

משרד החקלאות - דו"ח מסכם לתוכניות מחקר
מוגש לקרן המדען הראשי

קוד זיהוי		א. נושא המחקר (בעברית)	
709-0008-13		שימוש בעצי אגס עמידים להתמודדות עם פסילת האגס	
ב. צוות החוקרים		ג. כללי	
שם פרטי	שם משפחה	מוסד מחקר של החוקר הראשי	
חוקר ראשי	גרשמן	אוניברסיטת חיפה באורנים, gerchman@research.haifa.ac.il	
חוקרים משניים		סוג הדו"ח	
1	שאלתיאל הרפז	תאריכים	
2	הולנד	תקופת המחקר	
3	סורוקר	עבורה מוגש הדו"ח	
4	מופק	תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	תאריך
5	בר יעקב	שנה חודש	שנה חודש
6	חאטיב	07 / 2017	12 / 2016
7	קדושים	03 / 2013	
ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח			
שם מקור המימון		קוד מקור מימון	
קרן המדען הראשי של משרד החקלאות		סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בש"ח	
		120,000	

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתובת דיווחים

הבעיה - פסילת האגס היא מזיק חשוב ביותר לגידול האגס. בארץ שני תכשירי הדברה יעילים בלבד ויש צורך בשיטות נוספות לבקרת אוכלוסיית הפסילה. **מטרות לתקופת הדו"ח**: 1. לימוד השימוש המעשי בהרכבות של טיפוס אגס עמידים (Py.701-202 ו-Py.760-261) ככנות ביניים על כנות אגס מסחריות, עם רוכבים מהזן המסחרי 'ספדונה', ליצירת הרכבות עמידות לפסילה. בדיקת העמידות והתכונות ההורטיקולטוריות של הרכב (יבול ואיכות פרי). 2. בידוד זיהוי החומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה. **שיטות עבודה**: במשך שלוש שנים נבדקו צירופים שונים של הטיפוסים העמידים Py.701-202 ו-Py.760-261 ככנות ביניים באורכים ועיצובים שונים לזן ספדונה על שתי כנות בסיס מסחריות חשוב. בניסויי שדה ומעבדה נבדקה רגישות הספדונה המורכבת לפסילה. בנוסף נבדקו התכונות החקלאיות של העצים המורכבים: כמות ואיכות הפרי, הישרדות והתפתחות העצים. בניסויי מעבדה נערכה סריקה אחר הגורמים האחראים לעמידות בנדיפי ובמוהל הצמחים עמידים. בשיטות ביוכימיות ובעזרת GC/MS זוהו חומרים הקשורים לעמידות והם נבדקו לאחר מכן בניסויי מעבדה וחצי שדה לבחינת השפעתם על הפסילה. **תוצאות ומסקנות: (1)** קיימת העברה של עמידות מכנות הביניים העמידות לרוכב הרגיש, העברה זו מוגברת ככל שאורך כנת הביניים וכמות העלזה עליה גדולה יותר. (2) זוהו נדיפים שנימצאים בכנה העמידה ובספדונה המורכבת עליה ומפחיתים משמעותית את שרידות הנימפות, ביניהם Styren. חומרים אלו כומתו ובניסויי מעבדה וחצי שדה נימצאו כפוגעים בהישרדות הפסילה (3) לא מצאנו חומרים במוהל הצמחים העמידים שנמצאו גם במורכבים על העמידים. (4) הצירוף של כנת הביניים Py.701-202 על כנת בטוליפוליה הניב פרי שלא נפל באיכותו אף עלה בכמותו על ספדונה ללא כנת ביניים. כנת הביניים Py.760-261 מובילה להישרדות מופחתת של העצים, לצימוח מועט ולפחות יבול.

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

26.7.17	יורם גרשמן
תאריך	חוקר ראשי
(שנה) (חודש)	מנהל המחלקה
(יום)	מנהל המכון (פקולטה)
רשות המחקר	אמרכלות (רשות המחקר)

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 709-0008-13

שם המחקר: שימוש בעצי אגס עמידים להתמודדות עם פסילת האגס

The use of resistant pear trees in order to control pear psylla

מוגש ע"י:

יורם גרשמן, אוניברסיטת חיפה באורנים, gerchman@research.haifa.ac.il, שאלתיאל-הרפז ליאורה, מו"פ צפון, דורון הולנד, מינהל המחקר החקלאי נווה יער, ויקי סורקר, מינהל המחקר החקלאי, מוופק אבדח, מינהל המחקר החקלאי-נווה יער, עירית בר יעקב, מינהל המחקר החקלאי נווה יער, כאמל חטיב, מינהל המחקר החקלאי נווה יער, ריקה קדושים, מו"פ צפון

1.2 תקציר

הבעיה- פסילת האגס היא מזיק חשוב ביותר לגידול האגס. בארץ שני תכשירי הדברה יעילים בלבד ויש צורך בשיטות נוספות לבקרת אוכלוסיית הפסילה. מטרת התקופת הדו"ח: 1. לימוד השימוש המעשי בהרכבות של טיפוסים אגס עמידים (Py.701-202 ו-Py.760-261) ככנות ביניים על כנות אגס מסחריות, עם רוכבים מהזן המסחרי 'ספדונה', ליצירת הרכבות עמידות לפסילה. בדיקת העמידות והתכונות ההורטיקולטוריות של הרכב (יבול ואיכות פרי). 2. בידוד זיהוי החומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה. שיטות עבודה: במשך שלוש שנים נבדקו צירופים שונים של הטיפוסים העמידים Py.701-202 ו-Py.760-261 ככנות ביניים באורכים ועיצובים שונים לזן ספדונה על שתי כנות בסיס מסחריות חבוש. בניסויי שדה ומעבדה נבדקה רגישות הספדונה המורכבת לפסילה. בנוסף נבדקו התכונות החקלאיות של העצים המורכבים: כמות ואיכות הפרי, הישרדות והתפתחות העצים. בניסויי מעבדה נערכה סריקה אחר הגורמים האחראים לעמידות בנדיפי ובמוהל הצמחים עמידים. בשיטות ביוכימיות ובעזרת GC/MS זוהו חומרים הקשורים לעמידות והם נבדקו לאחר מכן בניסויי מעבדה וחצי שדה לבחינת השפעתם על הפסילה. תוצאות ומסקנות: (1) קיימת העברה של עמידות מכנות הביניים העמידות לרוכב הרגיש, העברה זו מוגברת ככל שאורך כנת הביניים וכמות העלוה עליה גדולה יותר. (2) זוהו נדיפים שנימצאים בכנה העמידה ובספדונה המורכבת עליה ומפחיתים משמעותית את שרידות הנימפות, ביניהם Styren. חומרים אלו כומתו ובניסויי מעבדה וחצי שדה נימצאו כפוגעים בהישרדות הפסילה (3) לא מצאנו חומרים במוהל הצמחים העמידים שנמצאו גם במורכבים על העמידים. (4) הצירוף של כנת הביניים Py.701-202 על כנת בטוליפוליה הניב פרי שלא נפל באיכותו אף עלה בכמותו על ספדונה ללא כנת ביניים. כנת הביניים Py.760-261 מובילה להישרדות מופחתת של העצים, לצימוח מועט ולפחות יבול.

מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי: משה פלישמן - מינהל המחקר החקלאי, משה עינבר - אוניברסיטת חיפה, איציק מרטינז - מכללת תל חי, אפריים לוינסון - נווה יער

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים

תאריך: 26.07.17

חתימת החוקר הראשי

1.1 תוכן עניינים

<u>עמוד</u>	<u>נושא</u>	<u>סעיף</u>
2	תקציר מדעי של המחקר	1.2
3	מבוא ותיאור הבעיה	1.3
5	מטרות המחקר	1.4
4	תיאור מקיף של הפעלת המחקר	1.5
12	תוצאות	1.6
17	דיון ומסקנות	1.7
18	טופס סיכום עם שאלות מנחות	1.8
19	נספח תרשימים וטבלאות	1.9
26	נספח ספרות מצוטטת	1.10

1.3 מבוא ותיאור הבעיה

פסילת האגס, Homoptera: Psyllidae, הינן חרקים מונופגיים הניזונים באופן בלעדי על מינים של הסוג אגס. נכון להיום ידועים 7 מינים של פסילות הניזונות על אגס (Burckhardt and Hodkinson, 1986) כמה מהם מזיקים חשובים של זני אגס מסחריים, בעיקר *Cacopsylla pyricola* (Forster) C. *pyri* ו-*C. bidens* (Sulc) שהינה המין הנפוץ בארץ. פסילת האגס מהווה מזיק ספציפי חשוב ביותר של גידול האגס בארץ וגורמת להפחתה משמעותית באיכות וכמות הפרי, להפרעת ולהפסקת הקטיף, ולעיתים אף לנוון המטע. בשנים האחרונות מתרבות התפרצויות המזיק בישראל ומתגלים קשיים רבים בהדברתו עקב התפתחות עמידות לקבוצות שונות של תכשירי הדברה, תופעה ידועה בעולם. כיום בארץ שני תכשירי הדברה בלבד אפקטיביים (Abamectin, Amitraz) אולם גם כנגדם כבר החלה להופיע עמידות. במקביל הולכת וגוברת המודעות למחירים האקולוגי והכלכלי הכבד של השימוש בתכשירים אלו, דבר שמעורר הצורך למצוא שיטות נוספות שטרם נוסו בארץ, לבקרת אוכלוסיית הפסילה.

הגישה המשולבת לבקרת מזיקים (IPM) קוראת לשימוש בזנים עמידים למזיקי מפתח. שיטה זו הינה בעלת מספר יתרונות כגון העדר רעילות לאדם ולסביבה והעדר השפעה שאריתית והיא עשויה להתאים לשימוש בשילוב עם שיטות בקרה נוספות. בהקשר זה יש צורך בזיהוי זנים כאלו גם בהקשר פסילת האגס. עמידות כזו יכולה לנבוע ממנגנוני ההגנה של הצמח או מסבילות (Tolerance) - מנגנוני פיצוי של הצמח על הפגיעה בו. במערכות חקלאיות זיהוי פרטים וזנים עמידים והבנת הגורמים הקשורים לעמידות זו יכולים לסייע רבות בפיתוח ממשק הדברה למזיק שהינו ידידותי לסביבה. ניתן לחלק את מנגנוני ההגנה של צמחים כנגד חרקים צמחונים, למנגנוני הגנה קבועים הקיימים כל הזמן בצמח, ולמנגנוני הגנה מושרים המתעוררים רק כתגובה לפגיעה ע"י החרק. בכל אחד מהם נתן

להבחין בין הגנה ישירה המופנית כנגד תוקפי הצמח הצמחוניים ובהגנה עקיפה בה הצמח מעודד אויבים טבעיים כנגד תוקפיו (Vet and Dicke, 1992). תגובת ההגנה כוללת בין היתר חומרים כימיים, מטבוליטים משניים (כגון טנינים, שמנים אתריים, אלקלואידים, פוליפנולים) וחומרים רבים נוספים (Feeny, 1992; Lorio, 1988). הגנה ישירה יכולה להתבטא בדחייה (antixenosis) של חרקים, דבר הבא לידי ביטוי בכך שהחרקים לא נוחתים על הצמח, לא ניזונים ממנו ולא לא מטילים עליו או בפגיעה ישירה בחרקים (antibiosis) כגון פגיעה בהתפתחות ובקצב גידול החרקים, בשרידותם ולא בפוריותם (Futuyma and Keese, 1992; Slansky, 1992 Gatehouse, 2002) – בין ע"י יצור חומרים הפוגעים בחרק או מנגוני הגנה פיזיקאליים היוצרים חיץ בין החרק לצמח ומפריעים לתנועה, ההזנה או הרבייה שלו (Futuyma and Keese, 1992).

הסוג אגס (*Pyrus L*). כולל יותר מ 30 מינים, אך רק מעטים מהם מטופחים, בעיקר אלו שהם בעלי תכונות רצויות של איכות וכמות פרי, בעוד השאר מנוצלים ככנות (Westgard et al., 1970). בארה"ב נמצאו מספר מיני זני אגס אסיאניים ואירופיים, העמידים במידה רבה למינים אירופיים ואמריקאיים של פסילת האגס *C. pyricola* ו *C. pyri* (Bell 1992; Bell and Stuart 1990; Pasqualini et. al.,) (2006). בבדיקה השוואתית נמצא שבחלק מטיפוסי האגס העמידים נמצאו שני מנגוני העמידות, דחייה ופגיעה ישירה גם יחד (Chang and Philogene 1976) ולעומתם יש כאלו בהם רק אחד מהמנגונים קיים. לפיכך מניחים שהמערכת הגנטית התומכת בשני המנגונים היא בלתי תלויה (Puterka et al., 1992). יתרה מזאת, מחקרים חדשים מראים שהבקרה הגנטית לעמידות של אגסים לפסילת האגס *C. pirios* היא תכונה פוליגנטית (Bellini and Nin 2000).

