דוח שנת פעילות 2017

נושא המחקר: פיתוח מערך לכידה המונית במטעים כנגד חדקונית הדקל האדומה במטעי תמר

Development of mass trapping strategy for red palm weevil in date plantation

גורם ממן: **שולחן תמר**, מועצת הצמחים

שמות השותפים במחקר

ויקטוריה סורוקר ואינה גולדנברג– המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי

יפית כהן ואיתן גולדשטיין– המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי

יאיר כהן - תומר

1. תקציר

מלכודות ללכידה המונית של חדקונית הדקל האדומה, *Rhynchophorus ferrugineus*, הן מהכלים המקובלים בממשק הניטור והלכידה של המזיק. מלכודות אלו, המבוססות על חומרי משיכה, לוכדות את שני הזוויגים אך בעיקר את הנקבות. הואיל והחדקונית על דרגותיה חבויה בתוך גזע הדקל משמשות המלכודות הן כעיניים לראות את גודל הסכנה לדקלים באזור והן ככלי ספציפי, יעיל וידידותי לסביבה בסל הכלים כנגד מזיק קשה זה.

בניסיון ללמוד את השפעת דגם פריסת מלכודות וצפיפותן במטע, הוצב ניסוי במטע אורגני של המושב תומר שבבקעת הירדן שנערך החל מאוגוסט 2014. הממצאים הצביעו על כך שכושר לכידת המלכודות תלוי יותר במיקומן מאשר בצפיפות היחסית של המלכודות. למרות שלא נמצא הבדל סטטיסטי בין צפיפות של מלכודת לאחד דונם ובין מלכודת לשלושה דונם, רוב הלכידות במטע היו בצפון ובמזרח ובעיקר בהיקף המטע. ניתן לציין שהלכידות סייעו למפות אזורים בעלי פוטנציאל גבוה לאילוח של עצים. באזורים אלו, העצים נוטרו על ידי כלב לגילוי עצים נגועים בחדקונית. מתוך העצים שנוטרו, הכלב סימן מספר עצים כחשודים. עץ אחד אושש כנגוע בחדקונית הן באמצעות חיישן סמי והן באמצעות ניתוח חלקי של העץ. עצים חשודים נוספים נתגלו כנגועים מנוכחות של קרנפית התמר. אולם, נדרש לבחון את יכולת החיישן והכלב להבחין בין עצים המאוכלסים על ידי החדקונית לבין אלו הנגועים על ידי הקרנפית.

על מנת ליעל ולפשט את יישום המלכודות החומר הצמחי המושך, מולסה, הוחלף בתערובת של אתיל אצטט ואתנול ביחס של 1 ל-3. השנה התמקד המחקר בבחינת תוספים למים שבמלכודות בניסיון לצמצם את קצב האידוי. נבחנו מספר חומרים למניעת התאדות, בהם שמן בישול, שמיכת שמש (תערובת המשמשת למניעת התאדות מים מבריכות שחיה) ופרופילן גליקול. מכל אלה נמצא שהוספת פרופילן גליקול בריכוז של 20% עוזרת בצמצום אידוי המים ובמניעת התפתחות של יתושים וריח ריקבון במלכודת, ללא פגיעה בשיעורי הלכידה.

הוספת פרופילן גליקול בריכוז 50% יעילה יותר במניעת אידוי, אך פוגעת במידה מסוימת בכושר המשיכה של המלכודת.

2. מבוא ותאור הבעיה

חדקונית הדקל האדומה, *Rhynchophorus ferrugineus* (RPW), היא מזיק שלד אוליגופאגי שמקורו בדרומה של אסיה ומלזיה, המתמחה בדקלים וידועה כפוגעת בלמעלה מ-20 מינים שונים אך בעיקר בדקל קנרי ותמר. בשנים אחרונות ניכרת התפשטות החדקונית בעולם, באגן הים התיכון ובארץ בפרט. עד עכשיו הנגיעות בארץ של החדקונית בדקלי נוי היא רבה מאד וחובקת איזורים רבים מאד. ניכרת כבר פגיעה בעצי תמר במטעים בעמק הירדן, עמק מעינות ובכמה מטעי הבקעה. בחלק מהמטעים הפגיעה משמעותית. למרות הטיפולים הכימיים המתבצעים נגד המזיק בנוי, הן הפרטי והן הציבורי, כבר מתו אלפי דקלים ממינים שונים, בעיקר דקל קנרי, אך גם דקלים ממינים אחרים, לרבות תמר, וושינגטוניה, רביניה (*Ravenea*), כמרופס (*Chamaerops*) ואחרים (https://weevil.agri.gov.il/he/index.php).

ברמת הנגיעות הקיימת כיום יש קושי בהתמודדות עם מזיק זה, המתפתח בתוך גזע הדקל, חבוי בדרך כלל מפגעי הסביבה וחומרי ההדברה. לקראת מות העץ ולעתים תוך כדי פעולות הדברה או כריתה, עוזבות אותו עשרות רבות של חיפושיות במעוף ותרות אחר עצים חדשים. לכידה המונית של החדקונית היא אחד הפתרונות הספציפיים והמתאימים למזיקים מסוג זה למטעים אורגניים וקונבנציונליים כאחת (Soroker et al., 2015). מהפתרונות הספציפיים והידידותיים לסביבה הבאים לצמצם את אוכלוסיית המזיק כחלק מפרוטוקול ההדברה המשולבת. תכנית ללכידה המונית הינה אם כן, סוגיית מפתח בהתמודדות עם המזיק.

אי לכך, השאלות החשובות בהקשר לממשק הלכידה הן: 1. הפריסה המרחבית; 2. צפיפות המלכודות; 3. נדיפית זולה ונוחה ליישום. ידוע היטב שפרומון אינו מספק משיכה אופטימלית לחדקונית ובמשולב עם תוספת של נדיפים צמחיים של אתיל אצטט ומולסה יוצרים יחדיו השפעה סינרגית. למרות זאת, לא רק שנדיפי תערובת מולסה במים אינם אחידים וסטנדרטיים לאורך זמן אלא אף דורשים תחלופה דחופה.

בניסוי שנערך החל מאוגוסט 2014 במטע אורגני של המושב תומר בבקעת הירדן היו מעט מאד לכידות מה שלא אפשר ניתוח גאוסטטיסטי של הלכידות ולא ניתן היה להגיע למסקנות לגבי צפיפות הלכידות הנדרשת. בשנת 2016 ניתן היה להצביע על איזור בצפון המטע בו התרכזו עיקר הלכידות. יחד עם זאת בדיקות שנערכו על ידי המגדל לא גילו נגיעות במטע בין 2014 ל- 2016 .

גילוי עצים נגועים מוקדם ככל האפשר מציל עצים ואף מונע את ההתפשטות של המזיק. בשנים האחרונות פותחו מספר שיטות לגילוי עצים נגועים לרבות כלבים וחיישנים אקוסטיים. ממצאי ניסוי שנערך באיטליה לבחינת יכולת כלב לזהות עצים קנריים נגועים הצביעו על דיוק גבוה של 88% ושגיאה חיובית שלילית של עד 2% (Soroker et al., 2017). בדומה לכך, רמות דיוק גבוהות בטווח של 80% נמדדו באמצעות חיישן אקוסטי (Hetzroni et al., 2016).

