

## תוכן עניינים

2	דוח שנה שניה תוכנית מחקר 11-1686-131
2	שם ההצעה: חדקונית הדקל האדומה בסביבה חקלאית ועירונית - פיתוח ממשק לבלימת המזיק
2	Development of area wide strategy for the red palm weevil
2	שמות השותפים במחקר
3	תקציר
4	מבוא ותאור הבעיה
5	תאור מקיף של הפעלת המחקר
6	א. ביולוגיה של המזיק
6	א2. חקר הדינאמיקה של החדקונית בזמן ובמרחב:
9	ב. פיתוח ממשק הדברה וטיפול בעצים נגועים
9	ב1. סריקת תכשירי הדברה מקבוצות כימיות שונות:
13	ב2. השוואת יעילות תכשירי הדברה במגע כנגד בוגרים.
15	ב2. ניסויי שדה עם תכשירי הדברה
17	ב3. תכשירים ידידותיים לסביבה לחקלאות אורגנית ולמגזר העירוני (נמטודות אנטומופטוגניות).
23	ג. פיתוח מערך לכידה המונית
25	ד. ניתוח וטיפול בעצים (קנאריים) הנגועים בכותרת להצלתם
25	ה. דרכי סילוק חומר נגוע תוך המרתו לאנרגיה
27	ו. פיתוח כלים לזיהוי עצי דקל הנגועים בחדקונית הדקל האדומה ברמה אזורית
27	ו1. ניסויי בעצים שהודבקו במכוון:
29	ו2. ניסויים במטעים מסחריים
30	ז. בנית מאגר נתונים מרחבי
31	ח. מערכת הערכת סיכונים ותמיכת החלטה
32	ט. הפצת ידע לציבור והגברת המודעות לבעיה
32	סיכום
34	סיכום הפעילות המחקרית עם שאלות מנחות
36	רשימת ספרות מצוטטת

## דוח שנה שניה תוכנית מחקר 11-1686-131

שם ההצעה: חדקונית הדקל האדומה בסביבה חקלאית ועירונית - פיתוח ממשק לבלימת המזיק

Development of area wide strategy for the red palm weevil

### שמות השותפים במחקר

ויקטוריה. סורוקר; גלינה גינדין, איתמר גלזר, לאוניד אנשלביץ, אנה ליטובסקי, סעדיה רנה – המכון להגנת הצומח,

מנהל המחקר החקלאי

יובל כהן המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי

יפית כהן, ויקטור אלחנתי, אמוץ חצרוני, בני לב ואהרון הופמן – המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי

עמי הברמן, ריקי קטנר, צלילה בן-דוד, לילא חגי יחיא – השירותים להגנת הצומח ובקורת, משרד החקלאות

יעקב נקש חוות עדן

שמעון ביטון שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות

שמעון שטיינברג – ביו- בי

Victoria Soroker, Plant Protection, Entomology and the Nematology and Chemistry units,  
Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail:  
[sorokerv@agri.gov.il](mailto:sorokerv@agri.gov.il)

Galina Gindin, Plant Protection, Entomology and the Nematology and Chemistry units  
Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail:  
[gindin@agri.gov.il](mailto:gindin@agri.gov.il)

Itamar Glazer, Plant Protection, Entomology and the Nematology and Chemistry units,  
Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail:  
[glazerit@agri.gov.il](mailto:glazerit@agri.gov.il)

Leonid Anshelevich, Plant Protection, Entomology and the Nematology and Chemistry units,  
Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail:  
[lanshel@agri.gov.il](mailto:lanshel@agri.gov.il)

Anna Litovsky, Plant Protection, Entomology and the Nematology and Chemistry units,  
Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail:  
[annalit@agri.gov.il](mailto:annalit@agri.gov.il)

Saadia Reneh, Plant Protection, Entomology and the Nematology and Chemistry units,  
Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail:  
[saadia@agri.gov.il](mailto:saadia@agri.gov.il)

Yuval Cohen, Dept. of Fruit Trees Sciences, Institute of Plant Sciences, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail: [vyuvalc@agri.gov.il](mailto:vyuvalc@agri.gov.il)

Yafit Cohen, Agricultural Engineering, Sensing, Information and Mechanization Engineering, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail: [yafitush@agri.gov.il](mailto:yafitush@agri.gov.il)

Victor Alchanatis, Agricultural Engineering, Sensing, Information and Mechanization Engineering, Ministry of Agriculture, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail: [victor@agri.gov.il](mailto:victor@agri.gov.il)

Amots Hetzroni, Agricultural Engineering, Sensing, Information and Mechanization Engineering, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail: [amots@volcani.agri.gov.il](mailto:amots@volcani.agri.gov.il)

Aharon Hofman, Agricultural Engineering, Sensing, Information and Mechanization Engineering, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail: [roni@volcani.agri.gov.il](mailto:roni@volcani.agri.gov.il)

Beni Lew, Agricultural Engineering, Growing, Production and Environmental Engineering, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan, E-mail: [benilew@agri.gov.il](mailto:benilew@agri.gov.il)

Ami Haberman, PPIS, Ministry of Agriculture, P.O.B. 78 Bet Dagan, E-mail: [amih@moag.gov.il](mailto:amih@moag.gov.il)

Ricky Kettner, PPIS, Ministry of Agriculture, P.O.B. 78 Bet Dagan, E-mail: [rickym@moag.gov.il](mailto:rickym@moag.gov.il)

Tselila Ben-David, PPIS, Ministry of Agriculture, P.O.B. 78 Bet Dagan, E-mail: [tslilab@moag.gov.il](mailto:tslilab@moag.gov.il)

Laila Sheeney-Haj-Ichia, PPIS, Ministry of Agriculture, P.O.B. 78 Bet Dagan, E-mail: [lailas@moag.gov.il](mailto:lailas@moag.gov.il)

Yakov Nakash, Eden research station, E-mail: [nakache@seliyahu.org.il](mailto:nakache@seliyahu.org.il)

Shimon Biton, Extension Services, Ministry of Agriculture, Bik'at Ha-Arden, E-mail: [shibiton6@gmail.com](mailto:shibiton6@gmail.com)

Shimon Shteynberg, Bio-Bee Biological Systems, E-mail: [s\\_stein@biobee.com](mailto:s_stein@biobee.com)

## **תקציר**

**הצגת הבעיה.** חדקונית הדקל האדומה היא מזיק שמתמחה בדקלים ומתפשט באיזורים נרחבים בארץ – בנוי, ולאחרונה גם במטעי התמרים. אלפי עצי דקלי נוי כבו מתו ולמעלה ממאה עצי תמר נפגעו במטעים. חשוב במיוחד להגן על מטעי התמר ממזיק קשה זה.

**מטרות המחקר לתקופת הדוח.** המחקר מתמקד בפיתוח ממשק וכלים להתמודדות טובה יותר עם חדקונית הדקל האדומה. מטרות הספציפיות לתקופת הדוח הן שיפור שיטות לניטור אזורי וללכידה המונית המבוססות על התנהגות המזיק במרחב ועל רגישות הפונדקאים; ביסוס סל תכשירים יעודי, שיטות ישום, וטיפולים בעצי דקל קנרי בנוי, בגידול תמרים קונבנציונלי ואורגני; פיתוח שיטות לאיתור מוקדם של עצים נגועים; בחינת

פירוליה להשמדת חומר צמחי נגוע; יצירת מאגר מידע מקוון; פיתוח מערכת תמיכה בקבלת החלטות והפצת הידע לציבור.

**שיטות העבודה.** המחקר מתבצע במעבדה, במתקן הסגר ייעודי, במטעי תמר ובמידה מועטה גם בשטחי נוי וכולל בין היתר ניטור החדקונית באמצעות מלכודות, ניסויים בתכשירי הדברה כימיים ונמטודות אנטומופטוגניות, צילומים טרמיים מהקרקה ומוטסים.

**תוצאות עיקריות:** בניסיונות תכשירי במעבדה נמצאו מספר חומרים יעילים המייצגים ארבעה מנגנוני פעולה שונים. נבחנו דרכי יישום שונות לקונפידור (הגמאה לקרקע והזרקה לגזע). בהקשר לכך נבדקה ניידות תכשירי ההדברה ומשך פעילותם בדקל התמר. מבין התכשירים שנבדקו, פרוקליים בהזרקה מגיע בגזע התמר למינונים קטלניים. מבחינת קוטלי מגע, תכשיר קרטה מקס יעיל מאד כנגד בוגרי החדקונית במגע גם לאחר זמני חשיפה קצרים. איתרנו מגוון תכשירי הדברה נוספים אותם נמשיך לבדוק ליעילות ההדברה במטע. פותחה מערכת ניסויית לבחינת התנהגות הנמטודות האנטומופטוגניות.