בישראל נמצא שכל זני האגס המסחריים שמגדלים בארץ (ספדונה, קוסטיה וג'נטיל) רגישים לפסילה (סבירסקי 1954), כמו גם מרבית הזנים המסחריים האירופיים. בסריקה של אוסף זני האגס בנווה יער אותרו הזנים Py.701-202 ו Py.760-261 (להלן 760 ו-701 בהתאמה) שנמצאו כעמידים לפסילה ושיעור הנגיעות בהם היה נמוך עד פי 10 מאשר בזן המסחרי 'ספדונה' (Shaltiel-Harpaz et al.,) (2014). עם זאת טיפוסי האגס הללו אינם נושאים פרי איכותי ולכן אינם יכולים להוות תחליף ל'ספדונה'. נכון להיום ידוע מעט מאוד על הגורמים לעמידות של אגסים לפסילות ברמה הפיזיולוגית והכימית. Philogene and Chang (1978) הראו שמיצוי שומני של עלי אגס מזן רגיש (old home) שרוסס על זן עמיד עורר אכילת העלה העמיד ע"י הפסילות, בעוד שמיצוי שומני של עלים מזן עמיד (*Pyrus ussuriensis*) שרוסס על זן רגיש היה בעל השפעה דוחה. Bell (1984) הציע שבמינים בהם מנגון העמידות הוא פגיעה ישירה, תמותת הנימפות עשויה להיגרם ע"י חומרים השייכים לקבוצת הפוליפנולים או ע"י מטבוליטים משניים אחרים הנאכלים ע"י הנימפות. בנוסף נמצא שקיימים הבדלים בתכולת חומרים מקבוצת ה- Flavone glycoside - מין האגס האסיאני העמיד *P. ussuriensis* נמצא כמכיל אותם בעוד המין האירופאי הרגיש *P. communis* חסר אותם. נמצא גם שיש מעורבות נדיפים במשיכת הפסילה (Lapis and Borden, 1992). נמצאו גם רמזים למעורבות מרכיבים פנוליים (trans-p-coumaroyltormentic acid-3-0), בזנים הרגישים לפסילות ("Conference") ו"De novo" (הפרשת חומרים אלו התרחשה רק אחרי התקפת פסילה, בעוד שבזנים עמידים

"Bartlett" ו-"NY10355") חומרים אלו מצויים בצמח כל הזמן, אך ייצורם מוגבר בזמן התקפת פסילות, כך גם הראו שתזונת פסילות על אגסים גרמה להפרשת חומר נדיף (E,E)-farnesene and (Scutareanu et al. 1996) [methyl-salicylate]. הפרשת נדיפים ע"י הזנים העמידים והשפעת נדיפים אלו נבדקו גם במחקר זה. כנות משמשות לריבוי עצי פרי כבר יותר מ-2000 שנה. הרכבות כוללות בד"כ שני מרכיבים בלבד - כנת הבסיס (rootstock) שבה מתפתחת מערכת השורשים ועליה מורכב הרוכב (scion) המניב את היבול, אך ישנן גם הרכבות "סנדויץ" בהן נוסף מרכיב שלישי - כנת הביניים (intersock) המורכבת בין כנת הבסיס והרוכב. השימוש העיקרי בכנות היה ועודנו כאמצעי לריבוי הרוכבים, אולם נמצא פעמים רבות שלכנות השפעה גדולה על תכונות הרוכב - חיוניות, מועד ההתעוררות, קצב הגידול, כמות ואיכות הפריחה ושיעור החנטה, מידת ההתפצלות לענפים, מספר העלים ושטח העלווה הכולל (Webster 1995). ישנם מחקרים המצביעים על כך שלהרכבות יכולות להיות השפעות גם על פרוקי רגליים מזיקים בעלווה. למשל בהרכבות בדלועים נמצאו כנות שהפחיתו את הנגיעות באקרית *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) ברוכבים רגישים (Edelstein et al., 2000). בהדרים, כנות שונות השפיעו על מהלך החיים של האקרית הצהובה *urticae Koch* (Bruessow et al., 2010) *Tetranychus* שימוש בסולנום בר ככנה בעגבניות הפחית את צפיפות *Bactericera* כנימת עש הטבק (*Bemisia tabaci* Genn) וכן את צפיפות פסילת תפוחי האדמה *cockerelli Sulc* וכנימת עלה הדלועים (*Aphis gossypii* Glover) בהשוואה לצמחים שאינם מורכבים (Alvarez-Hernandez et al., 2009). תצפיות אלו הפכו את השימוש בהרכבות לכלי חשוב בהדברה המשולבת, המאפשר הפחתת השימוש בחומרי הדברה ושילוב עם אויבים טבעיים (Louws et al., 2010). קשיים בריבוי הזנים העמידים הנ"ל העלו את האפשרות להשתמש בהם ככנות בהרכבת "סנדויץ" ועניין זה נבדק במחקר זה.

נמצא שלאורך ומבנה כנת הביניים השפעה על הרוכב. כך למשל נמצא שהשפעת כנות ביניים מנסות באגס ובתפוח גדלה ככל שאורך כנת הביניים היה גדול יותר (Parry & Rogers, 1972). בהתאמה נמצא גם שאם מניחים למספר ענפונים להתפתח מכנת הביניים מידת עיכוב הצימוח הייתה רבה יותר מאשר מכנת ביניים ללא ענפונים, עובדה המצביעה על כך שבעלוות כנת הביניים ישנם גורמים המשפיעים על הרוכב (Jones and Qunlin, 1981). גם עניין זה נבדק במחקר להלן.

1.4 מטרות המחקר

1. לימוד השימוש בטיפוסי האגס עמידים (Py.701-202 ו-Py.760-261) ככנות ביניים על כנות אגס מסחריות, עם רוכבים מהזן המסחרי 'ספדונה', ליצירת רוכבי ספדונה עמידים לפסילה. בדיקת העמידות, השפעת אורך ועלוות כנת הביניים, והתכונות ההורטיקולטוריות של הרוכב (יבול ואיכות פרי).

2. בידוד וזיהוי חומרים המעורבים בעמידות הטיפוסיים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה, להבנה מעמיקה יותר של מנגנון העמידות.

1.5. פירוט עיקרי הניסויים

חלקות המחקר

החלקה בחוות המטעים ניטעה בחוות המטעים בשנת 2010 ובה 10 טיפולים שונים של עצי אגס עם הרכבות שני הטיפוסים העמידים ככנות ביניים וביקורות לפי הפרמטרים הבאים: (א) **שני סוגי כנות בסיס** - חבוש ובטוליפוליה (*Pyrus betulipholia*), (ב) **שני טיפוסים כנות הביניים** - Py.701-202 ו- Py.760-261, ג. **שני אורכי כנות ביניים** - 20 ס"מ או 50 ס"מ. ד. **שלושה טיפולי גיזום של כנת הביניים** - ללא עלווה כלל, עם ענף אחד של כנת הביניים וללא גיזום כך שיש על כנת הביניים מספר ענפים ה. **ביקורות** - 'ספדונה' על שתי כנות הבסיס ללא כנת הביניים העמידה. וביקורות של הטיפוסים העמידים Py.701-202 ו-Py.760-261 כרוכים ולא ככנות ביניים). בחלקה ישנן כ-15-20 חזרות מכל טיפול, סה"כ 258 עצים.

החלקה בנוה יער ניטעה בשנת 2009 ובה 5 טיפולים שונים של עצי אגס מהטיפוסים העמידים ועצי 'ספדונה' המורכבים על כנות בטוליפוליה זריעה וכן הרכבות של ספדונה על כנות ביניים מהטיפוסים העמידים. נבדקו כנות במגוון אורכים, בין 20-40 ס"מ, ללא עלווה על כנת הביניים, כ-7 חזרות לכל טיפול וסה"כ כ-40 עצים. במטעים בחוות המטעים ובנוה יער לא נעשה שימוש בקוטלי חרקים כדי לאפשר אכלוס טבעי בפסילות.

הפסילות - הפסילות ששימשו בניסויים הינן מגידול של פסילות שמתבצע בחלקות אגס ללא שימוש בקוטלי חרקים בחוות מתיתיהו ובחוות פיקמן.

הניסויים

למימוש מטרה 1: לימוד השימוש המעשי בטיפוסי האגס העמידים (701 ו-760) ככנות ביניים והשפעת צירופים שונים (סוג כנת הבסיס, אורך כנת הביניים, עלווה) על העמידות לפסילה ועל התכונות ההורטיקולטוריות של הרכב (איכות וכמות הפרי) בוצעו הניסויים הבאים:

ניסוי א. השוואת הישרדות והתפתחות נימפות צעירות בצירופי ההרכבות השונים במעבדה

מכל אחד מצירופי ההרכבות (כנת בסיס - חבוש או בטוליפוליה, אורך כנת ביניים - 20 או 50 ס"מ, כמות עלווה על כנת הביניים) נילקח ענף למעבדה וממנו נקטם העלה השני עם קטע מהענפון עליו מחוברת הפטוטרת. העלה הוכנס למבחנת 50 מ"ל ביחד עם 10 נימפות מדרגות I-II שהונחו בעדינות על העלה. העלים הוחזקו במעבדה בחדר מבוקר טמפרטורות (23 ± 2 מ"צ) עם משטר תאורה 16:8. כעבור שבוע נבדק שיעור ההישרדות של הנימפות, הדרגה הממוצעת אליה הגיעו

וכמות טל הדבש שהופרשה. **ניתוח הנתונים** נעשה בעזרת מבחני Anova, ושיעור ההישרדות (לעלה) נבחן גם בעזרת מבחן Student T אחרי טרנספורמציה \arcsin להתאמה לדרישות המבחן. **ניסוי ב.** השוואת שיעור ההטלה, בקיעת הביצים והתפתחות הנימפות על העצים בצירופי ההרכבות

השונים

מכל אחד מצירופי ההרכבה הנ"ל נקטפו בשדה ענפים בני שנה (אחד מכל עץ). בכל ענף בדקנו את מספר הביצים והנימפות על 5 העלים הבוגרים העליונים ובחנו שיעור הטלה. כדי לברר את שיעור הבקיעה והתפתחות הנימפות על העלים בטיפולים השונים הורדנו את העלה החמישי מכל ענף בתוספת פיסת ענפון, הסרנו ממנו את כל הנימפות שהיו (במידה והיו) והשארנו את הביצים. העלה הוכנס למבחנה והחוזק בתנאים מבוקרים כבניסוי א' ולאחר שבוע בדקנו את שיעור הבקיעה של הביצים ושיעור הישרדות הנימפות על כל עלה. ניתוח הנתונים נעשה בעזרת מבחני Anova, אחרי טרנספורמציה $\sqrt{}$ או \arcsin להתאמה לדרישות המבחן.

ניסוי ג. השוואת בניית האוכלוסיה בצירופי ההרכבות השונות בשדה

מאחר ובניסוי א' התברר שרמת העמידות המיטבית בעלי הרוכב מושגת כאשר כנת הביניים באורך מקסימאלי וללא גיזום (ראו תוצאות), עבדנו בניסוי בניית האוכלוסיה בשדה רק עם הרכבות עם כנת ביניים באורך 50 ס"מ עם כל העלווה, עם הכנות העמידות הלא מורכבות ועם ספדונה ללא כנת ביניים כביקורת. מכל אחד מהצירופים הללו נבחרו 5 עצים (ז"א 5 חזרות) שבכל אחד מהם נוקה ענף אחד מכל פרוקי הרגליים שעליו ונסגר בכלוב רשת 50 מש. לכל כלוב הוכנסו בתחילת מאי 3 בוגרים של פסילת האגס (2 נקבות וזכר). כעבור כ-3 שבועות נפתחו הכלובים ונספרו הביצים והנימפות (בשדה) בעזרת זכוכית מגדלת (X20). הכלוב נסגר בשנית וכעבור כ-3 שבועות נוספים הענפים הסגורים בכלובים נקטמו והנימפות והביצים נספרו במעבדה בעזרת בינקולאר (X80). מספרי הביצים והנימפות עבור כל מועד בדיקה הושו במבחני ANOVA.

השפעת כנות הביניים על התכונות ההורטיקולטוריות של העצים המורכבים

ניסוי ד. בחינת כמויות הפרי על רוכבי הספדונה בעצים המורכבים

כמות הפרי נבדקה בשלוש שנות המחקר (2014-2016) בקטיף. בשתי עונות הקטיף הראשונות כל הפירות נקטפו מכל עץ בחלקה בחוות המטעים שלו יש רוכב ספדונה (102 עצים בסה"כ). בשנת המחקר השלישית הפירות נקטפו רק מהעצים עם כנת הביניים Py.701-202 ומעצי הספדונה ללא כנת ביניים ששימשו כביקורת (68 עצים בסה"כ). במהלך הקטיף הפירות נשקלו במטע ונלקחו למעבדה לבדיקות איכות נוספות כפי שיפורט בהמשך.

ניסוי ה. בחינת איכות הפרי על רוכבי הספדונה בעצים המורכבים

גודל הפרי נמדד בעזרת טבעות סטנדרטיות למדידת קוטר בשלוש שנות המחקר. איכות הפרי נקבעה בקטיף הראשון ע"י דגימה של שלושה פירות באקראי מכל עץ ומדידת כמות המוצקים המומסים (כמ"מ) בעזרת רפקטומטר המודד 0-32% בריקס (Atago®)

ניסוי ו'. בחינת נזקי פסילת האגס בפירות

נזקי פסילה בשנת המחקר הראשונה נבדקו ע"י בחינת כל הפירות שנקטפו (4970 פירות סה"כ) בחוות המטעים ודיגום של כל הפירות מ-10 עצים במטע בנווה יער (485 פירות סה"כ). בבדיקות אלו נספרו כל הפירות עם סימני צריבות על הקליפה שמקורם מהצטברות של טל דבש, בהתאם לפרוקטוקול המקובל בבתי האריזה. בשנת המחקר השניה נזקי הפסילה לפירות בחוות המטעים נבדקו על כל העצים בהם כנת הביניים היתה באורך של 50 ס"מ עם כל העלווה על הכנה (2995 פירות סה"כ) וכל הפירות במטע בנווה יער (778 פירות סה"כ). בשנת המחקר השלישית נזקי פסילה נבדקו רק על העצים עם כנת הביניים Py.701-201, בכל אורכי כנת הביניים ובכל טיפולי הגיזום (3354 פירות סה"כ). ועל מדגם של 10 עצים במטע בנווה יער (431 פירות סה"כ).