אחת הבעיות הקשורה במלכודות היא התייבשותן המהירה, במיוחד בתנאי הקיץ המקומי, קל וחומר כאשר נוכחות המים במלכודת חשובה ביותר למשיכה וללכידה של החיפושיות. בעיה נוספת עם המים במלכודת היא היותם מקור להתפתחות יתושים שונים המהווים מטרד ואף בעיה תברואתית חמורה. ההשערה היא שניתן לצמצם את שתי הבעיות באמצעות שילוב תוספים למים שבמלכודות. ניסויים ראשונים שנערכו ב- 2016 (סורוקר וחוב' 2016) עם תוספי פרופילן גליקול הצביעו על הפוטנציאל הטמון בחומר זה. במאמר מ-2017 (סורוקר וחוב' 2017) נמצא כי ריכוזים שונים של פרופילן גליקול משפיעים על ההאטה בקצב ההתאדות. תוספת בשיעור של 25% פרופילן גליקול הובילה להאטה משמעותית בקצב ההתאדות של המים לעומת חוסר התאדות של הפרופילן גליקול.

2.1. הנחות המחקר

א. ניתן לבלום את הפגיעה של החדקונית במטע התמר על ידי פריסת מלכודות בצפיפות מתאימה ובמיוחד בהיקף.

ב. ניתן ליעל ואף להוזיל את הטיפול במלכודות על ידי צמצום רמת ההתאיידות של המים.

2.2. מטרות המחקר

מטרת המחקר העיקרית היא פיתוח ממשק ללכידה המונית של החדקונית במטע התמר.

מטרות המשנה הן:

א. בחינת פריסת מלכודות לניטור וללכידה המונית לצימצום הנגיעות במטע.

ב. בחינת השימוש הן בכלב והן בחיישן ססמי לצורך גילוי מוקדם של דקלים נגועים.

ג. בחינת תחליף למים - פיתוח שיטה לצמצום רמת ההתאיידות של המים במלכודת, תוך מניעת התפתחות יתושים אך ללא פגיעה בכושר המשיכה שלהן לחדקונית.

3. שיטות וממצאי המחקר

3.1. פריסת מלכודות ללכידה המונית

על מנת ללמוד על הקשר בין צפיפות המלכודות ליעילותן ערכנו ניסוי מבוקר במטע אורגני של המושב תומר וביצענו סקר מגדלים.

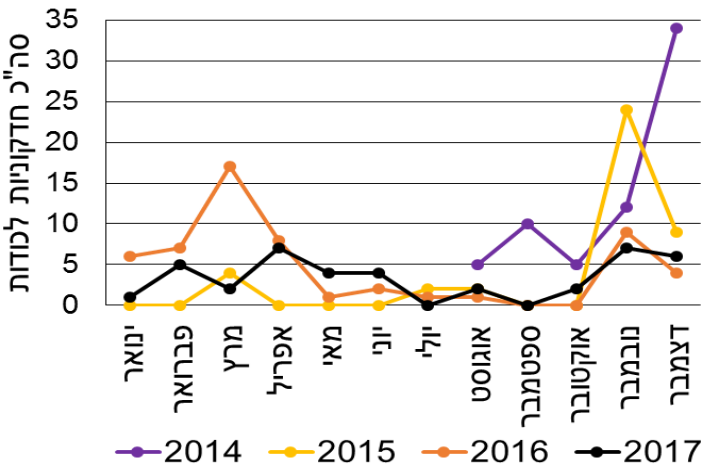
3.1.1. ניסוי במטע אורגני

ב-2017 המשכנו כמתוכנן את הניסוי לבחינת מודל הצבת מלכודות ללכידה המונית במטע תמרים אורגני מזן מג'הול, של המושב תומר, החולש על שטח של כ-560 דונם בבקעת הירדן. מטע זה אחיד יחסית, ובו פרוסות מלכודות בצפיפות של מלכודת אחת לאחד דונם בארבע חזרות לצד הביקורת המשקית של מלכודת אחת ל-3 דונם (איור 1). בכל חזרה של הטיפול מוצבות 25 מלכודות. כל המלכודות בניסוי היו פיקוסן טעונות פרומון,

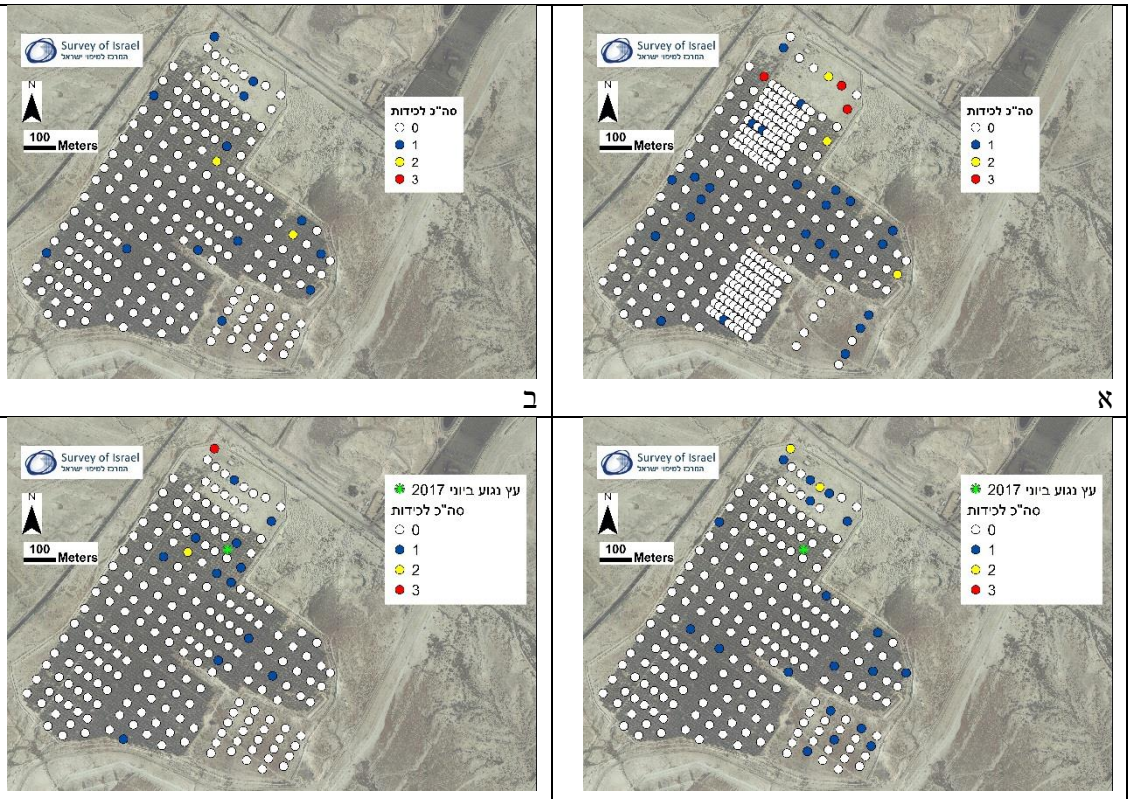
אתיל אצטט ומולסה כמקובל. החל מספטמבר 2017 המלכודות היו טעונות בפרומון, בתערובת של אתיל אצטט ואתנול ביחס של 1 ל-3 ומים. המלכודות נוטרו פעמיים בחודש.