שופרו מערכות המודל לניגוע של דקלי תמר וקנרי בתנאים מבוקרים בכלוב. ניתוח מבוקר של העצים במקביל לתיעוד הנזק ולשיטות תרמיות לזיהוי אפשר לאפיין את תהליכי נגיעות החדקונית, את יעילות שיטות הניטור ואת המורכבות והבעיות בזיהוי המוקדם.

בבחינה גיאוגרפית של תפוצת החדקונית אופיין קצב התפשטותן של החדקונית במהלך השנתיים האחרונות לכיוון מטעי העמקים הצפוניים משני כיוונים לפחות – צפון וצפון-מערב. פותח והורחב אתר אינטרנט להפצת מידע על החדקונית. מאגר מידע מקוון הכולל נתוני הנגיעות בישובים ודיווחים על עצים נגועים וחשודים הורחב. פותח כלי לשימוש בטלפון חכם לדיווח על חשד בנגיעות והכלי מופץ לכל הגורמים הרלוונטיים ולציבור. כשהמידע במאגר המידע יהיה מקיף יותר, הוא ישמש כמערכת תמיכה בהחלטות המשלב שכבות מידע שונות.

**מסקנות.** אנו מבינים היום טוב יותר את התפשטות החדקונית, התקדמנו ביכולת הזיהוי של עצים נגועים. בידינו מגוון תכשירים היעילים כנגד חדקונית במעבדה, קיימים היום חומרים לטיפול בעצים נגועים ובחלקות מטע חשודות. ערכם המניעתי וטיפולי ייבדק בשנה הקרובה.

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.

תאריך 3 למרץ 2014

חתימת החוקר: סורוקר ויקטוריה

## מבוא ותאור הבעיה

חדקונית הדקל האדומה, (*Rhynchophorus ferrugineus* (RPW) היא מזיק שלד אוליגופאגי שמקורו בדרומה של אסיה ומליזיה, המתמחה בדקלים וידוע כפוגע בלמעלה מ-20 מינים שונים (4), בשנים האחרונות ניכרת התפשטות החדקונית באגן הים התיכון ובארץ בפרט. מאז מרץ 2009, בו נתגלתה החדקונית בנהריה הנגע ממשיך להתפשט. למרות מאמצי ההדברה, מתו אלפים רבים של דקלים (בעיקר קנריים אך גם דקלי תמר וושינגטוניה) ואלפי חיפושיות

נלכדות כל חודש באזורים שונים בארץ. הנגיעות מתקדמת כנחשול לכיוון מטעי התמר וכבר נפגעו מטעים מסביב לכנרת, בעמקים הצפוניים ובבקעת הירדן. בפאזה הנוכחית של הנגיעות יש צורך להתמודד עם המזיק במגוון בתי גידול חקלאיים (קונבנציונליים ואורגניים), ובנוי, בשטח פתוח ובנוי. המורכבות בהתמודדות נובעת מהיות החדקונית מזיק גזע חבוי וקשה לגילוי. הנקבה מטילה לתוך רקמת הדקל, כנראה בעיקר בפצעים, 100-300 ביצים. הזחלים המתפתחים בתוך הגזע, מכרסמים את חלקו הפנימי תוך גרימת נזק בלתי הפיך למערכות ההובלה של העץ. באין מפריע, פגיעה זאת מביאה בסופו של דבר למות העץ (3;5) במקרה של פגיעה בחלק העליון - באיזור הכתר, העץ מראה סימני התייבשות עלים ומת תוך חודשים בודדים, בעוד שבמקרה של פגיעה בגזע, העץ עלול לקרוס בפתאומיות ללא כל סימנים חיצוניים מוקדמים. כרגיל, הנגיעות בדקל קנרי הנה בבסיס הכתר, בחלק העליון של גזע בו מתפתחים העלים. בתמר, הנגיעות השכיחה היא בחלק התחתון של הגזע באיזור ניתוק החוטרים, במטר התחתון של הגזע. אולם אנו נתקלים במקרים לא מעטים של נגיעות בתמר בחלק העליון של העץ ובקנרי בבסיס או לאורך הגזע.

ההתקפה המסיבית של החדקונית בדקל קנרי במגזר העירוני ומציאת חיפושיות חיות בתמרים שטופלו בבקעת הירדן העמידה בספק את יעילות תכשירי ההדברה והממשקים המומלצים: אימידקלופריד בהגמעה וריסוסי גזע בכלורפיריפוס או סיהלוטרין. הסיבות לכישלונות הדברה אלה אינן ידועות אך ברור שחסר ידע לגבי יעילות, שאריות, תנועה ופיזור התכשירים בגזע עצי הדקליים, שמבנהו שונה מאד מזה של עצים דו-פסיגיים. כמו כן, לפיתוח ממשק הדברה יעיל יש לקחת בחשבון מנגנוני עמידות בחרק ולאחר מגוון של תכשירים יעילים בעלי מנגנון פעילות שונה. תכשירים סיסטמיים הם המועמדים העיקריים להדברת המזיק החבוי בגזע. אך יש גם לפגוע בבוגרים הנוחתים על הדקל בטרם הטלה. בשנה ראשונה התחלנו בבחינת תכשירי הדברה סיסטמיים בעלי ניידות שונה. התמודדות עם החדקונית במטעים אורגניים קשה במיוחד. האפשרות המוצעת כיום להדברתן הביולוגית מתמקדת בהדברה מיקרוביאלית. למרות זיהוי הפיטריות האנטומופטוגניות באוכלוסיה המקומית בשנה שעברה, דחינו בשלב זה המשך עבודה בכיוון זה, עקב העדר אפשרות לייצר את התכשירים בכמויות גדולות בשלב זה. אחד הפתרונות האחרים שהוצעו כיעילים בדקלים קנריים הוא שימוש בנמטודות אנטומופטוגניות ממין *Steinernema carpocapsa* (1;6)

היעד המרכזי של המיזם הוא בלימת חדקונית הדקל האדומה תוך פיתוח ממשק המופעל באמצעות מערכת תומכת החלטה. מערכת כזאת אמורה להסתמך על אמצעי ממשק יעילים מצד אחד ואמצעי גילוי מצד שני, שיתבססו על הביולוגיה של המזיק ויחסי הגומלין שלו עם הפונדקאי.

מטרות המחקר הן:

א. שיפור שיטות ניטור ולכידה המונית המבוססת על הכרת התנהגות המזיק במרחב ורגישות הפונדקאים; ב. ביסוס של תכשירים יעודי, שיטות ישום, וטיפולים בעצים המתאימים גם לגידול קונבנציונלי וגם לגידול אורגני; ג. פיתוח שיטות לאיתור עצים נגועים ברמה אזורית וארצית; ד. בחינת שימוש בפיירוליזה להשמדה יעילה של חומר צמחי נגוע או זה היכול לשמש כמקור משיכה ו\או מקום להתפתחות המזיק; ה. יצירת מאגר מידע מקוון לנושא החדקונית ואיסוף נתונים מהשטח; ו. פיתוח מערכת תמיכה בקבלת החלטות. ז. הפצת ידע לרשויות ולציבור לצורך הגברת המודעות ושיתוף הפעולה.

## תאור מקיף של הפעלת המחקר

**שיטות וחומרים כללי:** זחלי חדקונית גודלו בתנאי הסגר במעבדות של ויקטוריה סורוקר בבית דגן ושל יעקב נקש בשדה אליהו ובחוות עדן. זחלים אלה שימשו באופן שוטף למערך הניסיונות. הגידול תוגבר באופן שוטף על ידי בוגרים שנלכדו במלכודות פרומון המוצבות במערך הניטור, וכן בחיפושיות בוגרות, גלמים וזחלים שנאספו מעצים נגועים לא

מטופלים. במהלך הניסויים הוחזקו החרקים בתנאים מבוקרים של כ-28 מעלות צלסיוס. כמצע מזון והטלה שימש קנה סוכר או פרוסות תפוח בהתאם לצורך.

## א. ביולוגיה של המזיק

**1. יחסי חדקונית – פונדקאי:** לשם בחינת מידת ההעדפה/משיכה של חדקונית הדקל לריחם של דקלים ממינים שונים נבנה מתקן בצורת זירה בקוטר של 1.2 מטר בעלת קירות בגובה 40 ס"מ ומכסה מעל (איור 1).

העץ הוזרם דרך הפתח ברצפה לתוך הזירה על ידי מאווררים קטנים. בכל סבב ניסוי הושמו חתיכות (במשקל זהה,  $102 \pm 36.9$  גר) של דקל קנרי או ושינגטוניה בכלים שבתחתית הפתחים המנוגדים של הזירה ובמרכזה שוחררו 10 חיפושיות למשך שלוש שעות. לאחר פרק זמן זה נספרה כמות החיפושיות אשר נפלה למכלים דרך כל אחד משני הפתחים. בסך הכל נערכו 10 סבבי ניסוי ונבחנו 100 חיפושיות. לא נמצאה העדפה לדקל תמר או לושינגטוניה ( $t=0.079$ ;  $P=0.9$ ).



