צימוח חדש (ענפונים שיצאו ב-2019), 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 התקיימו בספטמבר ואוקטובר 2019. חלקת י"א מלכיה, שנתונים נאספו בה בשנה ב' של המחקר, נעקרה לפני איסוף הנתונים של שנה ג'.

שם החלקה	ביקורת/שנטוע	היקף גזע	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	גובה עץ (ס"מ)	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	ממוצע אורך צימוח	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	כיסוי עלווה	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	יבול לעץ (ק"ג)	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)	משקל פרי ממוצע (גרם)	מובהקות	יחס שנטוע/ביקורת (%)
בית מכס	ביקורת	34.5 $\pm$ 1.28	a	68	3.3 $\pm$ 0.01	a	78	98.4 $\pm$ 3.5	a	35	5.0 $\pm$ 0.0	a	60	54.1 $\pm$ 4.0	a	48	167 $\pm$ 5.18	a	19
	שנטוע	23.5 $\pm$ 0.96	b		2.6 $\pm$ 0.02	b		34.4 $\pm$ 1.7	b		3.0 $\pm$ 0.09	b		26.1 $\pm$ 2.58	b		199.6 $\pm$ 25.1	a	
רמת יעלים ברעם	ביקורת	33.0 $\pm$ 1.16	a	96	3.3 $\pm$ 0.02	a	99	101.7 $\pm$ 3	a	83	5.0 $\pm$ 0.0	a	85	29.5 $\pm$ 2.43	a	85	191.7 $\pm$ 5.20	a	95
	שנטוע	31.6 $\pm$ 1.08	b		3.3 $\pm$ 0.01	a		84.7 $\pm$ 2.0	b		4.25 $\pm$ 0.11	b		23.5 $\pm$ 0.96	a		181.7 $\pm$ 5.34	a	

בדומה לשנות הקודמות, גם בשנת השלישית לאיסוף הנתונים, נמצא שבבצמדי החלקות התאומות השונים העצים בצמדי חלקות הביקורת גבוהים ובעלי היקף גזע גדול יותר, אורך הענפונים החדשים, ורמת כיסוי העלווה גבוהה יותר, ביחס לעצים בצמדי חלקות השנטוע. בנתוני היבול לעץ נמצא הבהק מובדל סטטיסטית בצמדי חלקות בית המכס, ואילו בצמדי חלקות רמת-יעלים קיים הבדל, אך הוא אינו מובהק. במשקל הפרי אין הבדל מובהק בין צמדי החלקות, כך שההבדל ברמת היבול נובע ממספר הפירות לעץ.

ב'2: זיהוי מיקרואורגניזמים מועמדים למעורבות במחלת השנטוע בישראל

במסגרת שלוש שנות המחקר של מטרה לזיהוי גורמים ביוטים הנמצאים בקורלציה עם מחלת השנטוע התמקדנו במספר שאלות:

1. כימות הפתוגנים בדוגמאות קרקע מחלקות בריאות וחלקות הסובלות משנטוע.
2. בדיקה ראשונית להשפעת תוסף הקרקע ביופחם על הפחתת נזקי השנטוע.
3. מבחני אילוח מלאכותי בתנאים מבוקרים, לשחזור תופעת השנטוע בעזרת תבדידי *Fusarium solani*.

תיאור הניסוי:

כימות פתוגנים שוכני קרקע מהסוג פוזריום ופיתיום

בחודשים ינואר ויולי 2017 (שנה א' של המחקר) בוצע דיגום קרקע בארבעת חלקות התפוח אשר בהם זוהה מופע כתמי של מחלת השנטוע. בכל חלקה סומנו ארבעה מקבצים של ארבעה עצים מעוכבים וארבעה מקבצים של ארבעה עצים ללא סימפטומים של עיכוב בגידול. בכל מקבץ נאספו כפות אדמה מבין שורשי כל העצים ונלקחו גם חתיכות שורש. הדוגמאות נלקחו למעבדה שם עורבב גרם אדמה ב-10 מ"ל מים סטרילים ובוצעו מיהולים עשרונים 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 הפיתיום 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 α עבור תבדידי הפוזריום ולרצף ה ITS עבור תבדידי הפיתיום ופטריות לא מזוהות. בנוסף בוצעו גם בשנה ב' בחודש אפריל 2018 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} .