איור 1. פריסת מלכודות מיוני 2016 במטע אורגני של המושב תומר. נקודות באדום מסמנות מלכודות בצפיפות של מלכודת אחת לאחד דונם בארבע חזרות. נקודות בלבן מסמנות צפיפות של מלכודת אחת לשלושה דונם.

ב-2017 נלכדו סה"כ 40 חדקוניות. בניגוד ל-2015 ו-2016 בהם נרשמו שני שיאי לכידות אחד במרץ-אפריל ושני בנובמבר, אשר אחראיים על 46% ו-68% מכלל הלכידות בשנים אלה, בהתאמה, ב-2017 ניתן לראות דפוס לכידה אחיד לאורך השנה מפברואר עד יוני ובנובמבר-דצמבר (איור 2). יחד עם זאת, אם מסתכלים על הפריסה של הלכידות החודשיות ניתן לראות שרוב המלכודות לא לכדו חדקוניות כלל ואלה שכן, לכדו 1-2 חיפושיות בלבד (איור 3). רמת הלכידה החודשית בהיקף המטע (שורת מלכודות ראשונה) ביחס למלכודות הפנימיות יכולה אולי ללמד על דגם התנועה של החדקונית במטע (איורים 3 ו-4). התמונה הזאת חזרה לאורך כל תקופת הניסוי. לאורך כל התקופה נמצא הבדל סטטיסטי בין ממוצע הלכידה החודשית למלכודת בהיקף המטע ובין ממוצע הלכידה במלכודות הפנימיות (איור 4; Wilcoxon test, $p<0.005$). באיור 3 ניתן לראות כי במטע היו לכידות שכיחות בפאה הצפונית והמזרחית. משמעות הדבר שהמלכודות בטבעת היקפית מסייעות להפחית את האוכלוסייה, אך אין בה בכדי למנוע תנועה לעבר מרכז המטע. הואיל ובשני אזורים אלה לא נמצא עץ נגוע סביר להניח שהלכידות נבעו מהגירה חיצונית. מאוגוסט 2014 ועד מאי 2016 רמת לכידה גבוהה הייתה בצפיפות המשקית (1 מלכודת ל- 3 דונם) בהשוואה לצפיפות של 1 מלכודת ל- 0.5 דונם (Wilcoxon test, $p<0.005$). מיעוט הלכידות במלכודות הפרוסות בצפיפות של 1 מלכודת ל-0.5 דונם נבע כנראה מדפוס של רמת לכידה גבוהה בהיקף המטע (איור 3א). מיוני 2016 ועד דצמבר 2017, לאחר שינוי צפיפות המלכודות לכדי 1 מלכודת ל-1 דונם ופיזורן על-פני ארבע חזרות, לא נמצא הבדל סטטיסטי ברמת הלכידה בין שתי הצפיפויות.



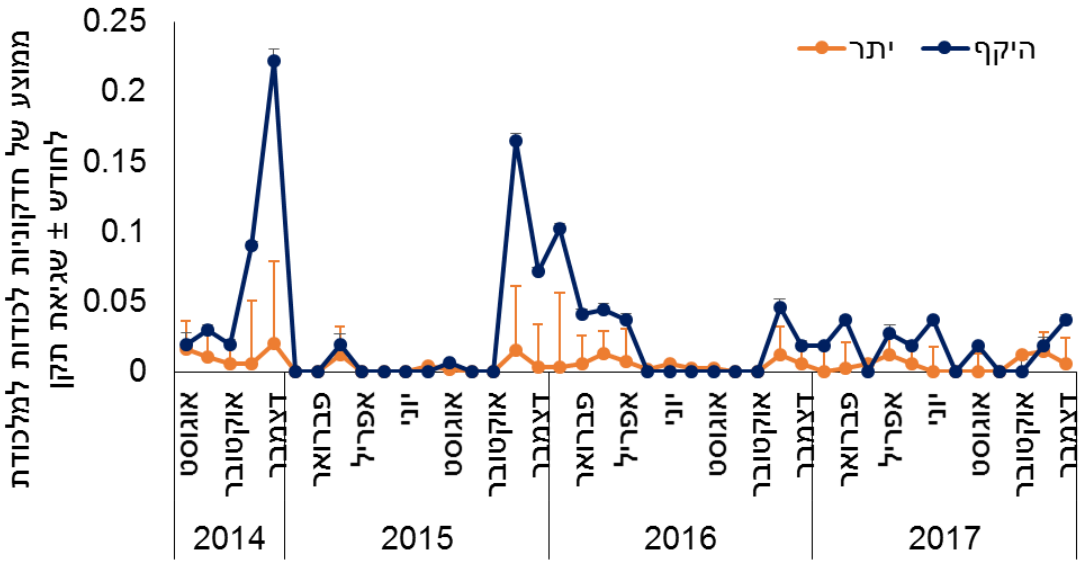
איור 2. סך הכול חדקונית לכודות בחודש במטע של המושב תומר מאוגוסט 2014 ועד דצמבר 2017. מאוגוסט 2014 ועד יוני 2016 היו במטע 305 מלכודות. מיוני 2016 ועד דצמבר 2017 היו במטע 217 מלכודות.



א ב

ג ד

איור 3. לכידות מצטברות ב-2016 בין החודשים ינואר-מאי (א) ובין החודשים יוני-דצמבר (ב); וב-2017 בין החודשים ינואר-יוני (ג) ויולי-דצמבר (ד).



איור 4. ממוצע של חדקוניות לכודות למלכודת לחודש ± שגיאת תקן בהיקף המטע ובכלל השטח, בשנים 2014-2017.