**איור 1- זירת בחירה.** הפתחים מסומנים בחצים

בשני צדדים מנוגדים של רצפת הזירה הותקנו פתחים בעלי דפנות חלקות ובתחתיתם חוברו מכלים אשר לתוכם הוכנסו חתיכות של העצים הנבחנים – דקל תמר או ושינגטוניה. ריחו של

התוצאות כפי שעלו מהניסוי הנוכחי מראות כי לחדקונית הדקל האדומה אין העדפה לריח מדקל הקנרי או הושינגטוניה. תוצאה הפתיעה במקצת כיוון שעד כה נראה בטבע שדקל התמר סובל במידה גבוהה יותר מהדבקה של החדקונית לעומת דקל הושינגטוניה, והעלתה ספק לגבי יעילות הזירה לבדיקת העדפה למרות הצלחה הזירה בבחינת משיכת החדקונית לפרומון.

ניסוי דומה אך התנאים טבעיים יותר נעשה במתקן הסגר ייעודי בחוות עדן. בניסוי שהחל 21.10.14 נערכה השוואת רגישות לחדקונית בין דקלים קנרים, וושינגטוניה ותמר. בכלוב בגודל 6X8 מטר מוקמו 12 דקלים בקוטר גזע של כ-20 ס"מ (4 דקלים מכל מין). להגברת משיכת החיפושיות מכל עץ הוסרו בתרם האכלוס שני עלים. כל עץ כוסה בשרוול רשת 17 מש. שלתוכה שוחררו 10 נקבות ו-5 זכרי חדקונית. כעבור כ-3 ימים הוסרו השרוולים. מיקום החיפושיות שנמצאו נרשם, מרבית החדקוניות לא אותרו וכנראה מצאו מסתור בעציצים. מרבית החיפושיות שאותרו שהו על הרצפה או על קירות הכלוב, ולבסוף מתו. כעבור חודשיים וחצי בערך מתחילת הניסוי ב 8.1.14 זוהתה נגיעות בצורת הפרשות גזע בעץ וושינגטוניה הניסוי עדין נמשך בשלב זה ללא סימני נגיעות בדקלים נוספים. אין זאת אומרת עדיין שהדקלים האחרים לא נוגעו. בחודש מרץ נתחיל בהאזנות לעצים לבחינת פעילות החדקונית ובאפריל ינתחו העצים לבדיקת הנגיעות.

## 2. חקר הדינאמיקה של החדקונית בזמן ובמרחב:

המחקר הנוכחי נועד לבחון את תהליך ההתפשטות של אוכלוסיית החדקונית בצפון הארץ באמצעות מלכודות הדלי הלבנות של השירותים להגנת הצומח. מלכודות אלו הוצבו במגוון בתי גידול ברחבי הארץ לצורך מעקב אחר אוכלוסיית החדקונית ללא קשר למחקר הזה. במסגרת המחקר, נבחנו שלושה אזורי ליבה של מקורות אילוח אפשריים שעלולים לסכן את

המטעים של העמקים הירדן, המעינות וחרוד: דקלי הנוי באזור צפון ומערב הכנרת, דקלי הנוי לאורך האזור המיושב שמצפון-מערב (קרית טבעון, עפולה) לעמק חרוד ומטעי התמרים בבקעת הירדן. לצורך בחינת תהליך ההתפשטות מאזורי הליבה נבחרו שלושה נתיבי התפשטות באורך של כ-80-60 ק"מ שכולם מוגבלים על-ידי גבולות העמקים המעינות וחרוד (איור 2):

1. מסדרון שכיוונו המרכזי הוא צפון - דרום מהאזור המיושב בצפון הכנרת (אלמגור, אמנון);
  2. מסדרון שכיוונו המרכזי הוא צפון-מערב – דר'–מזרח מהאזור המיושב של קרית טבעון ועפולה;
  3. מסדרון שכיוונו המרכזי הוא דרום – צפון מהמטעים של צפון ים המלח קלי"ה, בית הערבה ואלמוג.
- מבין שלושת אזורי הליבה דקלי הנוי בישובים שבצפון הכנרת היוו מבחינתנו מקור אילוח מרכזי וצמוד יותר למטעי תמרים מסחריים. לפיכך, בנוסף למלכודות שהציבו השירותים להגנת הצומח שהפיזור שלהן איננו אחיד, הוחלט להציב מלכודות נוספות על מנת לעבות את מערך המלכודות וליצור מערך פיזור אחיד יותר. לצורך זה הוצבו בתחילת 2012, 51 מלכודות פיקוסן בעמק הירדן, מדרום לאזורים המיושבים הנגועים שבצפון הכנרת ועד לנהריים. המלכודות נפרסו בתוך ישובים, בין מטעי תמרים וכן בתוך מטעי התמרים שבסיכון. במזרח ובמרכז אזור המחקר הוצבו 20 מלכודות בצפיפות של מלכודת אחת לקמ"ר בקירוב; ובמערב האזור הוצבו 31 מלכודות בחדך אורך במרווחים של 250 מ' בקירוב. המלכודות נוטרו אחת לשבועיים או אחת לחודש עד נובמבר 2013 ותפוצת החדקוניות בכל מועד ניטור מופתה. על מנת לכמת את תהליך ההתפשטות של החדקונית באמצעות הגדרת כיוונים ועוצמות הופקו מדדים מרחביים וא-מרחביים הבאים לכל חודש:

1. מרכזי הכובד של מיקום של המלכודות הלוכדות: להערכת מרחק, קצב וכיוון התנועה של החדקונית.
2. השטח המקיף את המלכודות הלוכדות: על מנת לבחון האם מדובר בהגירה או בהרחבת תחום התפוצה. אם מרכז הכובד נע אך השטח לא גדל משמעות הדבר שמדובר קרוב לוודאי בהגירה של האוכלוסיה לעומת זאת אם השטח גדל מדובר בהרחבה של תחום התפוצה.
3. שיעור המלכודות הלוכדות: מדד א-מרחבי של ההתפשטות.
4. ממוצע לכידות לחודש למלכודת: מדד לגודל האוכלוסיה באזור.

מיפוי של מרכזי הכובד של פיזור המלכודות הלוכדות מוצג באיור 3. ניתן לראות כי יש מגמה ברורה של תזוזה של מרכז הכובד בשלושת המסדרונות אל עבר מטעי התמרים באזור העמקים. נראה לכאורה כי החדקונית מתפשטת גם מדקלי הנוי באזורים המיושבים (מסדרונות 1 ו-2) וגם ממטעי התמרים מדרום. התבוננות במדדים האחרים מבהירה כי ההתפשטות במסדרון ה-3 שונה משמעותית מאופי ההתפשטות בשני המסדרונות האחרים. ממוצע הלכידות במסדרון, שיעור המלכודות הלוכדות והשטח המקיף אותן בסוף תקופת הניטור קטנים באופן משמעותי משני המסדרונות האחרים (טבלה 1). משמעות הדבר היא שגם אם יש תזוזה של מרכזי הכובד של הלכידות ההשפעה שלה על האוכלוסייה במטעים שמצפון לה היא קטנה ואולי זניחה בעיקר בהשוואה לשני מקורות האילוח הפוטנציאליים האחרים. טבלה 2 מציגה את שיעורי השינוי במדדי ההתפשטות שנבדקו בכל אחד מהמסדרונות מינואר 2012 עד סוף שנת 2013. מרחק התזוזה של מרכז הכובד נע בין 13 ק"מ במסדרון השני ל-19-18 ק"מ בשני מסדרונות האחרים. ביתר המדדים נראה כי שיעור השינוי במסדרון הדרומי הינו קטן הרבה יותר. במקביל לתנועה של מרכזי הכובד, אחוז המלכודות הלוכדות והשטח המקיף שלהן הלך וגדל בצורה משמעותית בשני המסדרונות הראשונים המתאפיינים בפיזור נרחב של ישובים עם דקלי נוי רבים. בצירוף הגידול המשמעותי באוכלוסיה (פי 4 ופי 8 במסדרון הראשון והשני בהתאמה) ניתן לומר כי האוכלוסיה מרחיבה את תחום תפוצתה אל תוך אזור המטעים.