ניסוי ז'. בחינת השפעת כנות הביניים וכנות הבסיס על התפתחות והישרדות העצים המורכבים

בסוף שנת המחקר הראשונה כאשר העצים המורכבים היו בני 3 שנים תיעדנו את תמותת העצים בכל טיפול וחישבנו את שיעור ההישרדות של העצים. כמדד להתפתחות העץ מדדנו את היקף הרוכב בגובה של 1.5 מ' מעל פני הקרקע בכל העצים בשלוש שנות המחקר.

למימוש מטרה 2. בידוד וזיהוי חומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-261-

Py.760 לפסילה והבנה מעמיקה יותר של מנגנון העמידות בוצעו הניסויים הבאים:

בדיקת מעורבות המוהל בהקניית העמידות לפסילה

ניסוי ח. בדיקת מעורבות המוהל בהקניית העמידות לפסילה

מוהל הצמחים מהטיפולים השונים נבדק להשפעתו על הישרדות הנימפות במערכות האכלה צמחיות. המוהל הופק מענפים צעירים של ע"י צנטרפוגציה כפי שתואר ע"י Raveh and Levy (2005). ספדונה שהורכבה על הטיפוסים העמידים, מענפי ספדונה ללא הרכבת בינים ומהעצים העמידים ועל הנבדק עלי ספדונה שנקטפו באקראי מעץ שהוצמא לקראת הניסוי כדי שיקלטו את המוהל הוכנסו למבחנת אפנדורף 2 מ"ל שהכילה 1 מ"ל מוהל +0.5 מ"ל מים מזוקקים כך שהפטוטרת היתה שקועה בנוזל. פתח המבחנה והפטוטרת נעטפו בפאראפילם למניעת אידיוי המוהל והקטנת השפעת נוכחות נדיפים על הישרדות הפסילות. על כל עלה ספדונה הונחו בעדינות 10 נימפות מדרגות 2-3 שנאספו ממטע ללא ריסוס באותו בוקר ובמהלך שבוע על נערך מעקב אחר הישרדות הפסילות וכמות טל הדבש שייצרו. כל מערכת ניסוי הוכנסה למבחנת פלסטיק 50 מ"ל שנסגרה במכסה עם רשת למנוע השפעה הדדית של נדיפי העלים זה על זה והוחזקה בחדר גידול מבוקר טמ"פ ותאורה.

ניסוי ט. בחינת החומרים המצויים במוהל

הפקת המוהל מן הטיפולים השונים נעשתה ע"י גיזום ענפים בני לפחות שנה בעובי של 1-2 ס"מ. הגיזום נעשה לפני הזריחה בזמן שהפיוניות סגורות. הענפים נעטפו בנייר אלומיניום ונשמרו בקירור עד להפקה על מנת לצמצם את איבוד המים. לצורך ההפקה הוכנסה גולה אל מבחנת 50 מ"ל וענפים

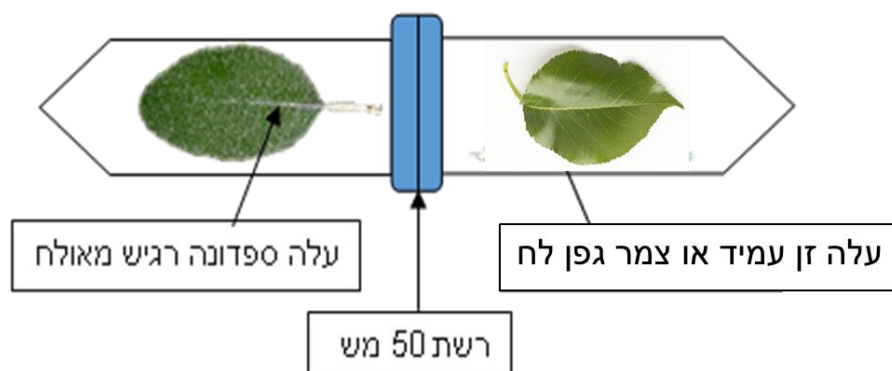
באורך המבחנה על הגולה. המבחנות סורכזו בקירור למשך 10 דקות והמוהל שהשתחרר נשמר במבחנות אפנדורף 1.5 מ"ל ב-80C עד למיצוי. כ-0.5 מ"ל מהמוהל הועברו לבקבוקי Headspace 20 ml שמכילים 20 gr1 סודיום כלוריד ומיד הוספו להם 7 מ"ל 20% סודיום כלוריד. המשך בחינת החומרים הנדיפים מהמוהל נעשה בהזרקה ל GC/MSD GC/MSD (Agilent 5975) שמצויד בקולונה קפילרית מסוג CPWax 57 CB הליום (He) שימש כגז נשא והאינג'קטור הוחזק ב-200°C. יוניציה נעשתה ב-EI mode ב-70EV וה-MS כוון לסריקת מסות 40-500 דלטון. תוצאות ההרצה עברו אנליזה ע"י תוכנת Chemstation והשוואה לספריות חומרים קיימות בנוה יער ובאורנים לצורך זיהוי. הבדיקות בוצעו ב 3 חזרות לכל צירוף צמחי בכל אחת מהשיטות.

בדיקת מעורבות נדיפים מעלי העמידים בהקניית העמידות וזיהוי נדיפים

ניסוי י. בדיקת מעורבות נדיפים מעלי העמידים בהקניית העמידות.

נדיפים מעלי הטיפוסים העמידים ומ'ספדונה' נבדקו להשפעתם על הישרדות נימפות ופסילות בוגרות ועל הטלת ביצים במערכת שמאפשרת מעבר נדיפים בלבד. מחלקת העצים המורכבים בנוה יער נלקחו ענפי ספדונה מ3 טיפולים- ספדונה מורכבת על 760, על 701 וללא כנת בינים. נלקחו גם ענפי עצים עמידים. סה"כ 7 חזרות מכל טיפול. הענפים נלקחו למעבדה ומכל ענף נחתכו העלים הרביעי והחמישי. בשלב ראשון נספרו מספר הפסילות על כל אחד מהעלים – כמדד למידת העמידות לאילוח הטבעי. אחרי הספירה הוסרו כל הפסילות מהעלים וכל אחד מהעלים הונח במבחנת פלסטיק 50 מ"ל שכוסתה ברשת חרקים 50 מאש ואליה הוברגה מבחנה שנייה שהכילה עלה 'ספדונה' (איור 1) עבור עלי המורכבים השונים הוצא כעבור 3 ימים העלה המורכב על הכנה העמידה בחצי מהמבחנות ובמקומו הוכנס עלה ספדונה (מצמח ללא כנת ביניים) כדי לשמור על לחות במערכת. בכל המערכות הוכנסו נימפות והונחו על עלה הספדונה המקורי - כך בחצי מהמבחנות עלה הספדונה עם הפסילות היו חשופות לנדיפים שהופרשו מהעלה המורכב על עמיד ובחצי השני נבדקה השפעת חשיפה 'היסטורית' (ומכאן, מושרית). המערכת הוחזקה בחדר מבוקר טמפרטורה עם משטר תאורה של 16:8 למשך שבוע ולאחריו נבדקה הישרדות הפסילות.

איור 1: מערכת הניסוי לבדיקת השפעת נדיפים



בידוד וזיהוי החומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה

ניסוי יא. השוואת זיהוי נדיפים מעלים של צירופי ההרכבות השונים

עלים בוגרים מן הטיפולים השונים ('ספדונה', 'ספדונה' מורכב על 701, 'ספדונה' מורכב על 760, והטיפוסים העמידים 701 ו-760) נקטפו בשעות הבוקר המוקדמות, נבחנו תחת בינוקולר לשלילת נוכחות חרקים על העלים, הוקפאו בחנקן נוזלי ונשמרו בטמפ' של -80°C עד למיצוי. המיצוי נעשה במספר דרכים:

מיצוי ללא הידרוליזה: העלים נכתשו בחנקן נוזלי, 1 gr אבקה הועברה למבחנות 50 מ"ל והוספו 10 מ"ל, MTBE (tert methyl butyl ether). הדוגמאות טולטלו למשך לילה בטמפ' החדר, הממס הועבר לארלנמייר והוסף סודיום סולפט (לספיחת שאריות מים). לאחר מכן הועבר הנוזל למבחנה חדשה ורוכז לנפח של 1.5 מ"ל ע"י זרם חנקן.

מיצוי בהידרוליזה כימית: העלים נכתשו בחנקן נוזלי, 1 gr אבקה הועברה למבחנות של 50 מ"ל והוספו 1.5 מ"ל 95% methanol ולאחר מכן הוספו 5 מ"ל 0.5 M HCl והודגרה ב 70 מעלות למשך לילה. המבחנות הוצאו מהאמבט והורשו להתקרר, לאחר מכן הוספו 5 מ"ל 5% NaCl והנוזל עורבב עד להמסה. הוספו 10 מ"ל MTBE והפאזות עורבבו בזהירות למשך 2 דקות. הפאזה העליונה (אורגנית) הועברה לארלנמייר חדש והפאזה המימית מוצתה פעמיים נוספות ב-10 מ"ל MTBE. הוסף סודיום סולפט (לספיחת שאריות מים) לאחר מכן הועבר הנוזל למבחנה חדשה ונעשה נידוף לנפח של 1.5 מ"ל ע"י זרם חנקן.

בכל המקרים הוספו 70 מיקרוליטר של 2-הפטנון (סטנדרט פנימי), מיצויים סוננו להסרת מוצקים והוזרקו ל-GC/MSD (Agilent 5975) שמצוייד בקולונה קפילרית מסוג CPWax 57 CB הליום (He) שימש כגז נשא והאינג'קטור הוחזק ב- 200°C . יוניזציה נעשתה ב-El mode ב-70EV וה-MS כוון לסריקת מסות 40-500 דלטון. תוצאות ההרצה עברו אנליזה ע"י תוכנת Chemstation והשוואה לספריות חומרים קיימות בנווה יער ובאורנים לצורך זיהוי. הבדיקות בוצעו ב 3 חזרות לכל צירוף צמחי בכל אחת מהשיטות.

ניסוי יב. בחינת השפעה של הנדיפים שזוהו כמועמדים לעמידות על הפסילות

החומרים שזוהו ככאלו שנמצאים בעצים העמידים ובספדונה המורכבת על העמידים, אך לא בספדונה ללא כנת בינים, נרכשו כסטנדרטים נקיים. השפעת החומרים נבדקה על הישרדות נימפות ופסילות בוגרות ועל הטלת ביצים במערכת המתוארת באיור 1 לעיל. במבחנה אחת הוכנס עלה (ספדונה) יחד עם חלק מן הענף אליו הוא מחובר, שנקטף מחלקת הניסוי בחוות המטעים (שנקיה מקוטלי חרקים). בחלק עם העלה במידה ונבדקה הטלה והישרדות בוגרים הוכנסו פרטים בוגרים של פסילת האגס (2 נקבות וזכר אחד) שנאספו באותו בוקר בחלקת האגס בה גודלו. בניסויים בהם נבחנה הישרדות הנימפות, אזי 10 נימפות בדרגות 2-3 הועברו בעדינות לעלה. בחלק השני של המערכת הוכנס צמר גפן לח (שהורטב במים מזוקקים) שעליו טופטף החומר הנבדק במינון קבוע מראש. חומרים שזוהו נקנו במצבם הטהור ו- $10\mu\text{L}$ או 10 מ"ג מהסטנדרטים הוכנסו למבחנה שמול המבחנה מכילת העלה עם הפסילות. לאחר ההצבה הוחזקו המבחנות בחדר מבוקר בתנאי אור של

16:8 בטמפ' של 25°C למשך 14 יום. המבחנות נפתחו ונספרו מספר הביצים והפרטים החיים בכל מבחנה בהתאם לניסוי. כל חומר נבדק ב-5 חזרות כאשר כביקורת שימשה מערכת כנ"ל עם צמר גפן לח עם מים מזוקקים בלבד.

אימות וכימות החומרים - לחומרים שנמצאה בהם השפעה שלילית על הפסילות ערכנו אימות נוסף וכימות. האימות נעשה ע"פ זמן יציאה (Retention time) ואינדקס יציאה (Retention index) מול הידוע בספרות, ובהרצה מול סטנדרטים פנימיים בעלי זמן יציאה ידוע מראש (Isobutyl benzoate) – (IBB) זמן יציאה - (EM) – (Ethyl mercetan 20ppm, 7.5l (RT) זמן יציאה 20l (RT) וחיצוני.

ניסוי יג. בחינת השפעת החומרים הנדיפים במינונים משתנים

עבור חומרים שנמצאו כבעלי השפעה על הפסילות בשלב המינון הקבוע נערכה בדיקה נוספת בעזרת GC/MSD למציאת מינון החומר בעלה האגס ונערכה בדיקה ביולוגית נוספת, כאשר החומרים היו במינון שנמצא בצמח ושני סדרי גודל מעל מינון זה (X10, X100). כל מינון נבדק להשפעתו על הפסילה ב-8 חזרות כמתואר למעלה.