מבחני אילוח מלאכותי בפתוגנים החשודים כמעורבים בתופעת השנטוע

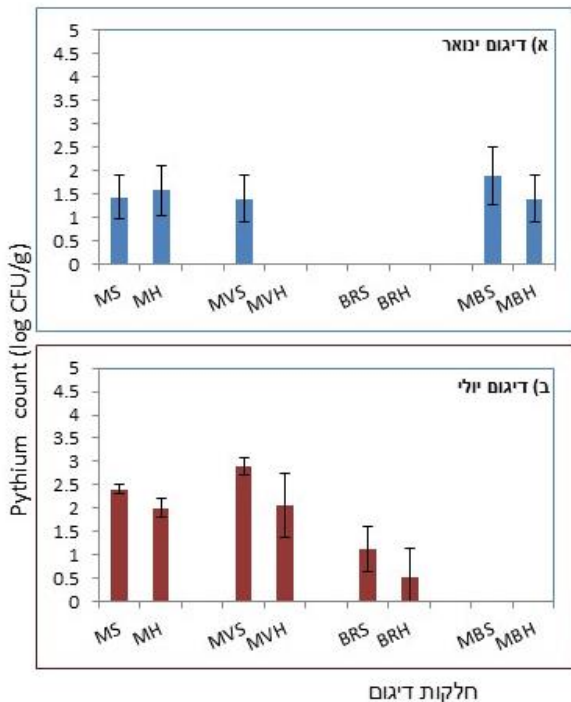
בעקבות התוצאות של שנה א', שהצביעו על מעורבות אפשרית של פטריית הקרקע *Fusarium solani* במחלת השנטוע בתפוח בישראל, הועמד בתאריך 30 לאפריל, 2018 (שנה ב') ניסוי בחוות מתתיהו שמטרתו לענות על שתי שאלות:

- (1) האם הפתוגן *Fusarium solani* מעורב במחלת השנטוע?
 - (2) האם שימוש בביו-פחם יכול לעזור בהפחתת נזקי תופעת השנטוע?
- כנות תפוח MM106 ניטעו בדליים בנפח 10 ליטר, וחולקו לטיפולים הבאים:
- (א) אדמה מקומית מחלקת מחזור בריאה, בקורת עם דוחן 1% משקלי (בקורת-קרקע מחזור)
 - (ב) אדמה מקומית מחלקת מחזור בריאה עם תבדיד *F. solani* שגודל על דוחן בכמות של 1% משקלי מעורבב בקרקע (פוזריום S1).
 - (ג) אדמה מקומית בריאה עם תבדיד *F. solani* אחר על דוחן בריכוז 1% משקלי מעורבב בקרקע (פוזריום S2)
 - (ד) אדמה שנלקחה מחלקה המבטאת את תסמיני מחלת השנטוע בתוספת ביו-פחם מיוצר כפות תמרים בריכוז 1% משקלי (ב"פ 1).
 - (ה) אדמה שנלקחה מחלקה הסובלת מתסמיני מחלת השנטוע (בקורת-קרקע שנטוע).
- הניסוי הוצב בבית-רשת בחוות מתתיהו, ומדידות היקף הגזע וגובה השתילים נלקחו 90 ו-150 יום אחרי השתילה. כל טיפול כלל 5 חזרות. מדדי הגובה והיקף הגזע נותחו במבחן One way ANOVA וחושבו ההבדלים הסטטיסטים בעזרת חישוב ערכי ה least significant differences וכן בוצע מבחן Dunnett שהינו פחות מחמיר וכולל השוואה של כל טיפול לטיפול הבקורת בלבד.
- בשנה ג' של המחקר בוצעה שורה נוספת של ניסויי הדבקות מלאכותיות במטרה להרחיב את הידע שלנו על פתוגנים המעורבים בתופעת השנטוע. הפעם בוצעה הדבקה בתבדיד נוסף שזוהה מולקולרית כ *F. solani* ובנוסף בוצע אילוח גם בתבדיד אשר היה נפוץ מאוד בבידודים בצלחות הפטרי וזוהה מולקולרית כ *Rhizoctonia solani*. ניסוי שנה ג' כלל את הטיפולים הבאים:
- (א) אדמה מקומית מחלקת מחזור בריאה, בקורת עם דוחן 1% משקלי (בקורת-קרקע מחזור)
 - (ב) אדמה מקומית מחלקת מחזור בריאה עם תבדיד *F. solani* שגודל על דוחן בכמות של 1% משקלי מעורבב בקרקע (*F. solani*).
 - (ג) אדמה מקומית בריאה עם תבדיד *R. solani* על דוחן בריכוז 1% משקלי מעורבב בקרקע (*R. solani*)
- הניסוי הוצב בבית-רשת בחוות מתתיהו ב-21 למאי 2019, ומדידות היקף הגזע וגובה השתילים נלקחו בשבוע השתילה ו-135 יום אחרי השתילה. כל טיפול כלל 10 חזרות. מדדי הגובה והיקף הגזע נותחו במבחן One way ANOVA וחושבו ההבדלים הסטטיסטים בעזרת חישוב ערכי ה least significant differences וכן בוצע מבחן Dunnett שהינו פחות מחמיר וכולל השוואה של כל טיפול לטיפול הבקורת בלבד.