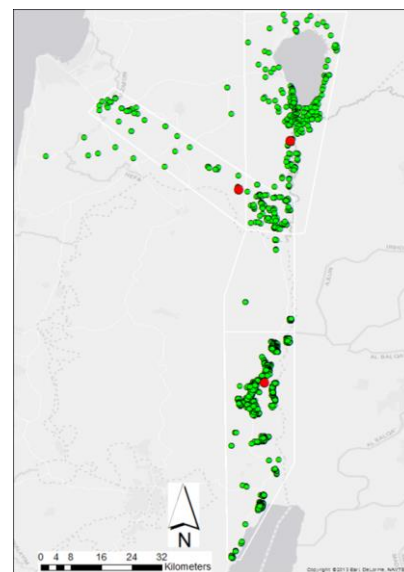
מחודש ספטמבר 2013 החלו דיווחים על הימצאות של עצי תמר נגועים במטעי תמרים באפיקים, בכנרת ובמעלה-גמלא, כמו גם במטעים האורגניים בתומר ובנתיב הגדוד בבקעת הירדן. נראה כי הצבת מלכודות הינה דרך נכונה לניטור אחר התפשטות אוכלוסיית החדקונית. עם זאת, ללא שיתוף של נתוני לכידות במלכודות המוצבות הן על-ידי החקלאים והן על-ידי הרשויות המקומיות לא ניתן יהיה לקבל תמונה מלאה של המצב ולא ניתן יהיה להיערך בצורה טובה להתפשטות המזיק החמור הזה.

**טבלה 1:** מדדי ההתפשטות של החדקונית בכל אחד מהמסדרונות בסוף 2013 (ממוצע של חודשים 10-11/2013)

מסדרון 3: דרום - צפון	מסדרון 2: צפ'-מערב – דר'-מזרח	מסדרון 1: צפון - דרום	מדד
40	225	425	שטח המקיף את המלכודות הלוכדות (קמ"ר)
2.2%	75%	40%	שיעור המלכודות הלוכדות
0.01	0.86	0.39	ממוצע לכידות למלכודת לחודש (כלל המלכודות)

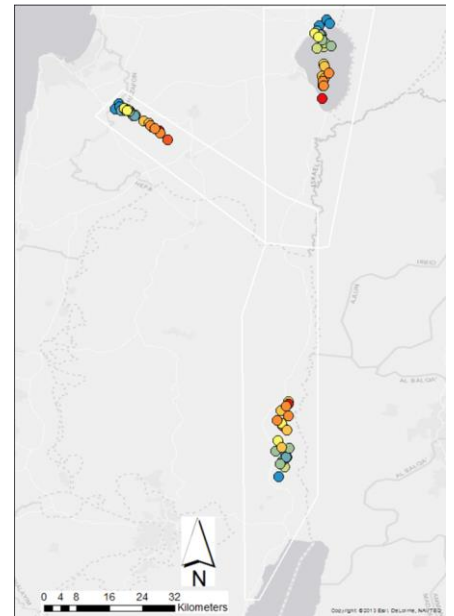
**טבלה 2:** שיעורי השינוי במדדי ההתפשטות של החדקונית בכל אחד מהמסדרונות מ-1/2012 עד 10-11/2013

מסדרון 3: דרום - צפון	מסדרון 2: צפ'-מערב – דר'-מזרח	מסדרון 1: צפון - דרום	מדד
18 ק"מ	13 ק"מ	19 ק"מ	מרחק התזווה של מרכז הכובד של מיקום המלכודות הלוכדות
4 פי	18 פי	8.5 פי	שיעור השינוי בשטח המגביל את המלכודות הלוכדות
3 פי	5.5 פי	12 פי	שיעור השינוי באחוז המלכודות הלוכדות
2 פי	31 פי	11 פי	שיעור השינוי בממוצע לכידות למלכודת לחודש (כלל המלכודות)



**איור 2:** שלושת נתיבי ההתפשטות שבהם נעשה מעקב אחר התפשטות החדקונית מינואר 2012 ועד נובמבר 2013 ותפרוסת המלכודות בכל נתיב. החלק המשותף של כל המסדרונות הוא אזור העמקים המעיינות וחרוד. מרכז הכובד של כל המלכודות במסדרון מסומן בעיגול אדום





**איור 3:** מרכזי הכובד של מיקום המלכודות הלוכדות בכל אחד מנתיבי ההתפשטות בכל אחד מהחודשים

## ב. פיתוח ממשק הדברה וטיפול בעצים נגועים

**ב1. סריקת תכשירי הדברה מקבוצות כימיות שונות:** השנה המשכנו בסריקת תכשירי הדברה על מנת להשלים את מידע על יעילות, מינון, ודרכי יישום אופטימליות של תכשירי הדברה להרכבת סל תכשירים להדברת החדקונית. נבחנו תכשירי הדברה סיסטמיים המתאימים לדרכי יישום שונות: בהגמעת הכתר, בהגמעה לקרקע, בהזרקה לגזע וכן תכשירים לא סיסטמיים הפעילים במגע.

**בחינת השפעת תכשירי הדברה על זחלים ובריכוזים נמוכים על ביצים והזחלים הבוקעים.** מטרת ניסויים אלו היתה להגיע לשיטה קלה לביצוע ולבחון השפעת מינוני תכשירים שונים על תמותת הזחלים. במקום להשתמש בביצים שהוטלו בקנה סוכר וזחלים שהתפתחו במשך כ-10 ימים בקנה סוכר ובהמשך בנסורת קנה סוכר (כפי שדווח בשנה שעברה), לניסויים אלו השתמשנו בביצים שהוטלו על ידי הנקבות שנאספו בשדה על פיסות תפוח. עם בקיעתן הועברו הזחלים לצלחות פטרי (קוטר 5 ס"מ) עם קרקע מזון שפותח כחלק ממחקר זה. בכל צלחת הודגרו כ-10 זחלים בטמפרטורה 25-28 מעלות עד הגעת הזחלים למשקל 20-80 מיליגרם. במשקל זה הזחלים הועברו אחד אחד לצלחת פטרי עם קרקע מזון עם מינונים שונים של אימידכלופריד במינון מתאים, וביקורת ללא חומר. המינונים בניסוי זה נעו מ 0.1 ppm ועד 4 ppm. הזחלים הודגרו בטמפרטורה 28 מעלות במשך 7 ימים. שרידות הזחלים נבדקה מידי יום. משקל הזחלים השורדים נקבעה ביום השביעי. לאחר שאומתה השיטה היא גם שימשה לבדיקת חומרים נוספים וכן לבדיקת השפעות המינונים נמוכים (0.001 ppm עד 1) מאד של חומרים (הצפויים להמצא בגזע) על שרידות והתפתחות החדקונית והזחלים. ביצים הועברו אחת אחת לצלחות פטרי (קוטר 5 ס"מ) עם קרקע מזון עם מינונים שונים של החומר הנבדק כמיקודם (ביצה לצלחת). הצלחות נסגרו והודגרו כמיקודם. קרקע מזון החלפה בטרייה עם חומר מתאים מידי 10 ימים. תמותת ביצים נקבעה 5 ימים מתחילת הניסוי שרידות הזחלים נבדקה מידי יום במשך 30 יום. משקל הזחלים נבדק אחרי ההדגרה של 30 יום. חזרנו על הניסוי פעמיים - שלוש עבור כל חומר. (סה"כ כמה 16-30 זחלים בכל טיפול). חשוב לציין שהתפתחות הזחלים בביקורת היתה טובה ותמותה לא עלתה על 10%. התוצאות נבחנו באמצעות EPA probit version 1.4 (USEPA 1988), התוצאות מוצגות כ- LC<sub>50</sub> ו-LC<sub>95</sub>. המינונים הקוטלים 50 ו-95% מהאוכלוסיה. ההבדלים נחשבו למובהקים כאשר רווח בר סמך של 95% לא חופפו.

שיטת גידול זחלים בקנה סוכר למרות שמדמה את גידול הזחלים בגזע הדקל מסורבלת מאד וגוזלת זמן רב עם פחת זחלים גבוהה. המעבר לאיסוף ביצי החדקונית מפרוסות תפוח הוא מהיר ונוח ומאפשר קבלת זחלים בגודל אחיד יותר למבחנים הביולוגיים. השוואה בין רמות התמותה במבחן ביולוגי של השנה ושנה שעברה מוצגת בטבלה 3. כפי שניתן לראות ערכי ה-LC<sub>50</sub> ו-LC<sub>95</sub> ביום השלישי היו שונים באופן מובהק בין השיטות ונמוכים יותר בזחלים שהוטלו על תפוח לעומת ביקורת. לעומת זאת ביום השישי לא היה הבדל מובהק בין שתי השיטות למרות שהזחלים שגדלו על קרקע מזון נשאו רגישים יותר לטיפול. אנו משערים שההבדלים נובעים מהעובדה שזחלים שגדלו על קנה סוכר לפני הניסוי צורכים פחות מזון המכיל תכשיר מאחר והם זקוקים לתקופת אדפטציה למזון החדש. בינתיים הם נחשפים לפחות תכשיר וכך שורדים יותר זמן.