3.1.2. סקר מגדלים

ביצוע ניסויים מבוקרים לבחינת השפעת צפיפות מלכודות ודגם פריסתן על שפע עצים נגועים כרוך בעלויות גבוהות מאוד. לפיכך, בנוסף לניסוי במטע אחד בחרנו להשתמש גם בשיטת הסקר על מנת לקבל תמונה רחבה יותר על ניצול המלכודות ממגדלים קונבנציונאליים והן ממגדלים אורגניים. שאלון רצ"ב בנספח א. הפצנו את השאלון באמצעות דוא"ל ל-27 מגדלים בבקעת כנרות, עמק מעינות ורמת הגולן ובאמצעות יושב ראש ועדה חקלאית למגדלי בקעת הירדן. בסך הכול השיבו על השאלון 21 מגדלים, מתוכם 10 בבקעת כנרות ועמק המעיינות ו-11 בבקעת הירדן. בין המגדלים שענו, היו בטיפולם יותר ממטע אחד כך שהסקר סה"כ הקיף 26 מטעים. מתוך 26 מטעים, 19 מטעים קונבנציונאליים, 3 אורגניים (בקעת הירדן), 1 קונבנציונאלי+אורגני. מתוך 19 המטעים הקונבנציונאליים ב-15 מטעים דיווחו על שימוש בהדברה משולבת הכוללת ריסוס ו/או הגמעה ומלכודות. מתוך 26 מטעים, ב-24 מטעים (92%) פרוסות במלכודות וב-2 מטעים אין מלכודות. מתוך ה-24 מטעים עם מלכודות, ב-10 מטעים הפריסה היא אחידה (5 מטעים עם צפיפות של 1 מלכודת ל-10 דונם; 2 מטעים עם צפיפות של 1 מלכודת ל-5 דונם; 2 מטעים עם צפיפות של 1 מלכודת ל-3 דונם; ו-1 מטע בו פרוסות מלכודות בצפיפויות של 1 מלכודת ל- 2.5,5, ו-10 דונם, בהתאם לגיל העצים), ב-14 מטעים המלכודות פרוסות בגבול ו/או בשבילים (9 מטעים עם צפיפות של 1 מלכודת ל-10 דונם; 2 מטעים עם צפיפות של 1

מלכודת ל-4 דונם; 1 מטע עם צפיפות של 1 מלכודת ל-8 דונם); כאשר ב-22 מטעים ניטור המלכודות מבוצע 1-2 פעמים בחודש.

מתוך 26 מטעים, ב-12 מטעים היו עצים נגועים (9 מטעים בבקעת כנרות ועמק המעיינות ו-3 מטעים בבקעת הירדן) וב-14 מטעים לא היו עצים נגועים. מתוך 12 המטעים הנגועים בחדקונית, ב-11 מטעים יש מלכודות; כאשר, בתשעה מטעים דווח על פריסת מלכודות במגוון צפיפויות, החל ממלכודת אחת ל-2.5 דונם ועד למלכודת אחת ל-10 דונם, ובשבעה מטעים העצים הנגועים היו עם חוטרים ובשלושה מטעים העצים הנגועים היו ללא חוטרים. המרחק השכיח בין עצים נגועים למלכודת קרובה היה 10 עד 50 מטר. מתוך 14 מטעים ללא עצים נגועים, ב-13 מטעים יש מלכודות (מתוכם, 10 מטעים בצפיפות של מלכודת אחת ל-10 דונם) ובמטע אחד אין ולא היו מלכודות. ברוב המטעים שנפגעו עמדה צפיפות המלכודות על 1 מלכודת ל-10 דונם לפני גילוי הנגיעות. לאחר גילוי עצים נגועים הצפיפות התעבתה לכדי צפיויות שונות בטווח של 1 מלכודת ל- 2.5-8 דונם. בבקעת הירדן גם כיום מוצבות מלכודות בצפיפות יחסית. ויש אף כאלה בהם יש מלכודת אחת ל-30 דונם.

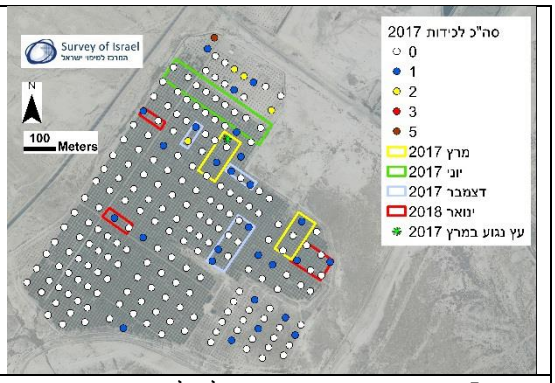
3.2. גילוי עצים נגועים

3.2.1. גילוי באמצעות כלב

במסגרת עבודה במטע ביצענו ניטור דקלים באמצעות כלב מאולף לגילוי חדקונית הדקל (מאלף אסף מאירי) לגילוי עצים נגועים ולבחינת הקשר בין מיקום העצים נגועים לבין המרחק ממלכודות עם לכידות. הניטור בוצע בארבעה מועדים (טבלה 1). בכל מועד נבחר איזור עצים בסביבת מלכודות שהיו בהן לכידות (איור 5). אזורי הניטור במרץ ויוני 2017 נבחרו על בסיס הלכידות ב-2016, ואילו איזורי הניטור בדצמבר 2017 וינואר 2018 נבחרו על בסיס הלכידות ב-2017. הניטור באמצעות כלב הצביע על עץ נגוע חדש ועל העץ שהיה נגוע ב-2013 שמוציא פירות. העץ הנגוע החדש מרוחק 26 ו- 80 מ' משתי מלכודות שהיו בהן לכידות ביוני 2016. בכל אחד משלושה המועדים הנוספים הכלב חשד בעצים צעירים ובוגרים, אך בפועל לא נמצאו בהם חדקוניות. הסברה היא שהתוצאה החיובית השגויה נובעת מנוכחות של זחלים של קרנפית התמר (*Oryctes agamemnon*).

טבלה 1. מספר עצים מנוטרים (על-ידי כלב) נגועים וחשודים במועדים השונים במטע של המושב תומר ב-2017-18.

תאריך	מספר עצים מנוטרים	מספר עצים נגועים	מספר עצים חשודים		
			עץ נגוע באוג' 2013	עץ עד גיל 7	עץ מעל גיל 8
17/03/2017	217	1	1		
23/06/2017	321	0		3	7
22/12/2017	193	0		1	
12/01/2018	160	0			1



איור 5. אזורי ומועדי הניטור לגילוי עצים נגועים באמצעות כלב וסה"כ הלכידות ב-2017. אזורי הניטור במרץ 2017 נבחרו לפי הלכידות ב-2016. העץ הנגוע שנתגלה במרץ 2017 טופל ביוני.

3.2.2. גילוי עצים נגועים באמצעות חיישן סממי

חיישנים סממיים מתוצרת חברת אגרינט הוצבו בשני עצים שנחשדו כנגועים על ידי הכלב במרץ 2017 ובשני עצים סמוכים להם שלא נחשדו כנגועים, כביקורת. החיישן אימת גילוי הכלב בעץ החשוד החדש, ולא גילה פעילות של זחלים בעץ החשוד השני שהיה נגוע בעבר והתאושש מאז 2014. בשני עצים שלא נחשדו על ידי הכלב, לא נמצאה פעילות סממית של זחלים. זיהויים אלה אוששו על ידי המגדל באמצעות ניתוח חלקי של העץ.