תוצאות

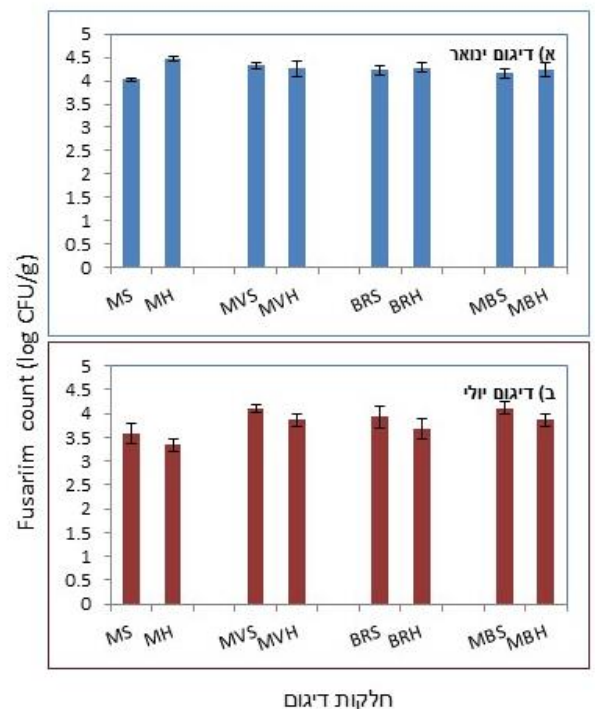
זיהוי בידוד וכימות פתוגנים המאפיינים חלקות הסובלות מתופעת השנטוע

ככלל למרות שנמצאו פטריות ואאומיצטים ממינים וסוגים הידועים כמעורבים במחלות שוכנות קרקע, ההבדלים בין המקבצים החולים והבריאים בתוך חלקה לא היו מובהקים, או מובהקים אך נבדלים בפחות מסדר לוגריתמי אחד. עבור הפוזריום נעו ריכוזי הפטריה בין 5000 ל 10000 יחידות לגרם קרקע גם בחורף וגם בקיץ (איור 7). שלושה מיני פוזריום נמצאו בקרקע ובשורש הצמחים וכללו *F. solani*, *F. redolence*, ו *F. avenaceum* אשר הופיעו גם בקיץ וגם בחורף ובמקבצים חולים ובריאים כאחד. אאומיצטים מהסוג פיתיום הופיעו באופן ספורדי בחלקות אך נעדרו לחלוטין מחלקות ברעם במהלך החורף ומחלקת מלכיה בית המכס במהלך הקיץ (איור 8). מבין התבדידים הנפוצים בחורף זהו מולקולרית המין *P. sylvaticum* ובקיץ המין *P. aphanidermatum*. פטריה נוספת שבודדה משורשים חולים בעונת הקיץ הייתה *Macrophomina phaseolina* אך לא בחודשי החורף. במהלך שנה ב', בבדיקה שנערכה בחודש אפריל 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). כמו כן בבידודים ישירים מתוך השורשים בודדה *R. solani* ב-50% מהדגימות ולכן נבחן גם תבדיד זה במבחני האילוח של שנה ג'.



איור 8: 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 8: כימות רמת הפיתיום בצמדי החלקות השונים



איור 7: 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

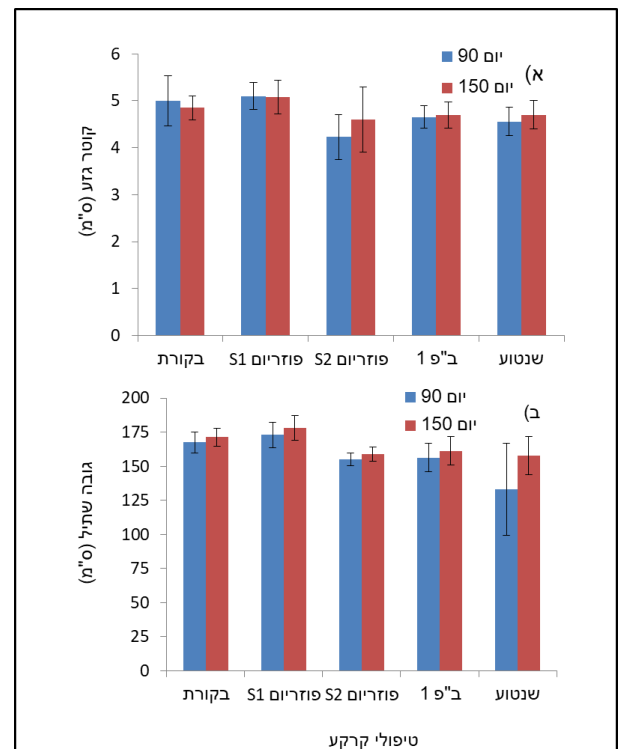
איור 7: כימות רמת הפוזריום בצמדי החלקות השונים

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

מבחני האילוח המלאכותי בפתוגנים חשודים והשפעת תוסף קרקע.