**טבלה 3:** יעילות קונפידור (Imidacloprid) כפי שנבדק בשתי שיטות גידול זחלי החדקונית.

Larvae reared	Larvae size (mg)	Time (days)	LC <sub>50</sub> mean (95% CI)	LC <sub>90</sub> mean (95% CI)	Slope ± SD
in sugar cane	13-130	3	3.29(2.19 - 7.02)	18.56 (8.24 - 113.69)	1.71 ± 0.34
		6	0.63(0.49 - 0.79)	2.00 (1.46 - 3.27)	2.54 ± 0.35
on artificial diet	20-80	3	0.99 (0.78 - 1.26)	3.52 (2.46 - 6.48)	2.99 ± 0.46
		6	0.46 (0.34 - 0.57)	1.04 (0.80 - 1.85)	4.61 ± 1.00

הערכת יעילות תכשירים כנגד זחלים קטנים במינונים נמוכים הקרובים למינונים שנמצאו בעצים מטופלים מוצגים בטבלאות 4-8.

**טבלה 4:** השפעת קונפידור (Imidacloprid) במינונים נמוכים על בקיעת הביצים, השרדות והתפתחות זחלים.

Concentration, a.i., ppm	Total mortality, %	Eggs mortality, %	Maximum larvae mortality in 30 d rearing *	Time of 100% larvae mortality, days	Weight of survived larvae, 30 d rearing
Control	30	20	12.5	-	2441.6 ± 318.8
0.001	30	0	30	-	2178.8 ± 365.4
0.01	50	10	44.4	-	2185.0 ± 603.5
0.1	50	10	44.4	-	1795.5 ± 597.6
1.0	100	70	100	27	-

\*Percent of larvae that dead during 30 days rearing from number of hatched larvae

כפי שניתן לרות אימדכלופריד במינונים מ0.001 עד 0.1 ppm לא קטלו ביצים וגרמו לתמותת זחלים מועטה בלבד (עד 44%) בעוד משקל הזחלים שהתפתחו על קרקע מזון עם מינונים אלו לא היו שונים באופן מובהק במשקל מהביקורת. 70% תמותת ביצים התקבלה על 1 ppm אימידגלופריד. הזחלים שבקעו מתו בתוך 27 יום.

**טבלה 5:** השפעת מוספילן (acetamiprid) במינונים נמוכים על בקיעת הביצים, השרדות והתפתחות זחלים.

Concentration ppm	Total mortality, %	Eggs mortality, %	Maximum larvae mortality in 30 d rearing	Time of 100% larvae mortality, days	Weight of survived larvae, 30 d rearing
Control	20	6.7	14.3	-	2057.8 ± 558.8A
0.001	80	6.7	78.6	-	1229.9 ± 464.4B
0.01	86.7	13.3	84.6	-	979.3 ± 359.1B
0.1	100	20	100	20	-

1.0	100	100	-	2-3 (for eggs)	-
-----	-----	-----	---	----------------	---

Percent of larvae that dead during 30 days rearing from number of hatched larvae

Letters indicated significant difference between average weights of survived larvae after 30 days rearing.

**טבלה 6:** השפעת איפון (dinotefuran) במינונים נמוכים על בקיעת הביצים, השרדות והתפתחות זחלים.

Concentration, ppm	Total mortality, %	Eggs mortality, %	*Maximum larvae mortality in 30 d rearing	Time of 100% larvae mortality, days	Weight of survived larvae, 30 d rearing
Control	20	20	0	-	2298.3 ± 740.3
0.01	37.5	6.25	33.3	-	2175.0 ± 417.9
0.1	33.3	26.7	33.3	-	2269.0 ± 803.4
1	40	20	41.7	-	2065 ± 570.7
10	100	68.75	100	5	-

\*Percent of larvae that dead during 30 days rearing from number of hatched larvae

הניסוי הראו שמוספילן הינו קטלני יותר מקונפידור לזחלי החדקונית (טבלה 5). למרות ש-100% תמותת ביצים התקבלה רק במינון הגבוה של 1 ppm. תמותה גבוהה של ביצים וזחלים היתה בכל המינונים (100%-80%). משקלם של זחלים ששרדו גם במינונים הנמוכים היה שונה באופן מובהק מהביקורת (Anova,  $F_{2,24}=12.9$ ;  $p=0.0015$ ). לעומת זאת, כפי שניתן ראות בטבלה 6 דינוטפוראן בריכוזים 0.001 עד 0.1 גרם רק עד 40% תמותה, בעוד משקל הזחלים המתפתחים לא היה שונה מהביקורת. יחד עם זאת בריכוז הגבוה של 1 ppm דינוטפוראן גרם לתמותה מלאה של ביצים וזחלים המגיחים בתוך 5 ימים.

**טבלה 7:** השפעת אקטרה (thiamethoxam) במינונים נמוכים על בקיעת הביצים, הישרדות והתפתחות זחלים.

Concentration, ppm	Total mortality, %	Eggs mortality, %	Maximum larvae mortality in 30 d rearing	Time of 100% larvae mortality, days	Weight of survived larvae, 30 d rearing
Control	26.3	15.8	12.5	-	1910.8 ± 473.6A
0.001	47.4	15.8	37.5	-	1924.4 ± 271.5A
0.01	78.9	10.5	76.5	-	857.5 ± 486.1B
0.1	100	6.3	100	27	-
1.0	100	10.5	100	5	-

Percent of larvae that dead during 30 days rearing from number of hatched larvae

Letters indicated significant difference between average weights of survived larvae after 30 days rearing.

תמותת ביצים על דיאטה מכילה טיאומטוקסם היתה נמוכה מאד עד 16% (טבלה 7), לעומת זאת תמותה גבוהה (76%) של זחלים המגיחים התקבלה כבר ב-0.01 ppm. בעוד הזחלים ששרדו במינון זאת היו קטנים במובהק מהביקורת אחרי 30 יום (Anova,  $F_{2,26}=15.3$ ;  $p=0.001$ ). כל הזחלים שבקעו על מזון עם 0.1 ppm מתו בתוך 5 ימים. במקרה של קוראגן (cyantraniliprole) המינון של 0.01 ppm הביא לתמותת רק של מחצית הזחלים. אך משקלם של אלה ששרדו עד גיל 30 יום גם על מינון הנמוך ביותר היה קטן מבקורת באופן משמעותי (Anova,  $F_{2,43}=57$ ;  $p=0.001$ ). במינון 0.1 ppm מתו כל הזחלים (טבלה 8).

מהשוואת רעילות התכשירים לזחלים של חדקונית הדקל המוצגת בטבלה 9. עולה שThiamethoxan, Acetamiprid ו-Chlorantraniliprole הינם בעלי רעילות דומה מאד וגבוהה ביותר מבין חמשת החומרים שנבדקו במינונים אלה. פגיעה

בהתפתחות הזחלים במינון 0.01 ppm מאד מעודדת מאחר וסביר שזחלים שהתפתחותם נפגעת ב-50% תמנע התפתחות בגורים תקינים וכך תפגע בהתבססות אוכלוסייה.

**טבלה 8:** השפעת קוראגן (Chlorantraniliprole) במינונים נמוכים על בקיעת הביצים, הישרדות והתפתחות זחלים.

Concentration, ppm	Total mortality, %	Eggs mortality, %	Maximum larvae mortality in 30 d	Time of 100% larvae mortality, days	Weight of 30 day old larvae
Control	11.1	11.1	0	-	2023± 337.3A
0.001	16.7	16.7	0	-	1767 ± 284.2B
0.01	50	44.4	10	-	968. ± 182.4C
0.1	100	86.7	100	19	-
1.0	100	86.7	100	12	-

**טבלה 9:** השוואת רעילות תכשירי הדברה במינונים נמוכים לזחלי חדקונית הדקל.

Insecticide	Minimal concentration (ppm) and time (days) for 100% killing of eggs and hatched larvae	Weight reduction (% of control) after 3 days on diet with sub lethal concentration (0.01 ppm) of insecticide
Acetamiprid	0.1 ppm (20 d)	52.4
Dinotefuran	1 ppm (5 d)	0
Imidacloprid	1 ppm (27 d)	0
Thiamethoxan	0.1 ppm (21 d)	55.1
Chlorantraniliprole	0.1 ppm (19 d)	52.1

סריקה מחודשת ונרחבת של נציגים מקבוצת אברמקטינים, אנטראניליק דיאמידים וניאוניקוטינואידים שהתבצעה בשיטה החדשה כללה מספר תכשירים שלא נבדקו בשנה קודמת. בטבלה 10 אפשר לראות שהחומר שבולט ביעילותו הוא פרוקליים (Emamectin benzoate) עם LC<sub>50</sub> קטן מ- 0.05ppm כעבור 7 ימים. מעניין לציין שתכשירים אחרים בקבוצת אברמקטינים לא היו יעילים. מבין הדיאמידים הקוראגן היה בעל LC<sub>90</sub> נמוך מזה של אקסירל אך ב-LC<sub>50</sub> לא היה הבדל בין השניים. התכשיר השלישי בקבוצה זאת, טקומי, לא קטל זחלים כלל במינון שנבדק בתוך 7 ימים. ניאוניקוטינואידים רעילות הקלוטיאנידין היתה גבוה 5X לערך מזו של קונפידור.