ניסוי יד - בחינת השימוש בנדיפי העמידים שזוהו כפוגעים בפסילות בניסויים בתנאי חצי שדה

בהמשך לניסויים הקודמים בתנאי מעבדה במבחנות, שהצביעו על מספר חומרים נדיפים המעורבים בעמידות האגס לפסילה, המשכנו בבדיקתם בתנאי חצי שדה בבית רשת. בניסוי השתמשנו בשתילי אגס בשני שלוש מזן ספדונה המורכבים על כנת חבוש, השתילים נשמרו בבית רשת, נגזמו, הושקו וקיבלו דשן באופן סדיר (הנדיפים שנבדקו הינם Styrene ו-Hydroxy-Styrene במינונים הדומים בסדרי גודל לנמצא בצמחים כפי שנימצא בניסוי יא : Styrene 0.01% , Hydroxy-0.01% Styrene והצירוף Styrene+Hydroxy-styrene (0.01%+0.01%) (100ppm= 0.01%). השפעות התכשירים כל אחד בנפרד ויחד הושו אל מול ביקורת שלילית (מים) וביקורת חיובית (0.01% Benzenfuran) שנמצא כיעיל מאוד בקטילת הפסילה. בכדי לדמות מצב בו יש נוכחות נדיף לכל אורך הניסוי השתמשנו בשתי שיטות: (1) ריסוס הענף שאולח לאחר מכן בפסילות (2) חיבור מבחנת 50 מ"ל עם חור בפקק ופתיל עשוי חוט שפגט, עם אזיקות לענף. כל מבחנה מולאה ב-40 מ"ל תמיסת תכשיר (או מים מזוקקים). לצורך הצבת הניסוי כל השתילים מאותו טיפול הוצאו מבית הרשת ורוסו עד נגירה. לאחר התיבשות חומר ההדברה, בכל עץ נבחר ענף בו מספר עלים הרב ביותר, אליו חוברת המבחנה עם הפתיל והוא כוסה בשקית נייר, לתוך השקית הוכנסה מבחנת 50 מ"ל עם 4 פסילות בוגרות שנאספו באותו יום (3 נקבות וזכר אחד לכל חזרה) המבחנה נפתחה בפנים והשקית נסגרה על הענף. בניסוי זה היו 7 חזרות לכל טיפול (סה"כ 35 שתילים). כעבור שבועיים הענפים נגזמו ונספרו מספר הביצים שהוטלו בכל ענף ומספר הנימפות החיות.

1.6. תוצאות

לימוד השימוש המעשי בטיפוסי האגס העמידים (701 ו-760) ככנות ביניים והשפעת צירופים שונים (סוג כנת הבסיס, אורך כנת הביניים, עלווה) על העמידות לפסילה

ניסוי א': השוואת הישרדות והתפתחות נימפות צעירות בצירופי ההרכבות השונים - במעבדה בהשוואת שיעור הישרדות הנימפות מתוך ה-10 שהוצבו על כל עלה, על צירופי ההרכבות השונים, מצאנו שבספדונה מורכבת על כנות ביניים עמידות, שיעור ההישרדות היה נמוך פי שתיים מאשר על ספדונה ללא כנת ביניים (המורכבת ישירות על כנת בסיס) - כאשר אורך כנת הביניים העמידה היה 50 ס"מ ללא גיזום (תרשים 1 בנספח). בהשוואת דרגת ההתפתחות הממוצעת על הצירופים השונים לא נמצאו הבדלים ($F_{12,76}=1.046$ $p=0.417$) ולא נמצאו הבדלים בכמות טל הדבש שהופרשה ע"י הנימפות ששרדו ($F_{12,76}=0.83$, $p=0.613$).

ניסוי ב': השוואת שיעור ההטלה, בקיעת הביצים והתפתחות הנימפות על העצים בצירופי ההרכבות לאחר ניתוח דו גורמי בו בדקנו את השפעת כנת הבסיס וכנת הביניים על סה"כ הצאצאים (הביצים והנימפות גם יחד) שנמצאו באילוח הטבעי בטיפולים השונים, מצאנו השפעה מובהקת של כנת הביניים, אך לא של כנת הבסיס וגם לא נמצאה אינטראקציה ביניהם. לפיכך בהמשך הניתוחים איחדנו את נתוני כנות הבסיס השונות ובחנו את השפעת כנות הביניים השונות. כשבדקנו את ההבדלים בשיעור ההטלה על טיפולי כנות הביניים השונות לא נמצאו הבדלים מובהקים ביניהם (הבדלים ביותר נמצאו בספדונה ללא כנת ביניים ובספדונה על כנות הביניים הקצרות והנמוך ביותר על העצים העמידים ועל הספדונה המורכבת על כנת הביניים 701 הארוכה (טבלה 1 בנספח)).

ניסוי ג': השוואת בניית האוכלוסיה בצירופי ההרכבות השונות בשדה.

כאשר בחנו את המצאות ביצים ונימפות צעירות בכלובים בשטח (עם אילוח בוגרים, 2 נקבות וזכר) בצירופי ההרכבות השונים מצאנו כי כ-3 שבועות לאחר ההצבה נמצאו פי 50 פחות ביצים ונימפות של פסילה על הספדונה המורכבת על 701 לעומת הספדונה ללא כנת הביניים ופי 10 פחות בספדונה המורכבת על 760 (תרשים 2). ובנוסף לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הספדונה המורכבת על העמידים לבין העצים העמידים עצמם. כאשר בוחנים כל שלב פנולוגי בנפרד מסתבר שלא נמצאו כלל ביצים על העמידים ועל הספדונה המורכבת עליהם נמצאו פי 10 פחות מאשר על הספדונה הלא מורכבת אך הבדלים אלו אינם מובהקים סטטיסטית ($F_{2,24}=1.27$ $p=0.33$). לעומת זאת כאשר משווים את כמות הנימפות מדרגה 1-2 יש באופן מובהק יותר פסילות על הספדונה הלא מורכבת מאשר בכל אחד מהטיפולים האחרים ואין הבדל בין הספדונה המורכבת על העמידים לבין העמידים עצמם ($F_{2,24}=3.67$ $p=0.021$). מגמה קיימת גם בדרגות 3-5 אך היא איננה מובהקת. גם כחודש וחצי לאחר הצבת הניסוי, למרות שסה"כ היו פחות פסילות על הענפים מאשר 3 שבועות לאחר ההצבה עדיין נמצאו על הספדונה המורכבת על 701 פי 10 פחות פסילות מאשר על הספדונה

הלא מורכבת ופי 5 פחות על הספדונה המורכבת על 760 אך הבדלים אלו לא היו מובהקים ($F_{2,24}=1.42$ $p=0.26$).

השפעת כנות הביניים על התכונות ההורטיקולטוריות של העצים המורכבים

ניסוי ד. בחינת כמויות הפרי על רוכבי הספדונה בעצים המורכבים.

כבר בקטיף הראשון בשנת 2014 נמצאה השפעה מובהקת של כנת הביניים על כמות היבול הבסיס מצאנו שהיבול על ספדונה המורכבת על Py.701-202 מעט גבוה אך לא באופן מובהק על מאשר בספדונה ללא כנת ביניים, בעוד שהיבול על ספדונה המורכבת על Py.760-261 היה נמוך באופן מובהק (תרשים 3). בקטיף השני בשנת 2015 תמונה זו חזרה על עצמה למרות שהפעם נימצאה אינטראקציה בין כנת הבסיס לכנת הביניים ($F_{2, 167} = 28.9$, $p < 0.0001$), ולכן ניתחנו את היבולים בכל כנת בסיס בנפרד ונימצא שבכנת הבטוליפוליה היה יתרון מובהק ביבול לPy.701-202 על פני Py.760-261 ($F_{2,20}=8.8$; $p=0.002$), בכנת החבוש לא נימצאו הבדלים מובהקים ביבולים בין טיפולי כנות הביניים (טבלה 2). גם בקטיף בשנת 2016 האינטראקציה בין כנות הבסיס לכנות הביניים היתה ניכרת ומובהקת ($F_{2, 64}=3.61$, $p=0.0006$) ובכנת הבטוליפוליה היה יתרון מובהק ביבול לPy.701-202 על פני הספדונה אך בכנת החבוש התמונה היתה הפוכה (טבלה 2).

ניסוי ה. בחינת איכות הפרי על רוכבי הספדונה בעצים המורכבים

לעומת הפירות שגדלו על הטיפוסים העמידים שהיו קשים, עם תאני אבן רבים ולא אכילים, הפירות שהניבו רוכבי הספדונה על הכנות העמידות דומים בצורתם ובאיכותם לפרי של ספדונה ללא כנת ביניים (איור 2).

גודל הפרי- בקטיף בשנת 2015, להבדיל מהקטיף בשנת 2014, נמצאה אינטראקציה מובהקת בין כנת הבסיס לכנת הביניים בהשפעתה על גודל הפרי ($F_{4,37}=2.02$ $p=0.038$). בהנתן כנת בסיס P. betulifolia ק הפרי של הספדונה המורכבת על כנות הביניים העמידות לא היה שונה מגודל הפרי על הביקורת (טבלה 3). לעומת זאת כשהחבוש היה כנת הבסיס, גודל הפרי על הספדונה המורכבת על כנת הביניים 701 היה נמוך באופן מובהק מאשר הביקורת המסחרית (טבלה 3).

איור 2. פירות האגס שהניבו הצירופים השונים של הטיפוסים העמידים וספדונה. (צילום: דור רחמני).



כמות מוצקים מומסים (כמ"מ) ביבול של 2014: מאחר שהיתה אינטראקציה מובהקת בין צירופי כנת הבסיס לכנת הביניים, נבחנה כל כנת בסיס בנפרד ונימצא שכאשר כנת הבסיס היתה בטוליפוליה, היה יתרון מובהק ל Py.701-202 כנת בינים בכמ"מ שנמדד בספדונה ($F_{2,129}=4.71; p=0.011$). בעוד שבחבוש כנת בסיס התמונה היתה הפוכה ונימצא יתרון מובהק ($F_{2,129}=14.8; p<0.0001$) דווקא ל Py.760-261 (טבלה 4).

ניסוי ו. בחינת נזקי פסילת האגס בפירות

בשלוש שנות המחקר במטע בחוות המטעים נוכחות הפסילה במטע היתה מאוד נמוכה, למרות נסיונות שלנו לפזר פסילה באופן מכוון, וזאת בשונה מחלקות אגס אחרות בחוות המטעים שהיו נגועות בפסילה באופן קשה. אנו משערים שמיעוט הפסילה נבע מפעילות גבוהה של אויבים טבעיים שנצפתה במטע (בעיקר אנתוקור הפסילות ומושיות) במטע בשל הפסקת השימוש בחומרי הדברה, ומיקומה של החלקה בקצה חוות המטעים, צמוד לשטחי בר לא חקלאיים. לפיכך נזקי טל הדבש בפרי בקטיף היתה מאוד נמוכה למשל בקטיף 2016 טווח נגיעות הפרי בנזקי פסילה נע בין 0%-10% ולא נימצאו הבדלים בין הטיפולים.

בחלקה בנווה יער שהינה קטנה יותר ומוקפת במטעים שטופלו בקוטלי מזיקים, שיעור הנגיעות בפסילה בקטיף 2016 היה גבוה יותר וניכרה מגמה של נגיעות רבה יותר בעצי ספדונה ללא כנת ביניים אך היא לא היתה מובהקת (תרשים 4).

ניסוי ז. בחינת השפעת כנות הביניים וכנות הבסיס על התפתחות והישרדות העצים המורכבים

שלוש שנים לאחר נטיעת העצים המורכבים, נימצאה השפעה מובהקת של כנת הבסיס על שיעור התמותה של העצים ($\chi^2 = 4.14, p=0.027$ likelihood ratio test). על כנת בטוליפוליה 2.4% מהעצים עם Py.760-261 כנת ביניים לא שרדו בעוד שהעצים עם כנת הביניים Py.701-202 או ביקורת הספדונה שרדו כולם, אך הבדל זה לא היה מובהק. לעומת זאת על החבוש כנת בסיס שיעור התמותה של העצים עם Py.701-202 כנת ביניים היה 7.1% ובאופן מפתיע התמותה של הספדונה ללא כנת ביניים היה 9.5% מהעצים בעוד ש2.4% מהעצים עם Py.760-261 כנת ביניים שרדו.

היקף רוכב הספדונה, המהווה מדד לגידול העץ, הושפע גם מכנת הבסיס וגם מכנת הביניים. מאחר והיתה בין גורמים אלו אינטראקציה מובהקת הנתונים נותחו לכל כנת בסיס בנפרד. בשנת המחקר הראשונה שתי כנות הביניים שהורכבו על בטוליפוליה כנת בסיס גרמו להאטה בגידול הספדונה לעומת הביקורת ללא כנת הבינים ($F_{2, 100}=13.34, p<0.0001$; טבלה 5). לעומת זאת בשנתיים העוקבות, הספדונה שהורכבה על Py.760-261 גדלה מהר ובשנת המחקר השלישית כבר לא נימצא הבדל בינה לבין הביקורת של ספדונה ללא כנת ביניים בעוד שהספדונה שגדלה על Py.701-202 גדלה יותר לאט והיתה באופן מובהק קטנה מהביקורת ($F_{2, 102}=55.303, p<0.0001$). על כנת

הבסיס של החבוש שתי כנות הביניים עיכבו את התפתחות הספדונה שהורכבה עליהן לעומת הביקורות ללא כנת הביניים בכל שנות המחקר ($F_{2, 102}=162.795, p<0.0001$; טבלה 5).