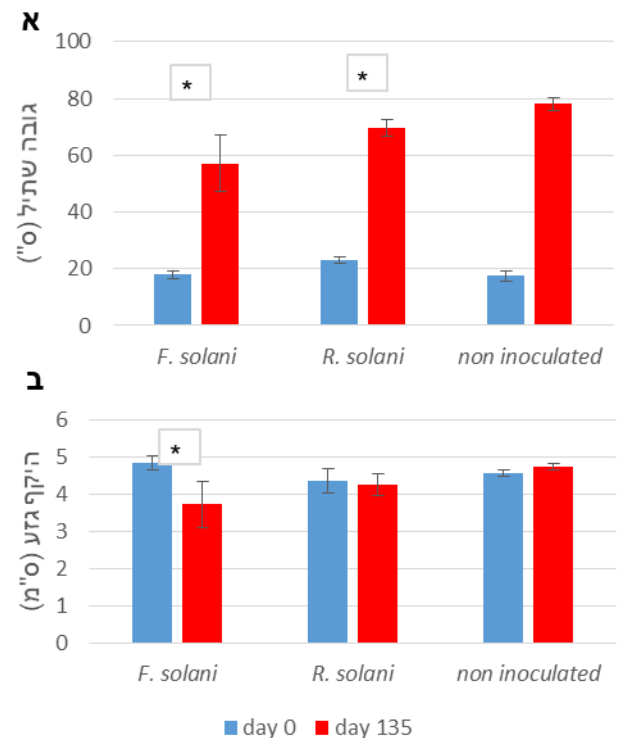
במהלך הניסוי של שנה ב הייתה בעיה במערכת השקיה בחוות מתתיהו אשר פגעה בשורת ניסוי שלמה ובחזרה אחת מטיפול הבקורת, ביופחם S2. ככלל עקב מספר החזרות הנמוך לא נמצאו הבדלים סטטיסטים בין הטיפולים השונים. אם זאת, יש לציין כי האילוח בתבדיד S2, הקטין את היקף הגזע מ 5 ס"מ ל 4.23 ס"מ (15.4%). ואת גובה השתיל מ-167.5 ל-155 ס"מ (8.5%). בהשוואה לבקורת, היקף 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 סטטיסטים בין הטיפולים (איור 9).

איור 9: 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 נטוע 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. היקף 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 סטטיסטים לפי מבחן Tukey HSD. מספר העצים לטיפול: 5.



בניסויי שנה ג, השפיע האילוח בתבדיד ה *F. solani* במובהק על גובה השתיל אשר הופחת מ 78.1 ל 57.0 ס"מ (הפחתה של 27%) והיקף הגזע הופחת מ 4.75 ל-3.74 ס"מ (הפחתה של 21%). בנוסף גרם האילוח בתבדיד ל 20% תמותה בשתילים המאולחים ב *F. solani* לעומת 0% בשתילי הביקורת. האילוח בתבדיד ה *R. solani* הפחית בצורה מתונה של 12% את היקף הגזע (הבדל מובהק במבחן Dunnett בלבד) אך לא היה הבדל בגובה הצמחים בהשוואה לבקורת.

איור 10. השפעת הוספה לקרקע של טיפול בקורת בתוספת דוחן 1%; תבדיד *Fusarium solani* בתוספת דוחן 1% ותבדיד *Rhizoctonia solani* בתוספת דוחן 1% על גובה השתיל (א) והיקף הגזע (ב). הניסוי בוצע בעציצי 10 ליטר בהם נשתלו כנות M-106 ב-21 למאי 2019 בחוות מתתיהו. היקף הגזע וגובה השתיל נדגמו שלושה ימים אחרי השתילה (עמודות כחולות) ו-135 יום (עמודות אדומות) לאחר השתילה והאילוח. קווים אנכיים מסמנים את שגיאת התקן. לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים לפי מבחן Tukey HSD אך כן במבחן Dunnett בהשוואה עם טיפול הביקורת. הבדלים במבחן Dunnett ברמת מובהקות $0.05 >$ מסומנים בכוכבית.