3.3. צמצום רמת ההתאידות של המים

במחקר זה נבחנה יעילותם של שלושה חומרים: 1. שמן בישול קנולה, שהוסף למים במלכודת בשיעור של 10%, ליצירת שכבה של 0.5 ס״מ מעל למים; 2. פרופילן גליקול (USP חן שמואל כימיקלים בע"מ) בשיעורים של 20% ו-50%; 3. "שמיכת שמש" (ש"ש). שכבת מגן (נוזל) לברכות שחייה בארה"ב (http://www.ehow.com/how_7914099_diy-liquid-solar-.blanket.html). כמות ה-ש"ש חושבה לפי הכמות שמוסיפים לבריכות שחיה והוכפל פי 3, שווה ערך לעובי שכבה של 0.05 מ"מ .בשלב הראשון, בשני ניסויים שנערכו בחודשים אפריל-מאי 2017, באוויר הפתוח בכוסות של 100 מ"ל למשך שבועיים, נבדקה השפעת שלושת החומרים על ההתאדות. בנוסף נבדק טיפול ביקורת עם מים בלבד. רמת ההתאדות בכוסות נבדקה מדי יומיים-שלושה .בשלב שני נבחנה השפעת החומרים במשך שישה שבועות לפחות על התאדות, התפתחות יתושים ולכידת חדקוניות במלכודות פיקוסן (Picusan). המלכודות כללו פרומון חדקונית מתוצרת Chemtica Costa Rica ובקבוקון נידוף המכיל תערובת של אתיל אצטט ואתנול ביחס של 3:1. כל הניסויים נערכו בשטח מרכז וולקני, כאשר המרחק בין המלכודות היה 25 מ׳ לפחות. על מנת לבטל את השפעת המיקום הוזזו המלכודת מאתר לאתר מדי שבוע ונרשמו נפח המים שנשאר, מספר החיפושיות שנלכדו ונוכחות של יתושים. ניתוח סטטיסטי של הנתונים בוצע בתוכנת Jump 13. לפני הניתוח הסטטיסטי בוצעה המרה של נתוני הלכידות לפי שורש ריבועי. ממצאי הניסויים: 1. ניסויים בכוסות של 100 מ"ל: מעקב רציף אחר רמת הנוזל בכוסות הראה שהוספה של שכבת שמן בעובי של 0.5 ס״מ מנעה לחלוטין התאדות מים. להשוואה,

ההתאדות בכוסות עם מים בלבד בתקופה מקבילה הייתה 78±1.5%. בשבוע הראשון תוספת של שכבת ש"ש בעובי של 0.05 מ"מ צמצמה את ההתאדות ב-10.5%, אך לאחר כשבוע נעלמה השפעה זו וקצב ההתאדות היה כמו של המים לבד .2. ניסויים במלכודות פיקוסן: תוצאות ניסוי ראשון שנערך במלכודות (טבלה 2) להשוואה בין תוספת בשיעור של 20% פרופילן גליקול ו- ש"ש מול מים בלבד הראו שאין הבדל מובהק בין הטיפולים לא מבחינת נפח ($F_{(2, 29)}$ =1.4, p=0.26) לא מבחינת סך כל מספר החיפושיות הנלכדות ,$F_{(2, 29)}$=0.4) (p=0.7. עם זאת, במלכודות עם פרופילן גליקול נשאר קצת יותר נוזל, אם כי ההבדל לא היה מובהק. בניסוי השני, בו הושוותה השפעת תוספת שמן ל-20% פרופילן גליקול ומים בלבד, נמצא הבדל משמעותי מבחינת ההתאדות($F_{(2, 14)}$ =23.9, p<0.0001) , אך לא מבחינת כמות החיפושיות שנלכדו ($F_{(2, 14)}$=1.4, p=0.29). חשוב לציין שכמות החיפושיות שנלכדו בשמן הייתה קטנה מעט מזו שבשאר המלכודות. בנוסף, הן במלכודות עם השמן והן במלכודות עם הפרופילן גליקול לא התפתחו זחלי יתושים.

בניסויים בהם הושוותה תוספות פרופילן גליקול בשיעורים של 20%, 50% ומים ללא תוספים (טבלה 3), נראה פעם נוספת שפרופילן גליקול צימצם באופן מובהק את ההתאדות לעומת מלכודות עם מים בלבד ($F_{(2, 23)}$ =26.1, p<0.0001), בעוד שלא נרשמה השפעה שלילית מובהקת על לכידות החדקונית ($F_{(2, 23)}$=1.2, p=0.33). עם זאת, במלכודות עם 50% פרופילן גליקול נלכדו מעט פחות חיפושיות. ירידה זאת חזרה גם בניסוי הבא, בו הושוו 50% פרופילן גליקול לעומת מים. הירידה לא הייתה מובהקת אך גבולית ($F_{(1, 19)}$=2.84, p=0.1). לעומת זאת, תוספת של 20% פרופילן גליקול האטה את ההתאדות באופן מובהק ($F_{(1, 11)}$=14.6, p<0.01), מנעה התפתחות של יתושים ולא הפחיתה משמעותית לכידת זכרים או נקבות ($F_{(1, 11)}$=0.0001, p=0.99) (איור 6).

טבלה 2. השפעת תוספת שמן, ש"ש, פרופילן גליקול 20% על לכידות החדקונית וקצב האידוי במלכודת פיקוסן. כל טיפול נבדק בעשר חזרות בניסוי הראשון ובחמש חזרות בניסוי השני

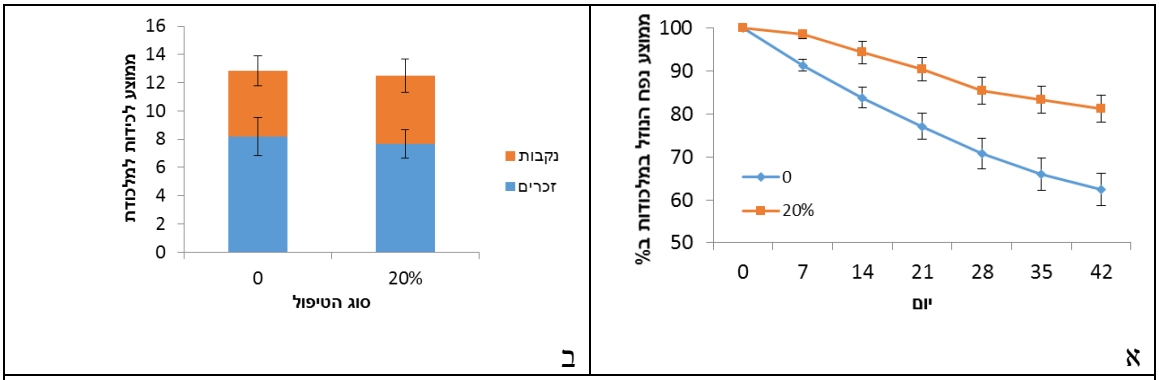
מס' ניסוי (מועד)	**לכידות חדקונית***				**נפח הנוזל שנותר במלכודת ****			
	שמן	מים	20% פרופילן	ש"ש	שמן	מים	20% פרופילן	ש"ש
ניסוי 1 (מרץ-מאי)	לא נבדק	12.7±2.6	14.8±2.9	17.3±3.9	לא נבדק	70.4±2.5	72.7±2.9	66.5±2.6
ניסוי 2 (מאי-יוני)	12.4±1.6	14.6±1.9	17±2.3	לא נבדק	84±4a	48±4.8b	57±2b	לא נבדק

** הנתונים מציגים ממוצע לכידות מצטברות של כלל החדקוניות ± שגיאת תקן; ** הנתונים מציגים את ממוצע אחוז הנוזל שנשאר בתום הניסוי ± שגיאת תקן. - אותיות שונות מסמנות טיפולים שונים באופן מובהק באותו הניסוי (One-way Anova with post-hoc Tukey HSD).*