בידוד וזיהוי חומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה והבנה מעמיקה יותר של מנגנון העמידות בוצעו הניסויים הבאים:

בדיקת מעורבות המוהל בהקניית העמידות לפסילה

ניסוי ח. בבדיקת השפעת המוהל מהטיפוסים השונים על הישרדות נימפות הפסילה שהוצבו על עלי ספדונה הטפולים בסוגי המוהל השונים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין אחוז הנימפות שרדו ($F_{4,45}=2.30, p=0.073$).

ניסוי ט. בחינת החומרים המצויים במוהל בהתאמה לתוצאות שהתקבלו בניסוי הקודם (ניסוי ח.) בו לא נמצאו כלל הבדלים בהישרדות הפסילות בין מוהל שהופק מהספדונה שהורכבה על העמידים לבין הספדונה ללא עמידים, לא נמצאו בשנת המחקר השנייה חומרים במוהל שמופיעים רק בעצים העמידים ובספדונה המורכבת על העמידים ולא נמצאים בספדונה ללא כנת הביניים. לכן לא היו לנו חומרים איתם יכולנו להמשיך לבחינת השפעתם על הפסילות.

בדיקת מעורבות נדיפים מעלי העמידים בהקניית העמידות וזיהוי נדיפים

ניסוי י. בדיקת מעורבות נדיפים מעלי העמידים בהקניית העמידות

בשלב הראשון של הצבת הניסוי, כאשר נבחנה מידת העמידות לאילוח הטבעי של העלים מצירופי ההרכבה השונים, נימצא כי באופן מובהק היו יותר פסילות על עלי הספדונה ללא הרכבות הביניים (9.78 ± 3.02 , ממוצע \pm שגיאת תקן לעלה) מאשר על הספדונה המורכבת על כנת 760 (2.35 ± 1.34) או על כנת 701 (0.36 ± 0.29) ($F_{2,18}=8.85, p=0.0016$), לכן המשכנו לשלב השני בו בדקנו האם יש השפעה של נדיפים מעלי ספדונה המורכבת על כנת ביניים עמידה או עלי העמידים עצמם על הישרדות הפסילות על ספדונה ללא כנת ביניים (טבלה 6). נמצא שנדיפי עלי ספדונה מורכבת לא הראו הבדלים מול עלי נדיפי ספדונה עצמה ($F_{5,35}=0.29, p=0.91$), זאת בשונה מנדיפי עלי העצים העמידים עצמם שכן הראו השפעה מובהקת על פסילה על ספדונה (טבלה 6; $F_{2,27}=113.68, p<0.0001$).

בידוד וזיהוי החומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה.

ניסוי יא. השוואת וזיהוי נדיפים מעלים של צירופי ההרכבות השונים

בבחינת הנדיפים בטיפוסים האגס ובצירופי ההרכבות השונים בשונים נמצאו עשרות חומרים (טבלה 7). חלקם הופיעו בכל טיפוס ההרכבות, חלקם רק בעמידים, חלקם רק בספדונה ו-17 מהם נמצאו גם בטיפוסים העמידים וגם בספדונה המורכבת על אחד העמידים לפחות אך לא נמצאו בספדונה

ללא כנות הביניים. חומרים אלו היו מקבוצות שונות הידועים כמטבוליטים משניים: טרפנים, אלקלואידים, סוכרים, גליקוזידים, ציאנוגנים ועוד. מתוך 17 החומרים הנדיפים שנמצאו לפחות באחד מצירופי כנות הביניים העמידות ובעמידים, המשכנו עם 7 חומרים שניתן היה לרכוש כחומר נקי, לצורך בדיקה ביולוגית של השפעתם על הפסילות. החומרים היו: Limonene-D; 1,4-Diphenyl-1,3-butadiene; Styrene; 2,3-Dihydrobenzofuran; 4-p-Hydroxystyrene, Hexadecanoic acid; hydroxybenzaldehyde.

ניסוי יב. בחינת השפעה של הנדיפים שזוהו כמועמדים לעמידות על הפסילות

האפקט הישיר של הנדיפים שנמצאו בניסוי יא. כמאפיינים עלי עמידים ונמצאים גם בעלי ספדונה המורכבים על העמידים, אך לא נמצאים בעלי ספדונה מסחרית ללא כנת ביניים, נבדק במערכת שתוארה באיור 1. כשנבדקה הישרדות הבוגרים (תרשים 5), נימצא של-2,3-Dihydrobenzofuran אפקט דרמטי ומובהק על הישרדות בוגרי הפסילה. גם Styrene הוביל להפחתה של כ-50% בהישרדות הבוגרים לעומת הביקורת אך הבדל זה לא היה מובהק. כשבאותה מערכת נבדקו כעבור שבועיים מספר צאצאי הפסילה (תרשים 6) נימצא כי בנוכחות Styrene ו-Hydroxy-Styrene לא נמצאו כלל צאצאים למרות שהייתה הישרדות של הבוגרים.

ניסוי יג. בחינת השפעת החומרים הנדיפים במינונים משתנים

מאחר ובניסוי הקודם נמצא כי החומרים Styrene, Hydroxy-Styrene ו-2,3-Dihydrobenzofuran היו היעילים ביותר בפגיעה בפסילה במערכת ניסויית סגורה בכמות של 10 מיקרו-ליטר. המשכנו לאימות וכימות שלהם בצמח. ע"פ תוצאות זמן יציאה (Retention time) ואינדקס יציאה (Retention index) נמצא כי כמות Styrene המיוצרת בצמח היינה כ-100 ppm בלבד (0.1 מיקרו-ליטר), כמות קטנה בהרבה מאשר בדקנו בניסוי יב. לכן בניסוי זה בחנו את השפעת החומר בכמות של 0.1 מיקרו-ליטר, 1 מיקרו-ליטר וביקורת ללא הוספת חומר ב-7 חזרות לכל טיפול. החומר 2,3-Dihydrobenzofuran (ידוע גם בתור Coumaran) ירד בהשוואה ישירה של הרצת הסטנדרטים באותם תנאים ב-GC/MS כך שלמרות האפקטיביות שלו מסתבר שהוא איננו חומר שמיצר באופן טבעי בעצי האגס העמידים ובכל זאת המשכנו לבחון את השפעתו על הפסילה כביקורת חיובית נוספת באותן מינונים המתאימים ל-Styrene. בנוסף בדקנו גם את החומר Hydroxy-Styrene. שלושת החומרים שנבדקו כבר במינונים שנמצאים בצמח פגעו באופן מובהק במספר צאצאי הפסילה ביחס לביקורת (תרשים 7).

ניסוי יד. בחינת השימוש בנדיפי העמידים שזוהו כפוגעים בפסילות בניסויים בתנאי חצי שדה

בספירת הביצים והנימפות שנימצאו כעבור שבועיים על הענפים שטופלו בחומרים הנדיפים בריסוס ונידוף נימצא כי החומר Hydroxy-Styrene הפחית את מספר הפסילות פי 5 לעומת הביקורת של טיפול במים בעוד שהטיפול ב-Styrene או השילוב של שניהם יחד הפחית את מספר הפסילות פי 2.6 בלבד (תרשים 8).

1.7 מסקנות ודין

מטרת מחקרנו היתה לבחון את הפוטנציאל של השימוש המעשי בשני טיפוסים אגס עמידים לפסילה ככנות ביניים לזן המסחרי ספדונה ולהבין את מנגנון המעורב בעמידות. ממחקרנו עולה שקימת העברה של עמידות לפסילה מכנת ביניים עמידה, לרוכב הספדונה הרגיש ושהעברה זאת מערבת חומרים נדיפים. זיהינו נדיפים ספציפיים שמצויים בספדונה המורכבת על העמידים ובטיפוסים העמידים ואינם מצויים בספדונה ללא כנת ביניים. מצאנו שיש לחומרים אלו השפעה ישירה על הפסילה שבאה לידי ביטוי בפגיעה בנימפות ולא דווקא בפגיעה בהטלה כפי שנימצא לגבי זני אגס אחרים בעולם העמידים לפסילה (Bell et al. 2004). לא מצאנו רכיבים במוהל הצמחים שמצביעם על העברה של חומרים הקשורים לעמידות מכנה לרוכב. מאחר ומצאנו שככל שהמקטע העמיד בכנת הביניים ארוך יותר ויש עליו יותר עלווה כן השפעתו על עמידות הספדונה המורכב עליו רבה יותר אנו משערים שמקור הנדיפים בעלוות הכנה העמידה והם מועברים בדרך כלשהי לרוכב הרגיש אך עדיין איננו יודעים בשלב זה מהו מנגנון ההעברה, האם הוא קשור להעברה ישירה של חומרים מכנת הביניים העמידה לרוכב הרגיש או שמא יש רק מעבר של סיגנאלים מכנת הביניים הרגישים ויצור החומרים הקשורים לעמידות מיוצר בכנה הרגישה עצמה. שאלה זו נשארה פתוחה ומענין יהיה להמשיך ולבדוק אותה במחקרי המשך. התכונות ההורטוקילטוריות של העצים המורכבים הללו מצביעות על פרי איכותי בכמות גבוהה משמעותית בצמחים המורכבים על כנות ביניים עמידות. במחקרנו לא מצאנו השפעה של אורך כנת הביניים על כמויות הפרי וזאת בשונה ממחקר בלימונים בו נימצא שלכנת הביניים יש השפעה על כמות היבול, איכותו וקצב הגידול של העץ (Yilmaz et al. 2015).

לגבי נזקי הפסילה לפרי המורכב על הכנות העמידות, במטעים בחוות המטעים בו נערך המחקר הייתה פעילות רבה של אויבים טבעיים של הפסילה, כנראה בשל הפסקה מוחלטת של השימוש בקוטלי מזיקים ואולי גם עקב רווית האוויר בנדיפים הפוגעים בפסילות ולכן רמת הנזק הכללית לפרי היתה נמוכה מאוד גם בעצי הביקורת. במטע בנווה יער, בו רמת הנגיעות הכללית בפסילה היתה גבוהה יותר ראינו מגמה להפחתה בנזקי הפסילה בעצים המורכבים.

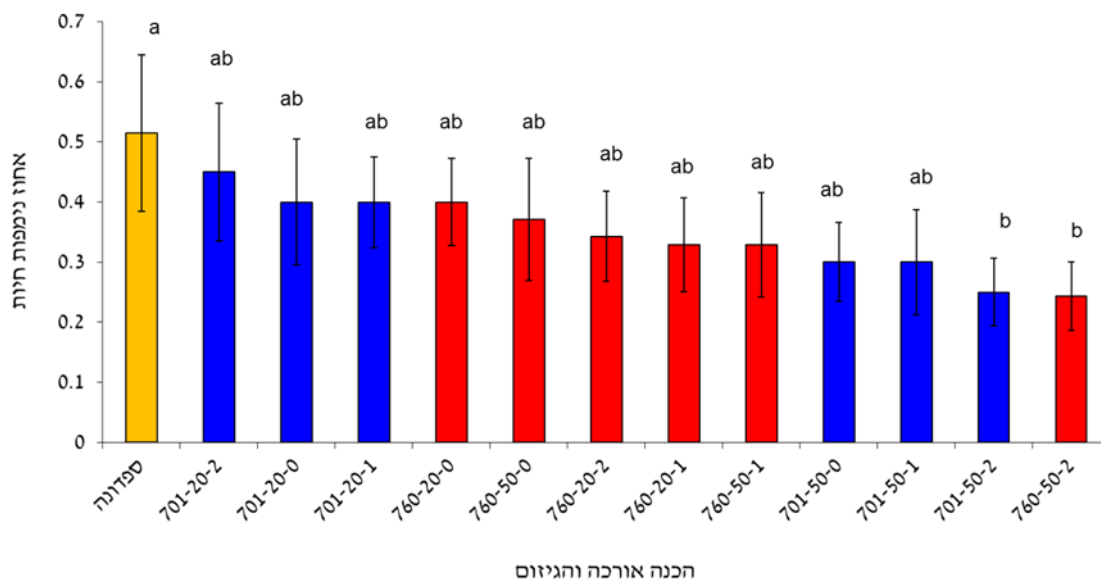
מחקרנו הוא חדשני בכך שהוא מראה העברה של עמידות לפסילת האגס מכנת ביניים מסחרי רגיש לפסילה ופוחת פתח לעיצוב מטעים רגישים פחות לפסילה בעזרת עצים מורכבים. בימים אלו אנו ממשיכם במחקר על מנגנון העמידות והעברתו וכן בודקים אפשרויות של הרכבת רוכבים עמידים על עצי ספדונה בוגרים וכן את תפקודן של הטיפוסים העמידים ככנות בסיס ולא ככנות ביניים.

לסיכום, בעיקבות מחקרנו אנו מניחים ששילוב שימוש בכנות ביניים עמידות ביחד עם שימוש באמצעים שאינם פוגעים באויביה הטבעיים של הפסילה, כנגד מזיקי האגס הנוספים יכול לסייע בהתמודדות עם בעיית הפסילה.