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 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 מהעיסה רוויה 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 (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,) בוצעה בעזרת מכשיר (Malvern, England). תכולת הגיר נקבעה בעזרת מכשיר קלצימטר ואילו המוליכות ההידראולית ברוויה במכשיר Ksat (Decagon Devices, USA).

תוצאות:

טבלה 7: 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 המוהקו 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			יחידות	משתנה
p	שנטוע	מחזור	p	שנטוע	מחזור	p	שנטוע	מחזור		
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)	$\mu\text{S/cm}$	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/cm ³	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)		CaCO ₃
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

במרבית הפרמטרים הנבחנו, לא נמצא 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), אולם 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, 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 דישון, 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 ההידרהולית ברוויה (Ksat) ותכולת החומר האורגני. בשטח זה נמצאו הבדלים מובהקים ($p < 0.05$) בכל אחד מהמשתנים.

דיון

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. כל הכנות נמצאו עמידות למחלת השנטוע/חזקות במיוחד בבחינה באתרים בהן הן פותחו. בנוסף, עמידות הכנות נבחנת בניסוי בקרקע מנותקת, לצורך אפיון עתידי של השפעת מחלת השנטוע על התפתחות מערכת השורשים. רוב הכנות נבחנות לראשונה בארץ בניסוי זה, כך שבנוסף לרמת עמידותן למחלת השנטוע, מתקבל מידע על ביצועי כנות אלה בקרקע "רגילה" ולא משונטעת, בהשוואה לכנה המשקית, חשבי 4-13.

חלקת הניסוי מתפתחת יפה, כפי שניתן ללמוד מהשינוי בהיקף הגזע בכנות השונות בהשוואה למדידת האפס. השוואת הנתונים המעידים על עצמת הצימוח בשנים ב' ו-ג', מלמדת על הפחתת הפגיעה בהתפתחות העצים עקב מחלת השנטוע בשנה ג' ביחס לשנה ב'. כך, בשנה ב' (שנתיים לאחר הנטיעה), השינוי בהיקף הגזע בכלל הכנות שניטעו בשנת 2016 היה 72% ביחס לקרקע הביקורת, ואילו בשנה ג' (שלוש שנים לאחר הנטיעה) היחס היה 90%, וגובה העץ היה בשנה ב' 66% בקרקע השנטוע לעומת קרקע הביקורת, ו-83% בשנה ג'. תוצאות אלה מרמזות למגמה של החלשות השפעת מחלת השנטוע בחלקת המבחן.

6 מהכנות שניטעו ב-2016 ניטעו בשני עומקי נטיעה: הרכבה טמונה, והרכבה מעל לפני הקרקע. המגמה היא של החלשת השפעת מחלת השנטוע בהרכבה הטמונה. באותן כנות, בפרמטר המתאר בצורה החזקה ביותר את עצמת הצימוח, שינוי בהיקף הגזע, יחס שנטוע/מחזור בנטיעה מעל פני הקרקע היה 86%, ובנטיעה הטמונה היה 97%. תוצאה זו מרמזת לפוטנציאל של הקלה בחומרת מחלת השנטוע, ע"י ביצוע נטיעה טמונה.

התוצאות הראשוניות שבידינו (3 ו-2 שנים לאחר נטיעה, של הכנות שניטעו בשנים השונות) מרמזות לפוטנציאל לעמידות למחלת השנטוע בכנות CG202, NY67, MM104, MM109, ו-NY382, בהן נמצאה השפעה פחותה של קרקע השנטוע, עם יחס שנטוע/ביקורת של 110%, 97%, 92%, 92% ו-83%, בהתאמה, של שינוי היקף הגזע. עם זאת, ייתכן שבחלק מהכנות, למשל כנה CG202, התוצאה נובעת מחולשה של הכנה בקרקע הביקורת, ולא מעמידות יוצאת דופן למחלת השנטוע.

המדד הרלוונטי למגדלים הינו רמת היבול, ונתוני יבול ראשוניים יתקבלו בשנת 2020. נתוני יבול ייאספו לפחות 6 שנים, במקביל להמשך איסוף נתוני צימוח, ע"מ שנוכל לקבל תמונה מהימנה על רמת העמידות של הכנות השונות למחלת השנטוע.

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

במהלך שנות המחקר בוצע אפיון מקיף של 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 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. 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 באופן Bt, הערכים היו נמוכים בחלקות השנטוע בהשוואה לחלקות הביקורת, דבר שעשוי לנבוע מהבדלים בפעילות המיקרוביאלית בקרקע.