טבלה 3. השפעת תוספת פרופילן גליקול בשעורים שונים (%) על לכידות וקצב האידוי במלכודת פיקוסן

טיפול (מועד, מספר חזרות)	לכידות חדקונית*			נפח הנוזל שנותר במלכודת **		
	0%	20%	50 %	0%	20%	50%
ניסוי 1 (יולי-אוגוסט, 8)	11.1±1.5	12.9±1.4	9.6±1.2	28±5.1a	40±3.1a	66±2.8b
ניסוי 2 (אוקטובר-נובמבר, 10)	21.5±1.8	לא נבדק	17.3±1.9	76±1.8a	לא נבדק	88±1.7b
ניסוי 3 (דצמבר-ינואר, 6)	12.8±2.2	12.5±1.2	לא נבדק	62±3.8a	81±3.1b	לא נבדק

**הנתונים מציגים ממוצע לכידות מצטברות של כלל החדקוניות ± שגיאת תקן; **הנתונים מציגים את ממוצע אחוז הנוזל שנשאר בתום הניסוי ± שגיאת תקן. -אותיות שונות מסמנות טיפולים שונים באופן מובהק באותו הניסוי (One-way Anova with post-hoc Tukey HSD).*



איור 6. השפעת תוספת של 20% פרופילן גליקול (n=6) על קצב ההתאדות (א) ועל לכידות החדקוניות (ב) לעומת מים לבד במלכודת פיקוסן. - תוצאות ההתאדות (גרף א) מוצגות כממוצע שיעורי ההתאדות למלכודות ± שגיאת תקן. תוצאות הלכידות (גרף ב) מציגות ממוצע לכידות מצטבר למלכודת לטיפול (זכרים ונקבות) ± שגיאת תקן. אותיות שונות (גרף א) מציגות הבדל מובהק סטטיסטית (t-test=14.6, p<0.01) בשיעור ההתאדות בין מלכודות עם תוסף פרופילן גליקול לעומת הביקורת. מבחינת רמת הלכידות של זכרים ונקבות (גרף ב) לא נמצא הבדל מובהק בין המלכודות עם ובלי פרופילן גליקול.

4. דיון ומסקנות

4.1. פיתוח ממשק ללכידה המונית

היעד המרכזי של המחקר היה פיתוח ממשק ללכידה המונית של החדקונית במטע תמרים. המלכודות יכולות בעיקרון לשמש בממשק המזיק בשני אופנים: לכידה המונית וניטור ובמיוחד לאיתור עצים נגועים. כך בעבר פריסת מלכודות בצפיפות של מלכודות אחת לדונם במטע קיבוץ אלמוג סייעה באיתור תמרים נגועים (Soroker et al., 2005). יעילות הצפיפויות שונות של מלכודות נבחנה במטע אורגני. פריסת מלכודות בצפיפות של מלכודת אחת לחצי או לדונם אחד לא הובילה לעלייה משמעותית ברמת הלכידה במטע תמרים בניגוד למה

שנצפה על ידי Faleiro et al. (2011) במטעים בערב הסעודית. בשלב זה מיעוט הלכידות אינו מאפשר הסקת מסקנות לגבי משמעות הצפיפות של המלכודות.

מקובל להסביר לכידות במטע כתוצאה מתנועה פנימית של צאצא שהגיח מתוך עץ נגוע בתוך המטע ועובר לעץ בתוך המטע או החוצה למטע אחר, אך גם כתוצאה מהגירה חיצונית של צאצא שהגיח מתוך עץ במטע שכן או מעץ נוי ונע לעבר המטע. במטע של תומר, רמת לכידה גבוהה יחסית של עד פי 15 ביחס למלכודות הפנימיות נמצאה בטבעת ההיקפית, ובמיוחד בצפון ובמזרח (איורים 3 ו-4). ממצא זה מרמז שהמטע הזה נתון לניסיונות פלישה של צאצאים וניתן לשער כי הצבת מלכודות בטבעת היקפית מסייעת בהגנת המטע מסכנות מבחוץ. אולם, לכידות בתוך המטע מצביעות על כך שיש פרטים שלא נעצרים בטבעת. מגמת לכידה דומה בגובה של עד פי 3 במלכודות בטבעת היקפית ביחס למלכודות פנימיות נצפתה בניסוי שנערך בקוסטה ריקה באמצעות מלכודות דלי במטע של דקלי שמן עם נגיעות במחלת הטבעת האדומה (red ring disease) הנגרמת על ידי נמטודה אשר משמשת לה כפונדקאי *R. palmarum*, חדקונית דקל דרום אמריקאית, Oehlschlager et al., 2005; Oehlschlager 2007). המחברים סברו כי הלכידות נבעו מתנועה דו-כיוונית של חדקוניות. חוסר העקביות בלכידה של המהגרים למטע של תומר באמצעות המלכודות בטבעת ההיקפית יכול להיות מושפע ממספר גורמים, כגון מרחק בין מלכודות וכושר המשיכה של מלכודת. המרחק השכיח בין מלכודות בטבעת ההיקפית הוא 55 מ', ייתכן שציפוף מרווחי הפריסה בטבעת לכדי 30 מ' (מרווח בין מלכודות בצפיפות של מלכודת לדונם) תוביל לעלייה ברמת הלכידה וכתוצאה מכך לצמצום הזליגה לתוך המטע. שימוש במלכודת יעילה הינו גורם מפתח בלכידה המונית. בניסוי שנערך לאחרונה בספרד נמצא שהצבת חמש מלכודות באותה נקודה הוביל לעלייה משמעותית של פי 3.5 במספר החדקוניות הלכודות בהשוואה למלכודת אחת (Navaro-Llopis et al., 2018).

מטרה נוספת לפריסת מלכודות בצפיפות גבוהה היא הפקת מפת סיכונים לגילוי עצים נגועים. ואכן, במרץ 2017 נמצא עץ נגוע המרוחק 83 מ' מההיקף ובאזור בו הלכידה האחרונה היתה ביוני 2016. ביוני 2017 בוצע טיפול בעץ עת הגילוי של חדקוניות. ייתכן שהלכידות במלכודות הפנימיות במטע ואף בטבעת ההקפית נבעו מתנועה פנימית של צאצאים שהגיחו מהעץ הנגוע. אולם, בין מרץ ליוני 2017, לא היו לכידות במלכודות הסובבות את העץ, ולמעשה לא ניתן לדעת מתי אוכלס העץ בחדקוניות וכמה דורות התפתחו בו.