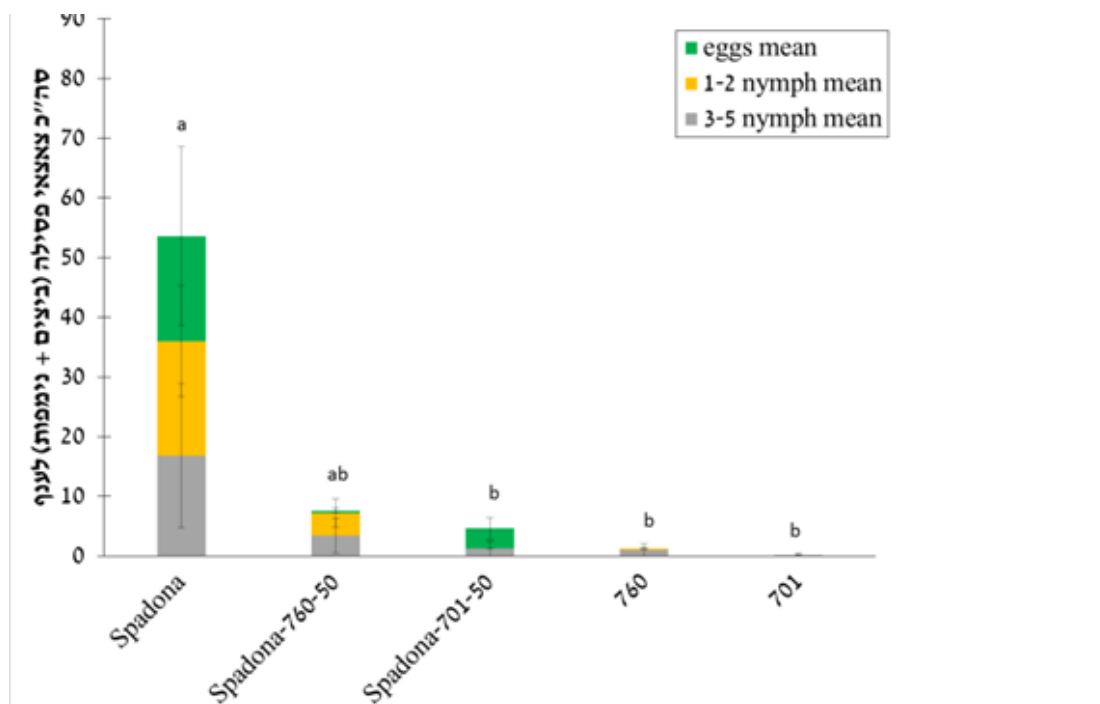
1.8 סיכום עם שאלות מנחות

<p>מטרות המחקר לתקופת הדוח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</p>
<p>1. לימוד השימוש המעשי בהרכבות של טיפוסים אגס עמידים (Py.701-202 ו-Py.760-261) ככנות ביניים על כנות אגס מסחריות, עם רוכבים מהזן המסחרי 'ספדונה', ליצירת הרכבות עמידות לפסילה. בדיקת העמידות והתכונות ההורטיקולטוריות של הרכב (יבול ואיכות פרי). 2. בידוד זיהוי החומרים המעורבים בעמידות הטיפוסים Py.701-202 ו-Py.760-261 לפסילה והבנת המנגנונים המעורבים</p>
<p>עיקרי התוצאות. (1) מצאנו ש קימת העברה של עמידות לפסילה מכנת ביניים עמידה, לרוכב הספדונה הרגיש ושהעברה זאת מערבת חומרים נדיפים (2) זיהינו נדיפים שנמצאים בכנה העמידה ועוברים לספדונה המורכבת ומפחיתים משמעותית את שרידות הנימפות (3) הצירוף של כנת הביניים Py.701-202 על כנת בטוליפוליה הניב פרי שלא נפל באיכותו אף עלה בכמותו על ספדונה ללא כנת ביניים. כנת הביניים Py.760-261 מובילה להישרדות מופחתת של העצים, לצימוח מועט ולפחות יבול</p>
<p>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח? ממחקרינו עד כה עולה שקימת העברה של עמידות לפסילה מכנת ביניים עמידה, לרוכב הספדונה הרגיש ושאינן פגיעה באיכות או כמות הפרי עם כנת הביניים Py.701-202 כל מטרות המחקר הושגו בתקופת הדוח</p>
<p>שינויים שחלו במהלך העבודה בין תכנון המחקר לביצועו בפועל והסיבות לכך:</p>
<p>לא חלו שינויים בין תכנון המחקר לביצועו</p>
<p>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: <u>הרצאות וימי עיון:</u></p> <p>1. המחקר הוצג בשני כנסים בין לאומיים:</p> <ul style="list-style-type: none">• SIP15 – 15th International Symposium on Insect-Plant Relationships University of Neuchâtel, Switzerland, 17-22 August, 2014. “ The use of resistant pear accessions as inter-stock in order to reduced susceptibility to pear psylla <i>Cacopsylla bidens</i> (Šulc) in commercial pear trees” (Poster)• 18th International Plant Protection Congress 24–27 August 2015 BERLIN Lecture: “The Use of the Natural Volatile Compound to Manage the Pear Psylla <i>Cacopsylla bidens</i> (Šulc) in Commercial Pear Trees” <p>המחקר הוצג בשני כנסים בארץ:</p> <ul style="list-style-type: none">• כנס מגדלים בראש פינה בדצמבר 2014• כנס מחקרי מיגל פברואר 2015 <p>פירסומים:</p> <p>המחקר פורסם בעלון הנוטע: שאלתיאל הרפז ל., גרשמן י., אבדח מ., קדושים ר., רחמני ד., בר יעקב י., חאטיב כ., סורקור ו., דורון ה. 2016. שימוש בעצי אגס עמידים להתמודדות עם פסילת האגס. עלון הנוטע כרך 70 55-9:50 ונשלח לפירסום:</p> <p>Grafting on resistant interstocks reduces scion susceptibility to pear psylla, <i>Cacopsylla bidens</i> by Shaltiel-Harpaz, Liora; Gerchman, Yoram ; Ibdah , Mwafaq ; Kedoshim, Rika; Rachamany, Dor; khateeb, Kamel; Bar-Ya'akov, Irit; Soroker, Vicki; Holland, Doron. Manuscript number: PM-17-0439 submitted to Pest Management Science 6/7/17 ,</p>
<p>פרסום הדוח: אין מגבלות בפירסום הדוח</p>

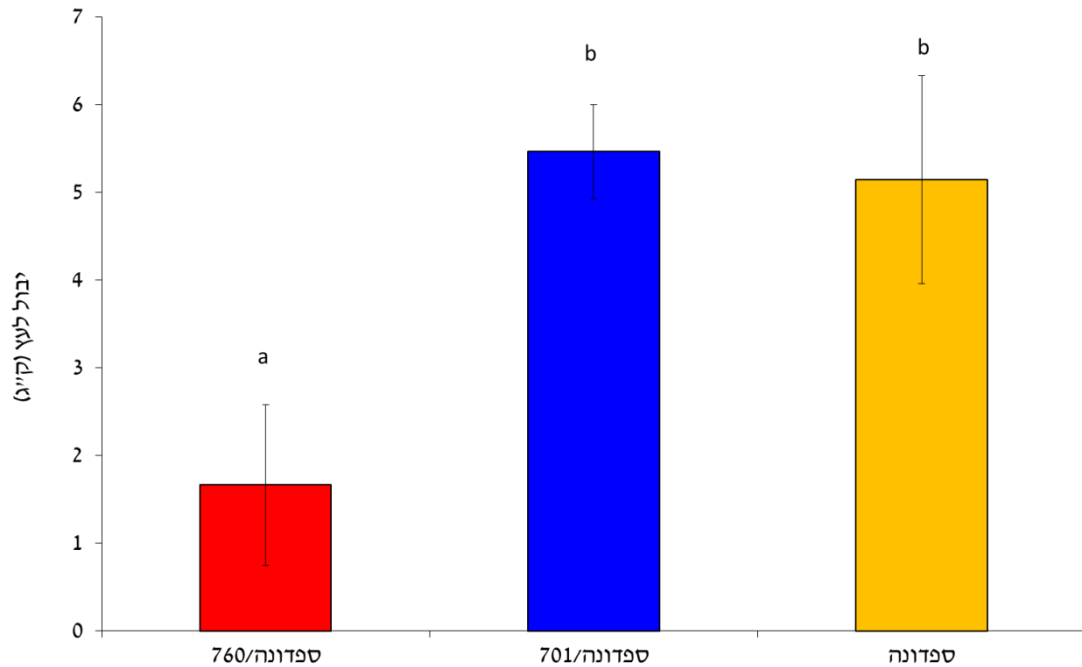
1.9 נספח תרשימים וטבלאות



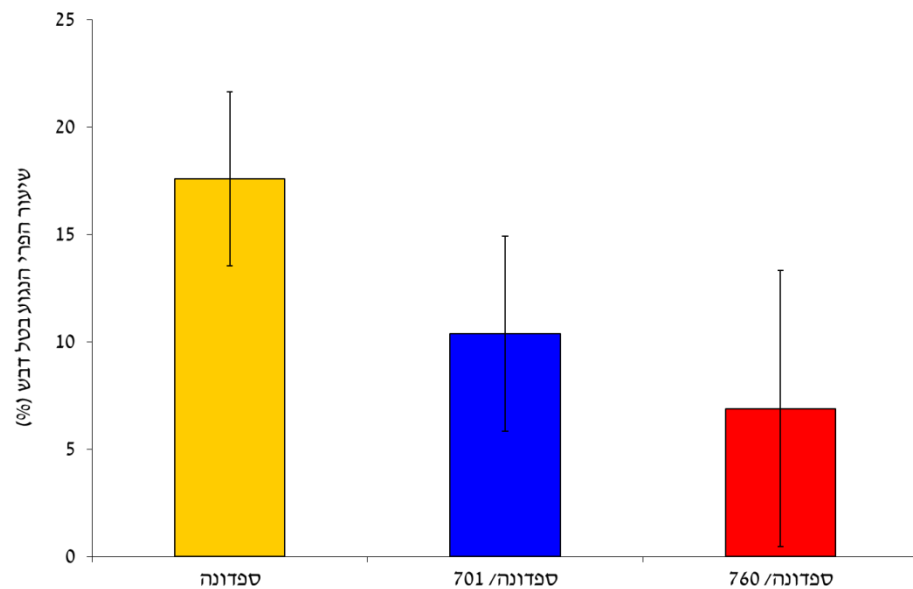
תרשים 1. שיעור הישרדות נימפות הפסילה על הספדונה המורכבת על כנות הביניים, באורכים שונים ובכמויות עלווה שונות (ממוצע ± שגיאת תקן) מול ספדונה ללא כנת ביניים. אחוז הפסילות החיות חושב מתוך 10 נימפות שהוצבו על כל עלה. מקרא הטיפולים: גיזום 0- ללא עלווה כלל, גיזום 1- ענף אחד הושאר על כנת הביניים, גיזום 2- כל הענפים נשארו על כנת הביניים. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student t על הנתונים שעברו טרנספורמצית Arcsin.



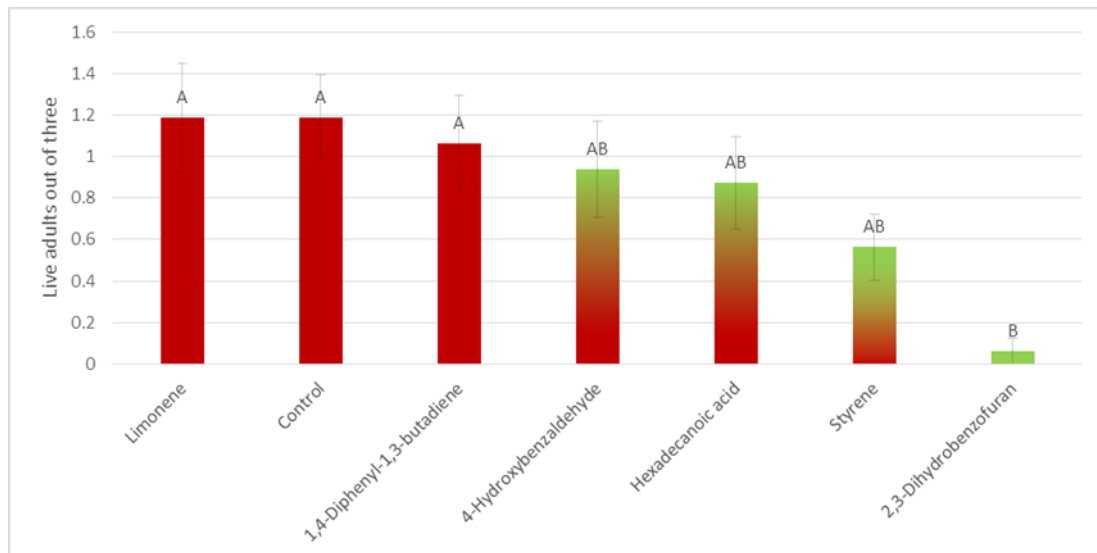
תרשים 2. סה"כ צאצאי פסילת האגס בטיפולים השונים (ממוצע \pm שגיאת תקן) כשלושה שבועות לאחר ההצבה (ירוק – ביצים, כתום- נימפות צעירות, אפור- נימפות מפותחות). עמודות באותו הצבע עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student T.