איתור גורמים פתוגנים המעורבים בתופעת השנטוע בתפוח:

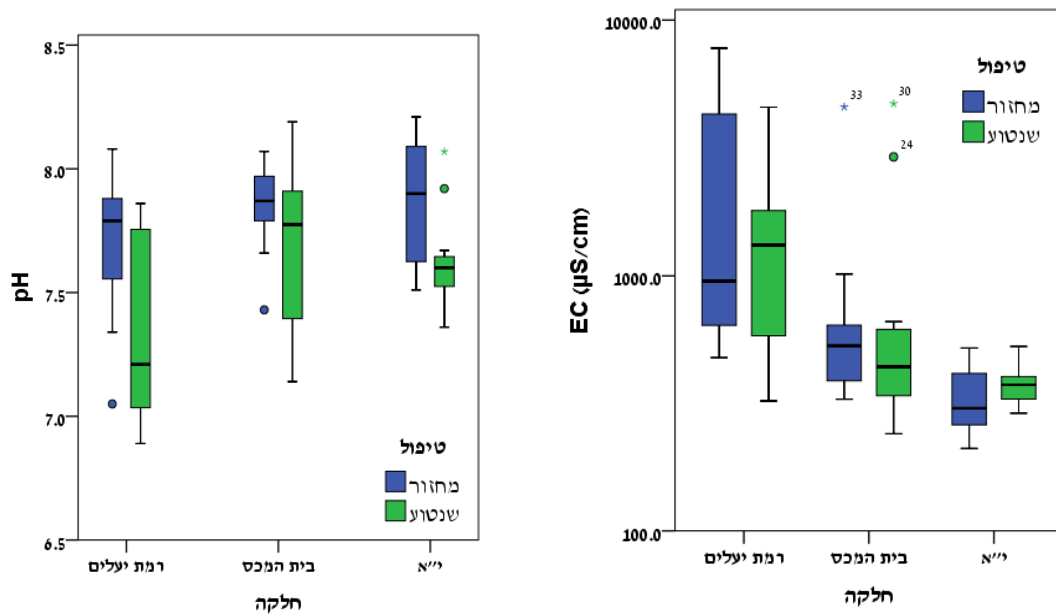
איפיון הפתוגנים שוכני הקרקע פוזריום ופיתיום בצמדי (שנטוע ומחזור) החלקות התאומות בשנה א' וב' של המחקר העלה כי קיימים בשטח מספר פתוגנים ג'נרליסטים משניים אשר מעורבים בהחלשת עצי התפוח, ביניהם ניסויי האילוח והדגימות אשר בוצעו בחוות מתתיהו רומזות כי ייתכן וקיימת מעורבות של פוזריום סולני כחלק מהקומפלקס אשר גורם למחלה. אמנם לא נצפתה מובהקות סטטיסטית בתוצאות הניסוי שנה ב', אך הפחתה של 15% בהיקף הגזע וקיום ריכוז אוכלוסייה גבוהה פי 18 בקרקע מחלקת השנטוע מעלים את ההשערה כי אי המובהקות נובעת ממספר חזרות נמוך. העלאת מספר החזרות בשנה ג' אכן הראה מובהקות סטטיסטית בהפחתה של מעל 20% במדדי הצימוח. לרוב *F. solani* נחשב פתוגן חלש אשר במקרים רבים איננו מחולל המחלה המרכזי אלא מתלווה לפתוגנים דומיננטיים אך יכול להשפיע על מדדי גידול הצמח. זאת ובנוסף לעובדה כי כיום תופעת השנטוע נחשבת כקומפלקסים של פתוגנים המכתיבים את התופעה, קשה להניח כי *F. solani* מהווה גורם יחיד. אם זאת ייתכן ויוכל לשמש כאינדיקטור לתופעת השינטוע בניסויים עתידיים או להערכת עמידות הכנות. ניסיון לבצע שימוש בביו-פחם מגזם כפות תמרים לא הפחית את נזקי תופעת השנטוע. 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