סקר המגדלים הראה כי הדברה משולבת הכוללת הדברה כימית ומלכודות הינה שיטה נפוצה. מהממצאים לא ניתן ללמוד על קשר נסיבתי בין צפיפות מלכודות והתכונות של המטע והעצים בפרט ובין עצים נגועים. ברוב המטעים שנפגעו לראשונה הוצבו מלכודות בצפיפות של 1 מלכודת ל-10 דונם. לאחר גילוי עצים נגועים הצפיפות התעבתה לכדי צפיויות שונות בטווח של 1 מלכודת ל- 2.5-8 דונם. אך גם כיום מוצבות מלכודות בצפיפות של 1 מלכודת ל-10 דונם בעיקר בבקעת הירדן. למרות שמספר התמרים הנגועים בחדקונית עודנו יחסית נמוך בבקעת הירדן ובית שאן, עדיין מטעים המרוחקים עד 18 ק"מ ממטעים נגועים נתונים לסכנת אילוח וזאת בשל יכולת התעופה של החדקונית לעוף מרחק של עד 18 ק"מ ביעף אחד (Barkan et al., 2018).

הניסוי הנוכחי שבוצע במטע אורגני מלמד שבאמצעות צפיפות של 1 מלכודת ל-3 דונם ניתן לקבל תמונה ברורה של תפוצת החדקוניות במטע ובכך לסייע לגילוי עץ נגוע. בניגוד לכך, צפיפות של 1 מלכודת ל-10 דונם מניבה תמונה לא שלמה של תפוצת חדקוניות. לדוגמה, במטע קונבנציונאלי בבקעת הירדן נמצא עץ נגוע, אך טרם גילוי העץ לא נלכדו חדקוניות במלכודת חרף השימוש במלכודות בצפיפות של 1 מלכודת ל-10.

השימוש בכלב לאיתור עצים נגועים הוביל לאיתור עץ נגוע. מצד שני, רוב הגילויים של הכלב הצביעו על תוצאות חיוביות שהן כנראה שגויות. בשלב זה נראה שאין הכלב מבחין בין עצים הנגועים בקרנפית התמר לבין אלה הנגועים בחדקונית. השימוש בחיישן ססמי אושש את הגילוי של עץ הנגוע בחדקונית. כושר הבחנה של החישן בין עצים נגועים בקרנפית וחדקונית לא נבחן. מכאן יש צורך במחקר המשך לגילוי חדקונית הן באמצעות כלב והן באמצעות חיישן אקוסטי או ססמי בעצים הנגועים בקרנפית התמר. נוכח החסרונות של שיטות אלה, ניתן לציין כי ניטור בשטחים נרחבים באמצעות צילום תרמי של חופת העצים עשוי לשפר את הגילוי, בהינתן תנאים מתאימים (Soroker et al., 2017).

4.2. צמצום רמת ההתאיידות של המים

רמת הנגיעות בחדקונית בדקלים, בעיקר בנוי, מלמדת שכנראה נצטרך לחיות עם מזיק זה לאורך זמן ולהתמודד איתו עד כמה שאפשר. חשוב על כן שאמצעי הלכידה העומדים לרשות החקלאים יהיו נוחים ליישום ולא יגרמו לנזק סביבתי. חשוב לצמצם את זמן הטיפול במלכודות, ומאידך לוודא שהן לא יהפכו למטרד סביבתי (מצע לגידול יתושים, אתר ריקבון ומקור לריח רע). אמנם מלכודת המבוססת על חומרים סינתטיים ומים קלה ליישום, אך דורשת תחזוקה שוטפת בהחלפה או הוספת מים. מתוך שלושת החומרים שנבחנו (שמן, "שמיכת שמש" ופרופילן גליקול) השמן והפרופילן הוכיחו את יכולתם בצמצום התאדות מהמלכודות לאורך זמן. לעומת זאת, "שמיכת שמש" במינונים שנבחנו לא נראתה יעילה לאורך זמן. השפעתה נעלמה בכוסות תוך שבוע ימים ויתכן שהחומר פשוט התאדה.

הוספת שמן מנעה התאדות באופן מוחלט. השמן, כצפוי, נשאר כשכבה עליונה לאורך זמן, מנע התפתחות של זחלי יתושים ומאידך הפחית מעט ובאופן לא מובהק את מספר החדקוניות הלכודות. עם זאת, השמן משך אליו מינים נוספים, כגון חרקים ולטאות, כך שלאחר כחודש ימים לא היה לתמיסת המלכודות מראה אסתטי.

פרופילן גליקול, בניגוד לשמן, אינו יוצר שכבה מעל למים ואף הוא נמצא יעיל במניעת ההתאדות והתפתחות יתושים, כאשר השפעתו על ההתאדות הייתה תלויה בריכוזו. מאחר שחשוב שתוספת החומר לא תפגע בכושר המשיכה ואף תהיה בעלת כדאיות כלכלית, התרכזה בחינת המינון בטווח שבין 20% ל-50%. בטווחים אלה גם תוספת של 20% יעילה לעיכוב ההתאדות ומניעת התפתחות יתושים וריח ריקבון ללא פגיעה בכושר המשיכה של המלכודות. ממצאים דומים התקבלו בניסויי מלכודות של חדקונית דקל דרום אמריקאית בקוסטה ריקה. בניסויים אלה נמצא שתוספת של פרופילן גליקול לא רק מאטה את קצב ההתאדות, אלא אף שומרת על כושר המשיכה לאורך זמן כנראה בזכות שמירה על נקיון הנוזל במלכודת (Oehlschlager, 2010). בנוסף, Tomas

et al. (2008) מצאו שתוספת של 25% פרופילן גליקול למלכודות של זבובי פירות מעלה את כושר המשיכה שלהן. חשוב לציין כי פרופילן גליקול הינו חומר בעל נדיפות נמוכה מאד ובטוח לאדם ולסביבה, להבדיל מחומר דומה, אתילן גליקול, הרעיל מאד ליונקים ועלול לגרום למוות תוך 24 שעות (Barceloux et al., 1999; Thomas, 2008).

מהמחקר עולה כי הוספה חד פעמית של כ-20% פרופילן גליקול, שעלותה לחקלאי כ-5 ש"ח למלכודת, תוכל להאט את קצב האידוי, למנוע את התפתחות היתושים במלכודת ולהגדיל את מרווחי הזמן שבהם החקלאי צריך לטפל במלכודות. מכיוון שקצב ההתאדות תלוי בעונה ובמיקום, חשוב תמיד להעדיף למקם את המלכודת במקום מוצל. נראה כי במקומות חמים במיוחד ניתן לעלות את המינון של פרופילן גליקול עד לשיעור של 50%.

4.3. מסקנות

1. רוב הלכידות במטע תומר היו בצפון ובמזרח ובעיקר בהיקף המטע. מה שאולי מרמז על התפשטות המזיק ממטעי הצפון וחסימת רובן בהיקף.
2. ברמת נגיעות אפסית של עצים במטע לתומר לא ניתן היה להגיע למסקנה לגבי צפיפות מלכודות אופטימלית ללכידה המונית.
3. מיקום המלכודות הלוכדות עוזרת באיתור העץ הנגוע.
4. גם הכלב וגם החיישנים הצליחו לגלות את העצים הנגועים.
5. הכלב אינו מבחין כנראה בין נגיעות בחדקונית וקרנפית.
6. לא ברור האם חיישן ססמי מבדיל בין שני הנגעים.