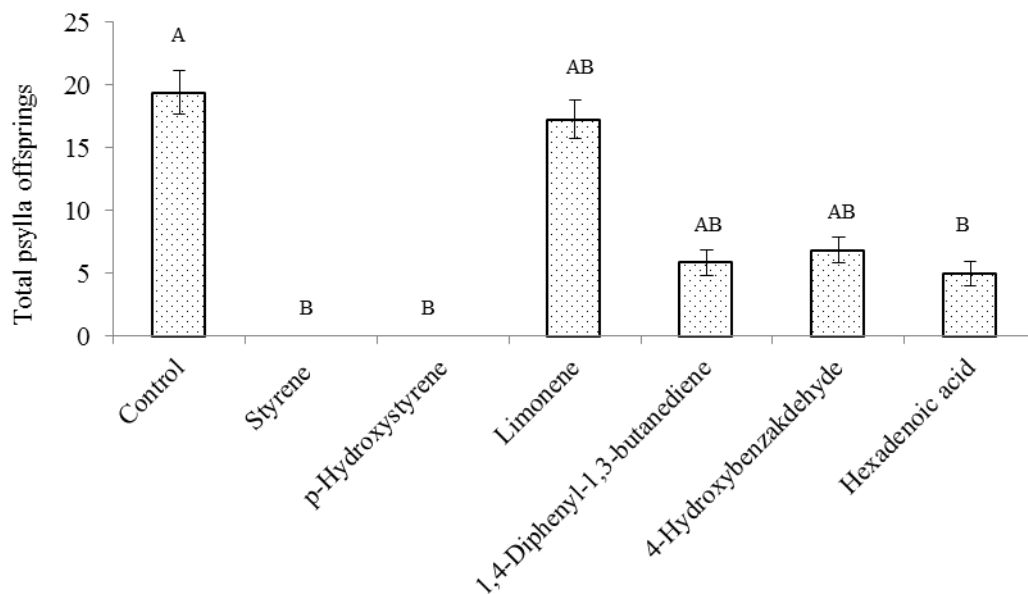
תרשים 3. כמות היבול הממוצעת לעץ על רוכבי הספדונה בכנות ביניים שונות לעומת ספדונה ללא כנת ביניים עמודות עם אותיות שונות באותו הצבע נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.



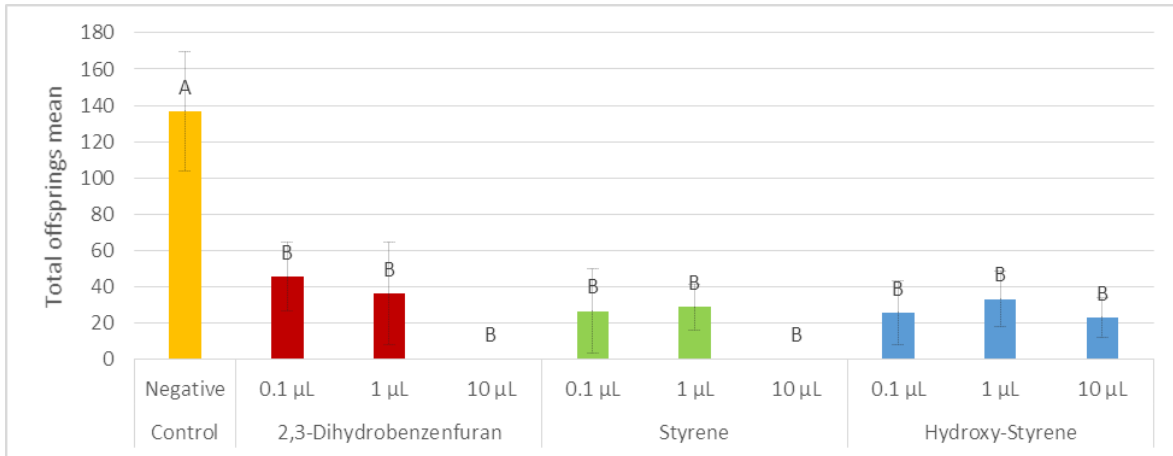
תרשים 4. שיעור הפרי הנגוע בקטיפי בטל דבש על הספדונה המורכבת על כנות ביניים ללא עלווה לעומת ספדונה ללא כנת ביניים במטע בנווה יער (ממוצע \pm שגיאת תקן)



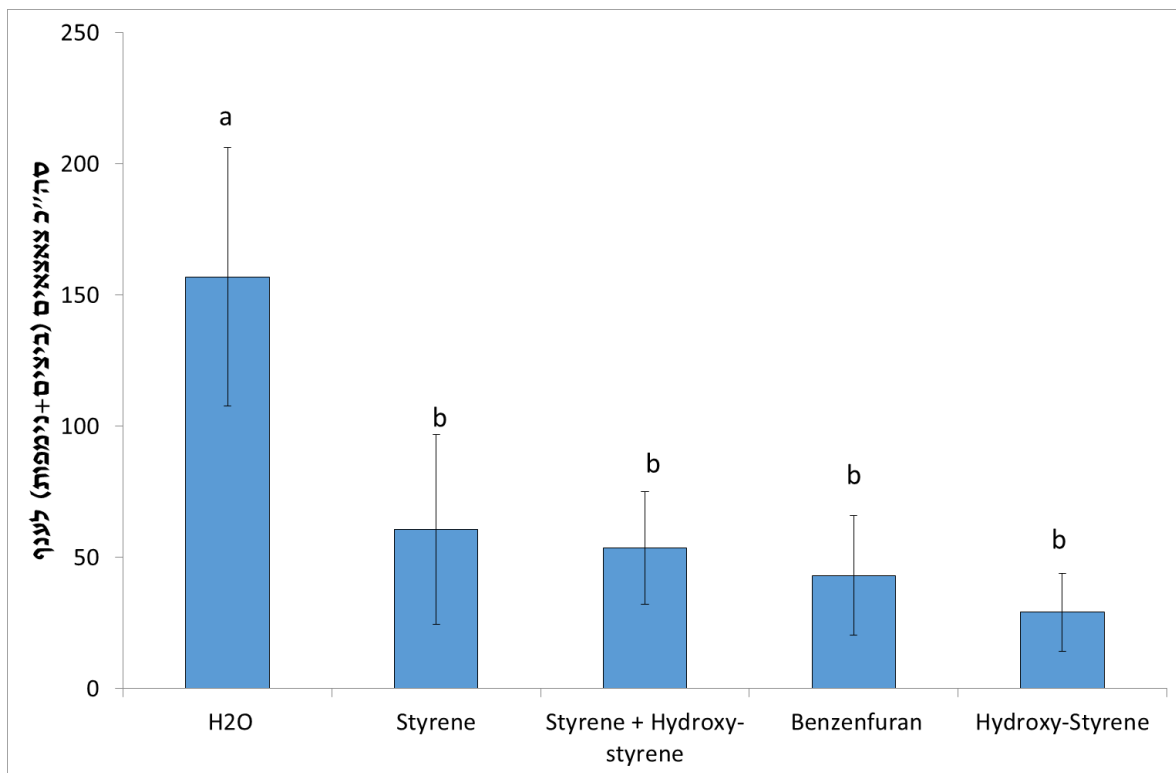
תרשים 5: הישרדות בוגרי הפסילה (ממוצע ± שגיאת תקן) בהשפעת נדיפים שזוהו בעצים המורכבים על העמידים, שנקנו ונבחנו במינון סטנדרטי במערכת ניסוי במבחנות. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ מבחן Tukey HSD



תרשים 6: סה"כ צאצאי פסילה - ביצים ונימפות חיות שנמצאו במערכת הניסוי כעבור שבועיים (ממוצע ± שגיאת תקן). עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ מבחן Tukey HSD



תרשים 7: כלל הצאצאים בבחינת השפעת נדיפים מטיפוסים עמידים במינונים שונים ($0.1 \mu\text{L}$ = סדר גודל שנמצא בעלה) על הטלה והתפתחות נימפות במערכת ניסוי במבחנה. עמודה צהובה – ביקורת ללא נדיף, עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.005$ ע"פ מבחן Tukey HSD



תרשים 8: כלל הצאצאים בבחינת השפעת נדיפים שזוהוה בטיפוסי האגס העמידים על הטלה והתפתחות נימפות במערכת של עציצים בתנאי חצי שדה. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.005$ ע"פ מבחן Student t

טבלאות

טבלה 1. מספר הביצים ומספר הנימפות הממוצע לעלה (ממוצע \pm שגיאת תקן) שנמצאו בצירופים השונים של כנות הביניים באילוח טבעי במטע. שורות עם אותיות שונות מצביעות על הבדלים ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.

מספר נימפות ממוצע לעלה	מספר ביצים ממוצע לעלה	הטיפול (נוכחות כנת ביניים ואורכה)
a 8.92 \pm 1.79	9.97 \pm 2.05	Sp
a 8.02 \pm 1.36	11.41 \pm 1.86	sp-701-20
ab 8.20 \pm 1.75	10.17 \pm 2.15	sp-760-20
abc 5.97 \pm 0.95	8.11 \pm 1.17	sp-760-50
abc 4.10 \pm 0.70	7.42 \pm 1.22	sp-701-50
bc 2.66 \pm 0.73	8.02 \pm 2.19	760
c 1.68 \pm 0.66	5.17 \pm 3.06	701

טבלה 2 – היבול לעץ של ספדונה, המורכב על צירופים שונים של כנות בסיס וכנות ביניים עמידות. לאותה כנת בסיס, שורות המסומנות באותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות של $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.

יבול בקטיף 2016 ק"ג/עץ (ממוצע \pm שגיאת תקן)	יבול בקטיף 2015 ק"ג/עץ (ממוצע \pm שגיאת תקן)	כנת ביניים	כנת בסיס
8.3 \pm 1.9 ^b	8.9 \pm 0.6 ^b	ביקורת ללא כנת ביניים	בטוליפוליה
19.3 \pm 1.7 ^a	17.8 \pm 1.1 ^a	Py.701-202	
לא נבדק	5.6 \pm 0.9 ^b	Py.760-261	
15.9 \pm 3.6 ^a	4.8 \pm 0.8 ^b	ביקורת ללא כנת ביניים	חבוש
9.1 \pm 0.8 ^b	7.2 \pm 0.5 ^a	Py.701-202	
לא נבדק	7.3 \pm 0.5 ^a	Py.760-261	

טבלה 3 – קוטר פרי האגס של ספדונה, המורכב על צירופים שונים של כנות בסיס וכנות ביניים עמידות. לאותה כנת בסיס, שורות המסומנות באותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות של $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.

קוטר הפרי במ"מ (ממוצע \pm שגיאת תקן)			כנת ביניים	כנת בסיס
2016	2015	2014		
57.75 \pm 1.38	56.07 \pm 1.28	55.99 \pm 2.00	ביקורת ללא כנת ביניים	בטוליפוליה
55.35 \pm 0.79	59.22 \pm 0.88	56.62 \pm 2.59	Py.701-202	
לא נבדק	58.71 \pm 2.40	55.84 \pm 0.93	Py.760-261	
58.44 \pm 1.12	60.21 \pm 1.56 ^a	54.76 \pm 1.11	ביקורת ללא כנת ביניים	חבוש
56.12 \pm 0.57	54.01 \pm 0.83 ^b	54.40 \pm 0.79	Py.701-202	
לא נבדק	56.09 \pm 1.08 ^{ab}	55.49 \pm 0.81	Py.760-261	

טבלה 4: כמות מוצקים מומסים לפרי ביבול 2014 בצירופי העצים השונים אותיות שונות מצביעות על הבדל ברמת מובהקות $p < 0.05$ "פ מבחן Tukey HSD.

כמ"מ (ממוצע \pm שגיאת תקן)	הטיפול	כנת הבסיס
13.8 \pm 0.26 a	ספדונה	בטוליפוליה
13.4 \pm 0.35 ab	ספדונה על 701	
11.4 \pm 0.54 b	ספדונה על 760	
13.8 \pm 0.19 a	ספדונה	חבוש
12.7 \pm 0.17 b	ספדונה על 701	
14.0 \pm 0.19 a	ספדונה על 760	

טבלה 5: היקף רוכב הספדונה בצירופי ההרכבות השונים כפי שנמדדו בשלוש שנות המחקר. אותיות שונות מצביעות על הבדל ברמת מובהקות $p < 0.05$ "פ מבחן Tukey HSD

היקף הרוכב בס"מ (ממוצע \pm שגיאת תקן)			כנת ביניים
2016	2015	2014	
36.82 \pm 1.39 ^a	30.02 \pm 1.05 ^a	22.83 \pm 0.90 ^a	ביקורת ללא כנת ביניים
24.99 \pm 0.69 ^b	23.31 \pm 0.73 ^c	18.42 \pm 0.48 ^b	Py.701-202
36.40 \pm 0.91 ^a	26.14 \pm 0.73 ^b	17.60 \pm 0.67 ^b	Py.760-261
30.86 \pm 0.68 ^a	26.99 \pm 0.58 ^a	22.27 \pm 0.56 ^a	ביקורת ללא כנת ביניים
18.15 \pm 0.43 ^c	15.92 \pm 0.52 ^b	12.41 \pm 0.36 ^b	Py.701-202
21.47 \pm 0.46 ^b	15.60 \pm 0.42 ^b	12.30 \pm 0.29 ^b	Py.760-261

טבלה 6. שיעור ההישרדות הנימפות על עלה ספדונה באוירה של נדיפי עלי ספדונה מורכבים או לא מורכבים על כנות ביניים בהשפעה ישירה (10 ימים) או בהשפעה עקיפה (3 ימים).