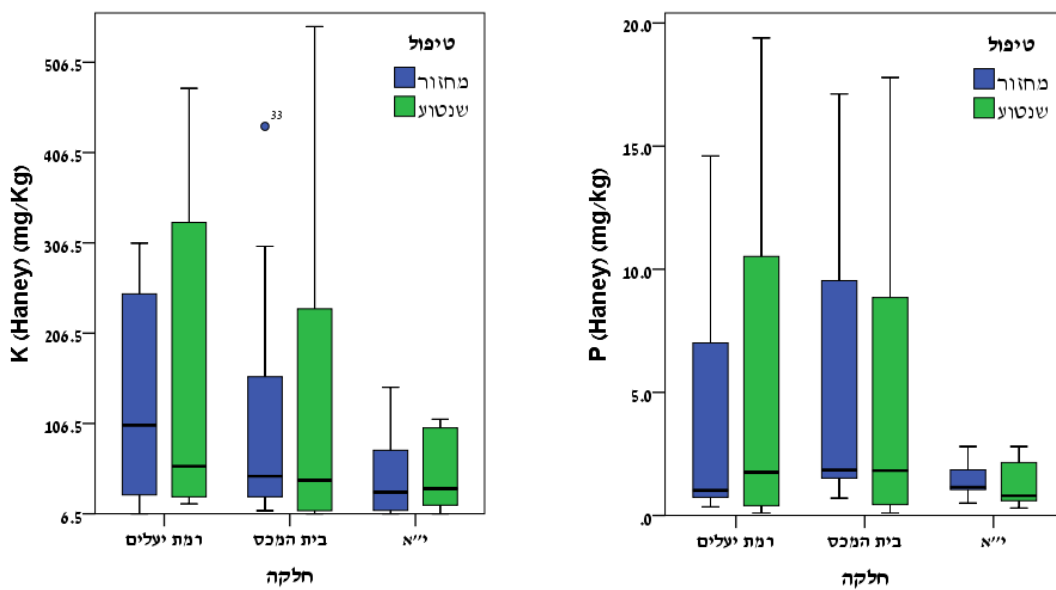
- גור א, כהן י, לוצטי י, וברקאי צ (1991): חיטוי הקרקע לפני הנטיעה בשנטוע אפרסקים ותפוחים. עלון הנוטע 45: 605-614.
- דורון י, משה א, מאירי ב (2007): שנטוע תפוח-מנרה סיכום שנת 2007. ספריית מו"פ צפון-נשירים-תפוח.
- Brown G, Schimansky L, and Jenings D. (2004): Combat replant disease without methyl bromide. *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

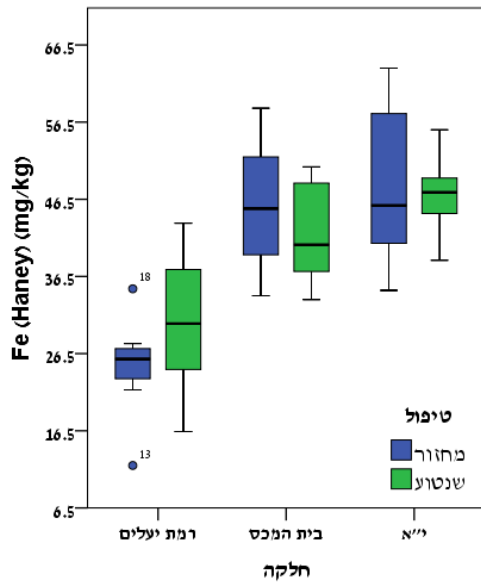
נספח 1: גרפים_מאפייני קרקע נבחרים:



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

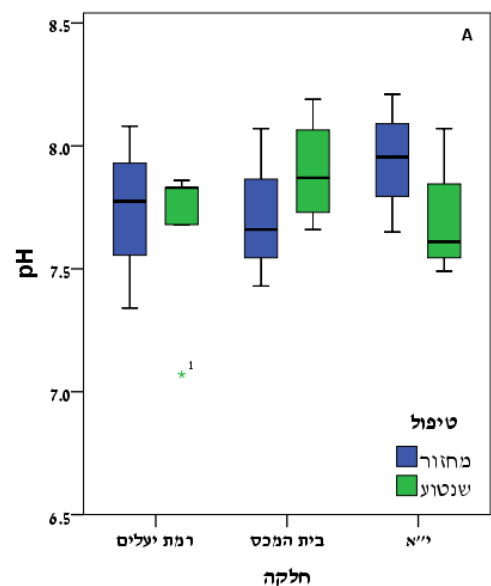
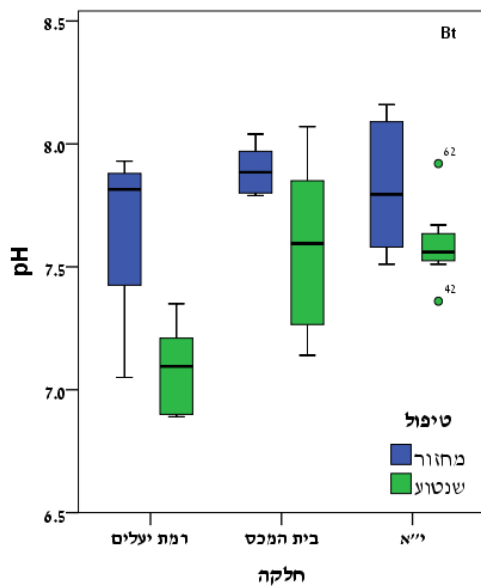


איור 2: השוואת ערכי האשלגן והחנקן במיצוי Haney, בין חלקות הגידול השונות ובין הטיפולים. באף אחד מהפרמטרים לא ניתן להצביע על הבדלים מובהקים בין חלקות הביקורת והשנטוע.