**בשנה הבאה** נשלים נתוני LC 50-LC95 לזחלים קטנים עבור פרוקליים וקוראגן וכן נבחן את רעילות החומרים היעילים ביותר קלאץ' ופרוקליים על זחלים גדולים, במשקל מעל 2 גרם.

**טבלה 10:** השוואת רעילות תכשירי הדברה במשך 7 ימים בין מינונים 0.1 to 2 ppm לזחלים קטנים של חדקונית הדקל.

Active ingredient	Insecticide	Time eating	LC <sub>50</sub> (95% CI)	LC <sub>95</sub> (95% CI)	Slope ± SD
<b>Avermectin group</b>	Proclaim 019EC	3 d	0.15 (0.10 - 0.21)	1.23 (0.72 - 3.25)	1.78 ± 0.30
		6 d	< 0.05 ppm*	< 0.05 ppm*	-
	Cal-Ex	3 d	2.40 (1.52 -5.59)	13.38 (5.69 – 227.49)	2.20 ± 0.63
		6 d	1.00 (0.69 -1.46)	3.37 (2.11 – 9.80)	3.13 ± 0.71`
	Vertimec	3 d	2.06 (1.22 -6.49)	13.42 (5.04 - 641.83)	2.06 ± 0.65
		6 d	0.30 (0.15 - 0.53)	1.27 ( 0.66 - 16.48)	2.61 ± 0.85
<b>Anthranilic diamide</b>	Coragen	3 d	> 2 ppm*	> 2 ppm*	-
		6 d	0.65 (0.51 -0.83)	2.90 (1.94 - 5.74)	2.52 ± 0.37
Cyantraniliprole	Exirel	3 d	1.26 (0.88 - 1.98)	7.61 (3.75 - 55.58)	2.10 ± 0.53

Flubendiamide		6 d	0.22 (0.13 - 0.32)	1.67 (1.03 - 4.12)	1.88 ± 0.35
	Takumi	No Mortality or significant weight reduction within 7 days			
Neonicotinoid Imidacloprid	Confidor	3 d eating	0.99 (0.78 - 1.26)	3.52 (2.46 - 6.48)	2.99 ± 0.46
		6 d eating	0.46 (0.34 - 0.57)	1.04 (0.80 - 1.85)	4.61 ± 1.00
Clothianidin	Clutch	3 d eating	0.02 (0.01 - 0.04)	0.12 (0.06 - 0.96)	2.20 ± 0.47
		6 d eating	0.01 (0.008 - 0.012)	0.03 (0.02 - 0.05)	3.51 ± 0.55

\*Experiments are in progress to complete these data

## ב2. השוואת יעילות תכשירי הדברה במגע כנגד בוגרים.

השפעת מספר תכשירי הדברה במגע כנגד בוגרים נבחנה בצלחות פטרי בקוטר 90 מ"מ. בבסיסם הונך נייר סופג שלתוכו הוספגו 2 מ"ל של תמיסת התכשיר הנבחן או מים לביקורת. בכל צלחת הונח בוגר אחד ללא מזון. נבדקו שני סוגי חשיפות: חשיפה ממושכת לתכשיר וחשיפה לפרקי זמן קצרים. בניסוי השני לאחר חשיפה לחומר הדברה הועברו החיפושיות לצלחות עם נייר ספוג במים. מצב הבוגרים נבדק אחרי שעתיים ואחר כך מידי כ-24 שעות. בכל הניסויים כל החיפושיות שלא מתו במשך 24 שעות קיבלו פיסת קנה סוכר כמקור מזון. התכשירים שנבחנו מפורטים בטבלה 11.

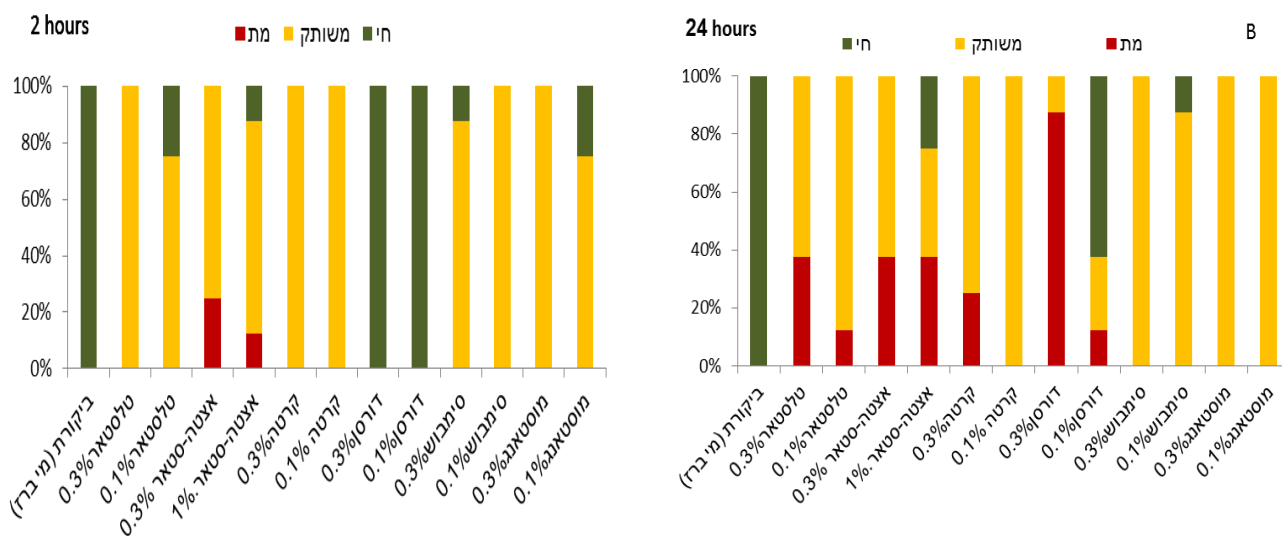
**טבלה 11:** תכשירי הדברה שנבדקו להשפעה במגע על בוגרי חדקונית הדקל

Active ingredient	Product/mode of action
<b>Pirethroids</b>	<b>Sodium channel modulators</b>
Cypermethrin	Simbush 10 (Machteshim)
Lambda Cyhalothrin	Karate Max (Machteshim)
Esfenvalerate	Mustang (Agan)
Byfenthrin	Telstar (Luxenburg)
<b>Pirethroids + Neonicotinoid</b>	<b>Sodium channel + Nicotinic acetylcholine modulator receptor agonist</b>
Byfenthrin + Acetamiprid	Aceta-star 46 AC (Machteshim)
<b>Organophosphate</b>	<b>Acetylcholinesterase inhibitors</b>
Chlorpyrifos	Dorsan (Luxenburg)

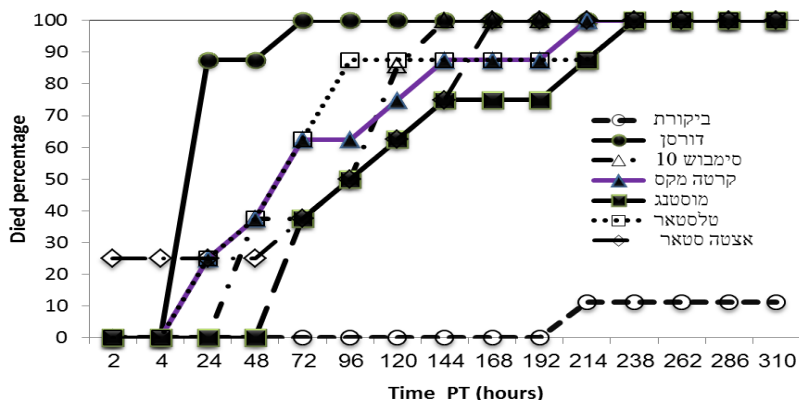
ניסוי ראשון נעשה עם דורסאן בלבד בשלושה ריכוזים (0.3%, 0.15% ו-0.075%). לאחר 24 שעות רוב החיפושיות בטיפול היו משותקות או מתות ובתום 51 שעות כל החיפושיות היו מתות בכל שלושת הריכוזים בעוד שכל החיפושיות הביקורת נשארו בחיים. ניסוי שני בוצע עם כל ששה חומרים בשני ריכוזים 0.3% ו-0.1%. כפי שניתן לראות באיור 4 כל הטיפולים למעט דורסן גורמים לשיתוק של רוב החיפושיות בתוך שעתיים ממגע עם החומר. יחד עם זאת כעבור 24 שעות דוקא בדורסן 0.3% רוב החיפושיות היו מתות בעוד בטיפולים האחרים רק מעטות היו מתות. יעילותו בלטה גם בהמשך (איור 5).