העלה מקור הנדיפים	משך הזמן שהעלה שהה במערכת (ימים)	שיעור הישרדות של הנימפות (באחוזים) ממוצע \pm שגיאת תקן
701-SP	10	55.0 \pm 12.31
701-SP	3	48.6 \pm 8.57
760-SP	10	44.3 \pm 14.61
760-SP	3	60.0 \pm 16.76
SP	10	48.6 \pm 12.13
SP	3	45.0 \pm 12.84

* בניסוי זה הפסילות הוספו	80.0 \pm 5.00	7*	SP
---------------------------	-----------------	----	----

ביום הראשון והמבחנות לא נפתחו	25.0±7.50	7*	701
	30.0±9.50	7*	760

טבלה 7- טבלה המסכמת את כל החומרים נדיפים שנמצאו בספדונה המורכבת כנות הבינים העמידות ובטיפוסים העמידים ולא נמצאו בספדונה ללא כנת בינים

Pyrus genotypes/ Compound name	Level of volatile compounds (concentration ng g ⁻¹ FW)					RI
	Spadona	Py-701	Py-760	Py-701- Spadona	Py-760- Spadona	
n-Hexanal	21.2±5.6	18.0±4.1	13.3±1.6	23.6±9.5	24.4±6.4	816
E-2-Hexenal	117.2±23.0	44.8±13.7	66.6±17.2	125.1±18.2	102.4±4.8	856
Z-3-Hexanol	n.d.	24.2±0.9	n.d.	n.d.	n.d.	859
Styrene*	n.d.	37.41±4.48	40.23±13.43	47.09±5.24	36.60±4.45	895
n-Heptanal	2.9±0.9	0.8±0.4	0.3±0.1	3.3±1.1	4.1±0.4	900
E,E-2,4-Hexadienal	3.1±1.2	n.d.	0.7±0.1	2.2±1.5	2.2±0.6	909
p-Benzoquinone	45.7±10.6	160.9±12.9	358.9±14.1	59.2±19.3	46.5±17.0	926
Methoxy phenyl oxime	9.2±4.2	4.4±0.7	2.8±0.3	n.d.	n.d.	932
E-2-Heptanal	1.2±0.3	n.d.	n.d.	1.6±0.0	1.4±0.1	957
E-4-Oxo-2-hexenal	n.d.	n.d.	n.d.	0.3±0.1	n.d.	959
Benzaldehyde *	1.6±0.3	1.6±0.3	1.9±0.8	2.1±0.2	1.8±0.4	963
1-Octen-3-one	0.5±0.1	0.4±0.2	0.4±0.1	1.0±0.2	0.7±0.1	979
Phenol	n.d.	n.d.	0.3±0.1	n.d.	n.d.	983
1-Octen-3-ol	0.4±0.2	n.d.	n.d.	0.6±0.1	0.6±0.1	983
cis-2-(2-Pentenyl)-furan	n.d.	n.d.	n.d.	0.4±0.0	n.d.	1004
Octanal	n.d.	n.d.	n.d.	1.2±0.3	0.6±0.1	1008
Z-3-Hexenyl acetate	41.8±8.8	15.0±2.4	13.7±3.5	40.1±14.9	21.4±8.4	1011
E,E-2,4-Heptadienal	3.1±0.7	1.1±0.3	1.0±0.1	2.3±0.1	2.5±0.2	1017
2-Ethylhexanol	2.0±0.5	2.5±0.7	1.8±0.0	2.1±0.4	1.9±0.2	1034
Eucalyptol	0.7±0.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1038
1,2,6-Trimethylcyclohexanone	0.8±0.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1041
Benzylalcohol*	n.d.	10.2±3.6	17.6±2.7	1.1±0.5	3.7±1.1	1046
E-β-Ocimene*	n.d.	n.d.	0.3±0.1	0.2±0.0	n.d.	1053
Phenylacetaldehyde*	0.6±±0.4	0.8±0.2	n.d.	0.5±0.2	1.0±0.2	1053
o-Cresol	n.d.	1.3±0.3	0.3±0.1	n.d.	0.6±0.2	1055
m-Cresol	0.9±0.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1063
E-2-octenal	0.7±0.3	n.d.	0.3±0.1	1.0±0.1	0.9±0.2	1065
Acetophenone	n.d.	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	1071
Octanol	n.d.	n.d.	n.d.	1.5±0.1	1.5±0.4	1081
p-Cresol	n.d.	0.7±0.2	2.1±0.7	0.2±0.1	0.2±0.1	1081
2-Methoxyphenol	n.d.	0.3±0.0	0.2±0.0	n.d.	0.2±0.1	1093
Linalool*	0.9±0.4	2.7±1.8	0.2±0.1	0.4±0.1	0.4±0.1	1109
Nonanal	15.1±5.2	6.0±2.4	2.8±0.8	13.8±3.8	11.0±3.3	1114
Phenylethyl alcohol*	n.d.	1.5±0.2	5.4±0.8	0.2±0.1	0.7±0.2	1121
2-Nitrophenol	n.d.	0.1±0.01	0.2±0.01	0.1±0.01	0.1±0.01	1139
E,E-2,6-Nonadienal	n.d.	n.d.	n.d.	0.1±0.0	n.d.	1163
E-2-Nonenal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1±0.0	1171
Benzylacetate	n.d.	0.4±0.1	0.7±0.2	n.d.	n.d.	1172
p-Ethylbenzaldehyde	0.3±0.1	n.d.	n.d.	0.2±0.1	0.4±0.2	1173
cis Linalool oxide	n.d.	1.2±0.4	0.9±0.2	n.d.	0.2±0.1	1181
trans-Linalool oxide	n.d.	0.5±0.2	n.d.	n.d.	n.d.	1186
Terpinen-4-ol	n.d.	n.d.	n.d.	0.3±0.02	0.21±0.1	1192
3-Hexenylester butanoic acid	1.4±0.4	2.8±1.1	0.5±0.3	1.1±0.5	0.8±0.3	1197
Methylsalicylate*	0.7±0.3	2.3±1.2	1.5±1.0	2.1±0.9	0.7±0.3	1204
α-Terpineol*	n.d.	n.d.	n.d.	0.4±0.01	0.2±0.01	1207
Dodecane	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	1214
Decanal	0.3±0.1	0.4±0.2	0.1±0.0	0.4±0.0	0.3±0.1	1218
β-Cyclocitral*	0.7±0.2	0.6±0.2	0.3±0.1	0.6±0.2	0.8±0.1	1231
z-3-Hexenyl-2-methylbutanoate	0.3±0.1	0.8±0.5	n.d.	n.d.	n.d.	1242
1,3-Ditertiarybutylbenzene	1.0±0.3	1.5±0.7	1.2±0.0	1.0±0.1	1.2±0.2	1261
Chavicol*	n.d.	n.d.	1.0±0.4	n.d.	n.d.	1264
β-Cyclohomocitral	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1±0.0	1267
E-2-Decenal	1.8±0.7	n.d.	0.2±0.0	1.4±0.2	1.6±0.7	1274
E-Geraniol*	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1±0.0	1279
4-Vinylphenol*	n.d.	1.55±0.32	1.7±0.43	2.09±0.21	2.2±0.12	1280
Hydroquinone	38.6±10.8	42.5±4.9	54.0±2.1	21.4±3.4	17.0±4.0	1287
Tridecane	0.5±0.0	0.6±0.1	0.4±0.1	0.5±0.0	0.5±0.1	1314

Eugenol*	n.d.	0.9±0.1	23.9±2.6	0.1±0.1	0.2±0.1	1364
2,6,10-Trimethyl dodecane	0.2±0.1	n.d.	n.d.	0.2±0.0	0.2±0.1	1390
z-3-Hexenyl ester hexanoic acid	0.3±0.1	n.d.	0.2±0.1	n.d.	n.d.	1393
β-Bourbonene	n.d.	n.d.	0.6±0.3	0.1±0.0	0.2±0.0	1399
Jasmone	n.d.	n.d.	0.1±0.0	n.d.	n.d.	1406
Tetradecane	1.7±0.0	1.7±0.2	1.2±0.3	1.7±0.1	1.5±0.4	1415
E-β-Caryophyllene*	1.3±0.7	2.3±1.3	1.1±0.7	0.7±0.3	0.7±0.3	1435
Geranyl acetone*	0.3±0.1	0.1±0.0	n.d.	0.3±0.1	0.3±0.0	1460
	0.1±0.0	n.d.	0.3±0.1	0.1±0.0	n.d.	
α-Humulene*						1470
2,6,10-Trimethyltridecane	n.d.	n.d.	n.d.	0.2±0.0	0.2±0.1	1475
β-Ionone*	0.4±0.2	0.3±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1	0.5±0.1	1492
Pentadecane	1.0±0.2	0.9±0.1	0.8±0.1	1.0±0.1	0.9±0.3	1515
α-Farnesene*	n.d.	0.5±0.09	0.4±0.1	0.2±0.01	0.1±0.01	1518
δ-Cadinene*	n.d.	n.d.	0.1±0.0	n.d.	n.d.	1530

^aIC: identification criteria. The identification criteria based on mass spectra matching with the standard NIST-98.L and Wiley 7N.I library (ms), comparison of retention index (RI) with literature data (RI), comparison with private standard. ^bn.d: not detected.. The results shown are an average of three biological replicates

1.10 ספרות מצוטטת

- Alvarez-Hernandez JC, Cortez-Madriral H, Garcia-Ruiz I, Ceja-Torres LF, Petrez-Dominguez JF. 2009. Incidence of pests in grafts of tomato (*Solanum lycopersicum*) on wild relatives. *Revista Colombiana De Entomologia*, 35:150–155.
- Bell RL. 1992. Additional east European *Pyrus* germplasm with resistance to pear psylla nymphal feeding. *HortScience*, 55: 412-413.
- Bell RL and Stuart, L.C. 1990. Resistance in eastern European *Pyrus* germplasm to pear psylla nymphal feeding. *HortScience*, 25: 789-791
- Bell RL, Puterka GL and Virginia W. 2004. Modes of host plant resistance to pear psylla : a review, *Acta Hort* **663**:183–188 .
- Bellini, E. and Nin, S. 2000. Breeding for new traits in pear. In: Abstracts VIII International Symposium on Pear. 4-9 September 2000 Ferrara-Bologna, Italy.
- Burckhardt D & Hodkinson ID. 1986. A revision of the west Palaearctic pear psyllids (Hemiptera: Psyllidae). *Bulletin of Entomological Research* 76(1): 119-132
- Chang JF, Philogene BJR. 1976. The development and behavior of the pear psylla, *Psylla pyricola* (Homoptera: psyllidae) on different pear rootstocks and cultivars. *Phytoprotection*. 57: 137-149.
- Edelstein M, Tadmor Y, Abo-Moch F, Karchi Z, Mansour F. 2000. The potential of *Lagenaria* rootstock to confer resistance to the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) in Cucurbitaceae. *Bulletin of Entomological Research*. 90,113–117.
- Feeny P. 1992. The evolution of chemical ecology: contributions from the study of herbivorous insects. In Berenbaum, M., Rosenthal, G.A. -(eds) *Herbivores: Their Interactions with secondary plant metabolites*, pp: 1-44. Academic Press San Diego.

- Futuyma JD, Keese MC. 1992. Evolution and coevolution of plants and phytophagous arthropods. In *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*. (Academic press), pp. 439-475.
- Jones OP, Quinlan JD. 1981. Effect of interstocks of cherry rootstock clone 15 FB 2/58 (*Prunus avium* x *P. pseudocerasus*). *Journal of horticultural science*, 56: 237-238.
- Gatehouse JA. 2002. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. *New Phytologist* 156: 145–169.
- Lapis, E.B. and Borden, J.H. 1993. Olfactory discrimination by *Heteropsylla cubana* (Homoptera: Psyllidae) between susceptible and resistant species of *Leucaena* (Leguminosae). *Chemoecology*, 19: 83-90.
- Lorio PL Jr. 1988. Growth differentiation-balance relationship in pines affect their resistance to bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). In *Mechanisms of woody plant defenses against insects search for pattern*. W.J. Mattson, J. Levieux, and C. Bernard-Dagan, eds. (NY: Springer-Verlag), pp. 73-92.
- Louws FJ, Rivard CL, Kubota C. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. *Scientia Horticulturae* 127: 127–146
- Parry MS, Rogers WS. 1972. Effects of interstock length and vigour on the field performance of Cox's Orange Pippin apples. *Journal of Horticultural Science* 47(1): 97-105
- Pasqualini E, Civolani S, Musacchi S, Ancarani V, Dondini L, Robert P, and Baronio P. 2006. *Cacopsylla pyri* behaviour on new pear selections for host resistance programs. *Bulletin of Insectology* 59: 27-37.
- Puterka, G.J., Bell, R.L. and Jones, S.K. 1993. Ovipositional preference of pear psylla (Homoptera: Psyllidae) for resistant and susceptible pear. *Journal of Economic Entomology*, 86: 1297-1302.
- Scutareanu, P., Drukker B., Bruin J., Posthumus, M.A. and Sabelis, M.W. 1996. Leaf volatiles and polyphenols in pear trees infested by *Psylla pyricola*. Evidence of simultaneously induced responses. *Chemoecology*, 7: 34-38.
- Shaltiel-Harpaz L, Soroker V, Kedoshim R, Hason R, Sokalsky T, Hatib K, Bar-Ya'akov I, Holland D. 2014. Two pear accessions evaluated for susceptibility to pear psylla *Cacopsylla bidens* (Šulc) in Israel. *Pest management science*, 70(2): 234-9
- Slansky, F.J.R. (1992). Allelochemical-nutrient interactions in herbivore nutritional ecology. In *Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites*. (Academic press), pp. 135-174
- Vet LEM & Dicke M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual review of entomology* 37(1): 141-172
- Westigard PH, Westwood MN, Lombard PB. 1970. Host preference and resistance of *Pyrus* species to the pear psylla *Psylla pyricola*. *Foerst: Journal of the American Society for Horticultural Science*, 95:34-36.

Yilmaz B, Kamiloğlu MU, Cimen B, Incesu M, Yesiloglu T and Tuzcu O. 2015. Effects of different interstock lengths on the yield, fruit quality and tree size of Kütdiken lemon trees in Turkey, *J Glob Agric Ecol* **3**:91–96.

סבירסקי, א. 1954. אורח החיים של פסילת האגס. *Psylla Pyricola* Forster. בישראל. כתבים ד: 71-59.