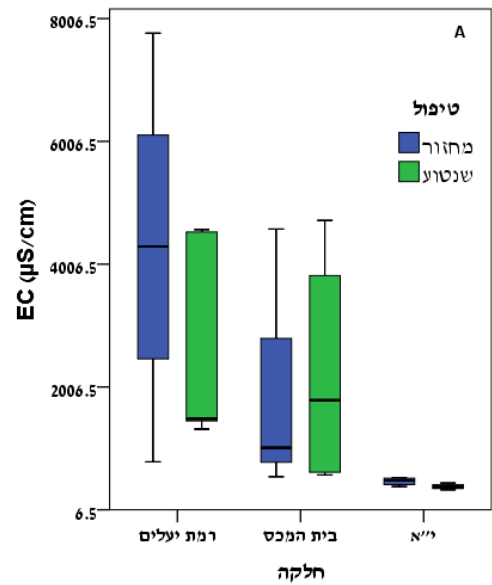
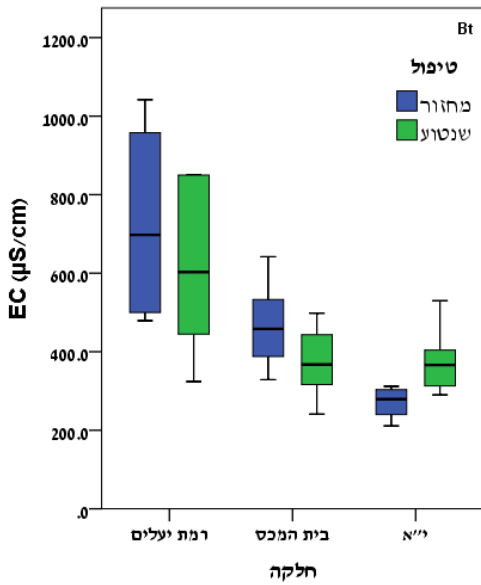


איור 3: ערכי הברזל במיצוי Haney, בחלקות הגידול השונות בחלקות הביקורת והשנטוע. למרות שבתוך החלקות לא ניתן לזהות הבדלים, ניתן לראות כי ברמת יעלים (ברעם), תכולת הברזל נמוכה בהשוואה לחלקות מלכיה (בית המכס ו- י"א).

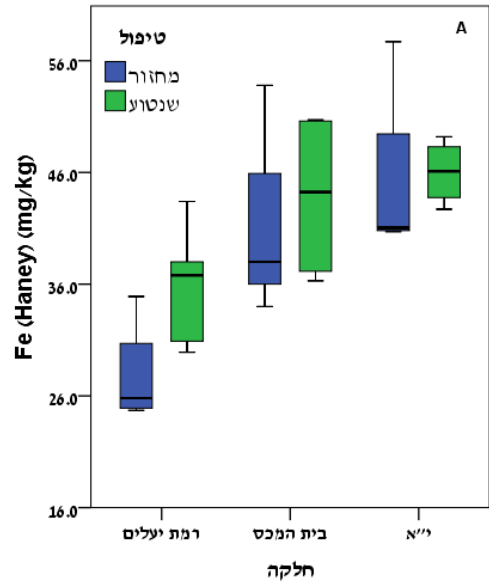
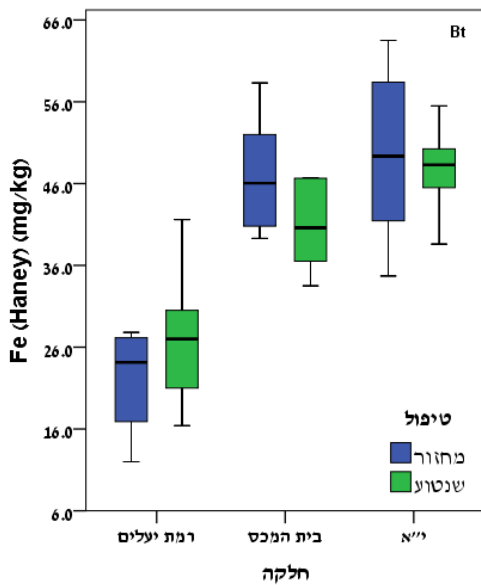
התייחסות למאפייני הקרקע לאחר הפרדה בהתאם לאופקי הקרקע:



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 ($p < 0.05$).