מאחר וחיפושיות הנוחתות על עץ המטופל לא בהכרח יישארו עליו לפרק זמן ממושך. נבחנה גם השפעת חשיפת החיפושיות לסימבוס וקרטה מקס 0.3% לפרקי זמן קצרים. זמני החשיפה בניסוי היו: 10 דקות, 30 דקות ו-120 דקות. כפי שניתן לראות באיור 6. קרטה מקס גרם לפגיעה בחיפושיות אחרי 10 דקות חשיפה בלבד. כך שכבר אחרי 4 שעות לא היו חיפושיות

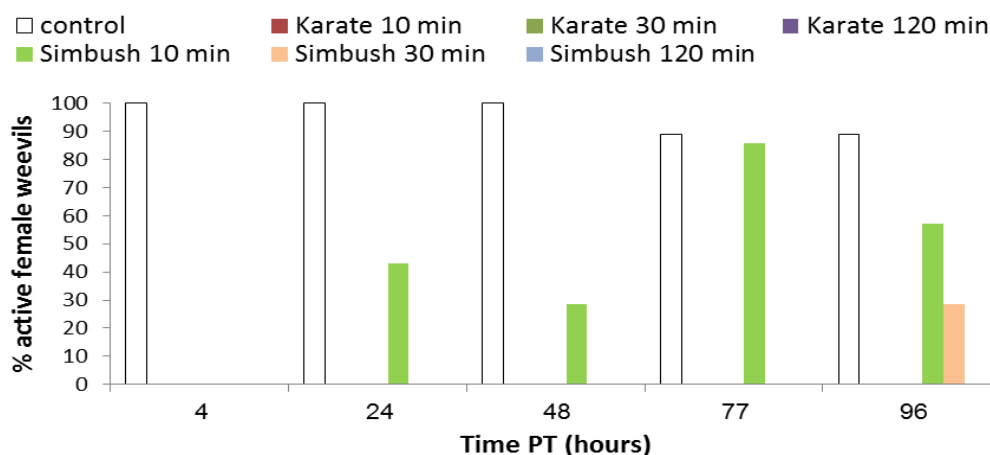
פעילות בטיפול זה בעוד במקרה של טיפול בסימבוס גם חשיפה של חצי שעה לא היתה מספיקה ורק בטיפול של שתיים התקבלה פגיעה מלאה בפעילות החיפושיות. מאחר וסימבוס מכיל כפול חומר פעיל מקרטה מקס ניתן לומר בוודאות ש- למדה סיאלוטריין יעיל יותר מסיפרמטריין כנגד החיפושיות הבוגרות במגע. לאור העובדה שהחיפושיות לא מראות סימני פגיעה לכאורה לאחר שתיים מתחילת החשיפה לדורסאן, בשנה הבאה נערוך ניסוי דומה עם דורסאן אולי גם עם תכשירים נוספים.



**איור 4.** שיעור החיפושיות באחד משלושה מצבים: חי (תקיין), משותק ומת, שתיים (A) ו 24 שעות (B) מתחילת החשיפה.



**איור 5.** שיעור תמותת החיפושיות בפרקי זמן שונים מתחילת הטיפול ב-0.3% בכל אחד מהתכשירים.



**איור 6.** השפעת חשיפה לפרקי זמן שונים לסימבוס או לקרטה מקס זמני על פעילות חיפושיות בוגרות.

## ב2. ניסויי שדה עם תכשירי הדברה

התבצעו שלושה ניסויי שדה. שני ניסויים בדקלי תמר בזן מגיהול במטע לא נגוע של קיבוץ גלגל בבקעה. והניסוי שלישי במטע נגוע של מושב רמות.

בניסוי הראשון נבדקה נידות קונפידור בגזע התמר. לאחר כישלון בשנה הראשונה של איתור נוכחות קונפידור בגזע התמר חודש אחרי היישום התמקדנו בבדיקת שתי השערות: א. החומר עולה תוך זמן קצר מהישום ונעלם מאוחר יותר ולכן לא נמצא בגזע חודש אחרי היישום; ב. החומר נספח לקרקע ולכן אינו עולה. היישום של 30 סמ"ק קונפידור לעץ בוצע ב 4/4/13. הטיפול ניתן ידנית לאחר השקיה של מחצית מנת המים, משני צידי העץ, ליד הטפטפת, בנפח של 2 ליטר. לאחר היישום. הטיפול התבצע על 19 דקלים. במועדים 3, 7, 14, ו-32 יום לאחר טיפול נדגמו 3 עצים מטופלים ו-3 עצים לא מטופלים לביקורת. הדגימה כללה דגימת גזע (מטר תחתון), הוצים וקרקע ב-3 עומקים: 0-20 ס"מ, 40-60 ס"מ ו-80-100 ס"מ מאזור היישום.

בניסוי השני נבדקה נידות תכשירים שיושמו לתמר באמצעות הזרקת גזע. הטיפול בוצע במטע התמרים של גלגל, באמצעות מתקן הזרקה בלחץ בשיתוף עם חברה ספרדית Endoterapia vegetal. הטיפולים היו: קונפידור (לידור כימיקלים): 30 סמ"ק - 6 עצים ללא חוטרים ושלושה עם חוטרים; פרוקליים (כצ"ת): 30 סמ"ק - 6 עצים ללא חוטרים ועץ אחד עם חוטרים (15 סמ"ק פרוקליים עם 15 סמ"ק תמיסה ספרדית MIXJET) ושלושה עצים ללא חוטרים; ורימרק (גדות): 5 סמ"ק עם 25 סמ"ק מים - 6 עצים ללא חוטרים בלבד. גזע של 3 עצים נדגמו שבוע וחודש לאחר היישום בכל מועד כולל חוטרים.

**דגימות הגזע** בוצעו כבשנה שעברה באמצעות מקדחה חשמלית. דוגמאות גזע ובסיסי הכפות הוקפאו ונטחנו במעבדה. בדיקה אנליטית נערכה לכל הדגימות ומבחן ביולוגי בוצע לדגימות גזע מהניסוי הראשון.

**בדיקה אנליטית:** ריכוז החומר הפעיל בדוגמאות נסורת הגזע ורסק הכפות נקבע כמו בשנה שעברה במעבדת שאריות חומרי הדברה בשירותים להגה"צ ולביקורת.

**מבחן ביולוגי:** נוכחות רמות קטלניות של התכשירים נבדקה על זחלים במשקל של  $28 \pm 4$  מ"ג במבחן ביולוגי בתנאי הסגר במתקן בבית דגן. מאחר והכמויות הנדגמות מכל עץ קטנות יחסית ומספיקות ל-3-4 חזרות בלבד, כל הדגימות (33 סה"כ מהעצים המטופלים ו-12 דגימות ביקורת) שמשו למבחן הביולוגי על. הניסוי בוצע בטמפרטורה של 27-28 מעלות, כבשנה שעברה