5. ביבליוגרפיה

סורוקר ו., מנט ד., גולדשטיין א., כהן י., אלטמן י., חצרוני א., אלוש א. (2016). מלכודות ופטריות להתמודדות עם מכת החדקונית. ׳עלון הנוטע׳ 69: 24-29.

סורוקר ו., גולדנברג א., קניאזר א., דוידוביץ׳ מ., גולדשטיין א. (2017). לכידת חדקונית: האם אפשר לשפר את השיטה? ׳עלון הנוטע׳ 70: 33-37 .

Barceloux, D.G., Krenzelok, E.P., Olson K., and Watson, W. (1999). American Academy of Clinical Toxicology Practice Guidelines on the Treatment of Ethylene Glycol Poisoning. Ad Hoc Committee. Journal of Toxicology. Clinical Toxicology 37: 537-560.

Barkan, S., Hoffman, A., Hezroni, A., and Soroker, V. (2018). Flight Performance and Dispersal Potential of Red Palm Weevil Estimated by Repeated Flights on Flight Mill Journal of Insect Behavior 31: 66-82.

Faleiro, J.R., El-Saad, M.A., and Al-Abbad, A.H. (2002). Pheromone trap density to mass trap *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae/Rhynchophoridae/Dryophthoridae) in date plantations of Saudi Arabia. International Journal of Tropical Insect Science 31: 75-77.

Hetzroni, A., Soroker, V., and Cohen, Y. (2016). Toward practical acoustic red palm weevil detection. Computers and Electronics in Agriculture 124: 100-106.

Oehlschlager, A.C., McDonald, R.S., Chinchilla, C.M., and Patschke, S.N. (2005). Influence of a Pheromone-Base Mass-Trapping System on the Distribution of *Rhynchophorus palmarum*. Environmental Entomology 24 (5): 1005-1012.

Oehlschlager, A.C. (2007). Optimizing Trapping of Palm Weevils and Beetles. Acta Hort 736: 347-368.

Oehlschlager, A.C. (2010). Efficiency And Longevity of Food Baits In Palm Weevil Traps. Acta Horticulture 882: 399-406.

Navaro-Llopis, V., Primo, J., and Vacas, S. (2018). Improvements in *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) Trapping Systems. Journal of Economic Entomology, toy065. doi: 10.1093/jee/toy065

Soroker, V., Blumberg, D., Haberman, A., Hamburger-Rishard M., Reneh, S., Salavat, T., Anshelevich, L., and Harari, A.R. (2005). The current status of red palm weevil infestation in date palm plantations in Israel. Phytoparasitica 33: 97-106.

Soroker, V., Suma P, Pergola A.L., Llopis, V.N., Vacas, S., Cohen, Y., Cohen, Y., Alchanatis, V., Milonas, P., Golomb, O., Goldshtein, E., Banna, A.E.M.E., and Hetxroni. A. (2017). Surveillance Techniques and Detection Methods for *Rhynchophorus ferrugineus* and *Paysandisia archon*. In: Soroker, V., and Colazza, S. (eds) Handbook of Major Palm Pests. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp. 209–232.

Thomas, D.B.A. (2008). Safe and Effective Propylene Glycol Based Capture Liquid for Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Traps Baited with Synthetic Lures. Florida Entomologist 91: 210-213.

6. נספח א

<u>שאלון בנושא לכידת חדקונית במטע התמר</u>

במסגרת מחקר שממומן על-ידי שולחן תמר, אנו, דר' ויקי סורוקר ואיתן גולדשטיין ממנהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני, מנסים לאתר פריסת מלכודות אופטימלית ללכידה המונית של חדקונית הדקל במטעי תמר.

באמצעות השאלון, אנו מנסים לאתר מגדלים המשתמשים במלכודות שבעזרתם נוכל לאסוף מידע על תפקוד המלכודות בתנאים ובאזורים שונים ותרומתן של אלה לזיהוי העצים הנגועים ומניעת נגיעות במטע. בהתאם לכך, הנך מתבקש למלא השאלון שלהלן. אם הנך מנהל יותר מחלקה אחת בבקשה מלא שאלון נפרד לכל מטע.

אנו מודים לך מראש על שיתוף הפעולה.

בברכה,

ויקי ואיתן

שם: _____ דוא"ל_____

מספר טלפון: _____

מיקום המטע: _____

שטח המטע : _____

1. האם אתה לוכד חדקונית במטע באמצעות מלכודות? ☐ כן. ☐לא.
2. מהו פיזור המלכודות? ☐אחיד. ☐ בשבילים בלבד. ☐רוב המלכודות מוצבות בגבולות המטע.
3. מהי צפיפות המלכודות? ☐מלכודת אחת לדונם. ☐מלכודת אחת ל- 2.5 דונם. ☐מלכודת אחת ל-3 דונם. ☐מלכודת אחת ל-4 דונם. ☐מלכודת אחת ל-5 דונם. ☐ מלכודת אחת ל-10 דונם.☐ אחר (פרט):_____
4. מהי תדירות ניטור המלכודות? ☐פעם בשבוע. ☐פעמיים בחודש. ☐ פעם אחת בחודש. ☐כל שלושה חודשים.
5. מה מכילה המלכודת: ☐ פרומון, אתיל אצטט ומולסה במים. ☐פרומון, אתיל אצטט ומים. ☐פרומון ומולסה במים. ☐פרומון בלבד. ☐ אחר (פרט):_____
6. האם אתה מבצע רישום של הלכידות במטע? ☐כן ☐ לא.
7. האם יש\היו עצים נגועים במטע? ☐ כן. ☐ לא.
8. אם כן, מתי? (ציין חודש ושנה) _____ וכמה? _____ האם היו נושאי חוטרים ☐ כן ☐לא.
9. גיל העצים רוב העצים בחלקה \מצב העצים: ☐עם חוטרים מאורגזים. ☐ עם חוטרים לא מאורגזים.☐ללא חוטרים. ☐ מבוגרים ללא חוטרים בשנתיים האחרונות.
10. ממשק גידול: ☐אורגני ☐ קונבנציונלי.
11. כיצד מתבצע הטיפול בחדקונית? ☐לכידה המונית ☐ ריסוס ☐הזרקה ☐הגמאה.
12. האם הטיפול אחיד בכל המטע או לעצים נושאי חוטרים בלבד? ☐ טיפול אחיד ☐נושאי חוטרים בלבד.
13. אילו זני תמר אתה מגדל בחלקה זאת : ☐ מג'הול. ☐ חלוואי. ☐ דקל נור. ☐ דרי. ☐ אמרי. ☐ חדראווי. ☐ זהידי. ☐ ברהי. ☐ חיאני.
14. מה היתה צפיפות המלכודות בעת גילוי העצים הנגועים? או מהו המרחק הממוצע בין המלכודות? _____
15. מהו המרחק בין העצים הנגועים ממלכודות (אפשר לבחור מספר אפשרויות)? ☐צמוד למלכודת ☐עד 10 מ' ☐עד 50 מ' ☐מעל 50 מ'.
16. האם יש\היו עצים נגועים במטעים שכנים? אם כן, מה המרחק בין המטעים? _____ ומתי היו? _____