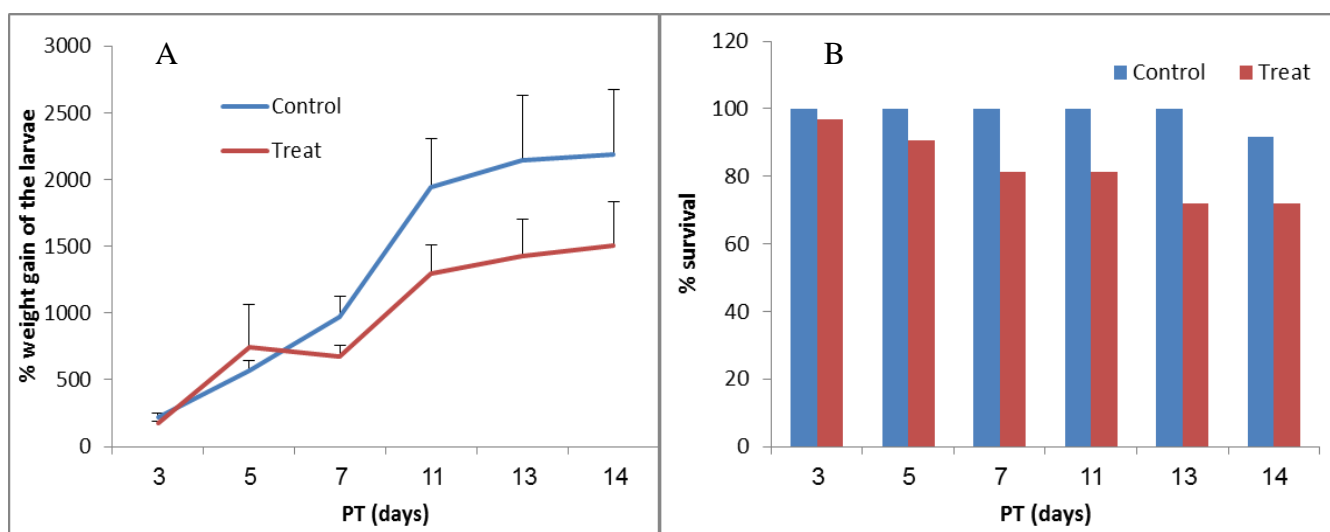
הניסוי השלישי בוצע במטע חיאני נגוע מאוד שהתגלה לאחרונה במושב רמות. התמרים בגובה גזע 1-2 מטר, רובם נושאי חוטרים. הניסוי מתבצע בשיתוף עם חברות: אגן, לידור, מכתשים, גדות ולוקסמבורג, לבדיקת יעילות הטיפול במטע נגוע. כל העצים במטע נבדקו לנגיעות, מופו ודורגו לשלוש רמות: נגיעות קשה (סימני נבירה רבים, חוטרים יבשים), נגיעות קלה (הפרשה ממקום אחד או מעט נסורת), ללא סימני נגיעות. נבחנו 14 טיפולים ראה טבלה 12. העצים בכל רמת נגיעות, חולקו לטיפולים באקראי (כך שבכל טיפול יהיו עצים בכל שלושת הרמות). הניסוי כולל 143 עצים. קדקוד צמח האם קיבל 10 ליטר בהגמעה לכותרת והחוטרים והגזע רוססו ב-10 ליטר נוספים של התכשיר. עצי ביקורת לא קיבלו טיפול. הריסוס לגזע ולחוטרים, בוצע ב 27.1.14 יום בלחץ 30 אט"מ - רובה טורבו דיזה קרמית 1.5 אלומה צרה כך שכל האלומה על הגזע, הגזע מאוד סופג לכן ניתן בפועל נפח של 9-10 ליטר לעץ כולל לחוטרים ובמיוחד באזור החיבור של החוטרים לגזע. ב-30.1.14 בוצע הגמעה לאזור הלולבים בנפח של 10 ליטר לעץ. בשבועות הקרובים תתבצע הערכה יעילות הטיפולים על פי השוואת מצב העצים לפני ואחרי הטיפולים השונים. מתוכנן לבחון פעילות זחלים בעצים באמצעים אקוסטיים (יעילות הגילוי אקוסטי עלתה מאד במהלך הפרויקט במימון האיחוד האירופאי) ובהמשך לנתח כשני עצים לכל טיפול לבדיקת מצב העץ ואוכלוסיית החדקוניות שבתוכו. במידת הצורך יילקחו דגימות עץ לבדיקות אנליטיות. בהתאם לממצאים בשטח יוחלט על המשך הניסוי.

**טבלה 12:** הטיפולים ודרכי יישומם במטע רמות ינואר 2014.

תכשיר	חומר פעיל	ריכוז ב %	מספר עצים לטיפול
קרטה מקס	lambda cyhalothrin	0.3	13

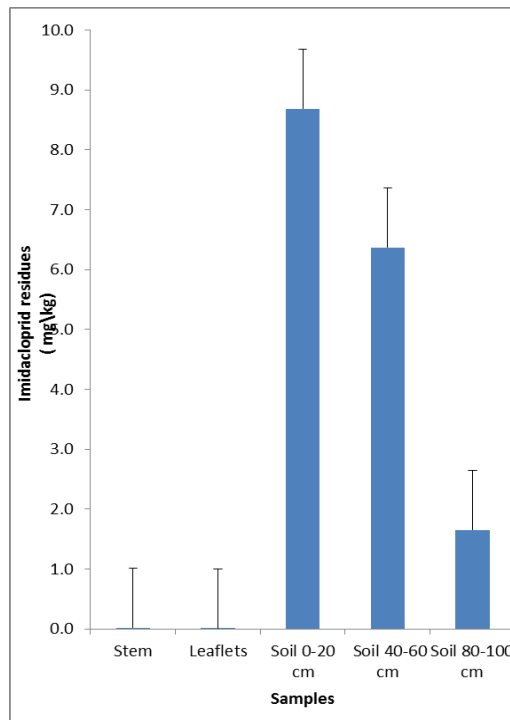
11	0.2	acetamiprid	מוספילן
10	0.2	thiamethoxam	אקטרה
10	0.15	imidacloprid	קונפידור
9	0.1	clothianidin	קלאץ'
10	0.05	chlorantraniliprole	קורגן
13	+ 0.2 0.3		מוספילן + קרטה מקס
11	+ 0.2 0.4		אקטרה + קרטה מקס
10	+ 0.15 0.3		קונפידור + קרטה מקס
9	+ 0.1 0.3		קלאץ' + קרטה מקס
9	+ 0.05 0.3		קורגן + קרטה מקס
9	0.2	cyantraniliprole	אקסירל
9	0.2	imidacloprid+gama cyhalothrin	טוטם
10	0		היקש

תוצאות הניסוי הראשון על ניידות קונפידור בדקל התמר היו מאכזבות למדי. החשד שהחומר עלה מהר מידי לא אומת. בהוצים נמצאו רמות זעירות 0.001 עד 0.002 מ"ג לקילוגרם חומר פעיל, עד שבוע אחרי היישום. במועדים הראשונים (3 ו-7 ימים) נמצא החומר בגזע בכמויות נמוכות בהרבה מרמות ה-LC50 לחלים קטנים (0.003 עד 0.044 מ"ג לקילוגרם חומר פעיל). גם המבחנים הביולוגיים תומכים בממצעים אלה ומצביעים על קטילה נמוכה מאד עד 20% יחסית לביקורת תוך 13 יום (איור 7). לעומת זאת בדיקות קרקע אימתו את ההשערה שרוב החומר נספח לשכבות הקרקע, במיוחד העליונות עד 20 ס"מ, 3 ימים לאחר היישום. איור 8. גם חודש לאחר היישום היו כמויות ניכרות של החומר בקרקע. יחד עם זאת יש לציין שנמצאה שונות גבוהה מאד בתכולת החומר בין הדוגמאות השונות.



**איור 7:** השפעת נוכחות קונפידור בגזע התמר על התפתחות הזחלים על דגימות גזע מעצי ביקורת ועצים מטופלים. הנתונים הם ממוצע וסטיית תקן של הזחלים השורדים (A) ושיעור ההשרדות של 33 זחלים על דגימת גזע מעצים מטופלים ו-12 זחלים על דגימות מעצי ביקורת (B).





**איור 8:** רמות אימידכלופריד שלושה ימים לאחר היישום ברקמות הדקל ובעמקים שונים של הקרקע.

בניסוי השני, שהתבצע בהזרקה ואנאליזה כימית של הדוגמאות עדיין לא הסתיימה, נמצאה עדות לעליה טובה יותר של imidacloprid לחלק העליון של התמר (פי 4 בממוצע) לעומת טיפולי קרקע. החומר הגיע לרמה:  $0.15 \pm 0.16 \text{ mg/kg}$  (mean  $\pm$  SD), רמה גבוהה אם כי עדיין לא ברמת ה-LC50. מבחינת emamectin benzoate נתקבלו תוצאות כעבור שבוע בשניים מתוך 3 עצים. הרמות בשני העצים ה"מוצלחים" היו גבוהות מה-LC50 של 6 ימים (מ-0.05 עד 1.1 mg/kg). לאור ממצאים אלו חוסר ממצאים בעץ השלישי מפתיעים ודורשים בדיקה נוספת. לעומת זאת, לא נמצאה כל עדות להמצאות Cyantraniliprole בגזע התמר, שבוע אחר הישום אולי בגלל הכמות הקטנה שהוזרקה לכל עץ.

טכניקת ההזרקה הודגמה בפני מגדלים וגננים על דקלים קנריים נגועים במסגרת סדנה שנערכה במטרה זאת בקיבוץ נען על ידי נציגי חברה Endoterapia vegetal ונציגים החדש בארץ הגן של הגן הבהי פול בנימיני.

בשנה הבאה נרחיב את הניסויים בתכשירי הדברה במטעים, נבחן את יעילותם של התכשירים שהוכיחו את יעילותם במעבדה. במיוחד נבחן את החומרים בישומים המומלצים בהתאם לכל חומר, ריסוס, הגמאת קרקע והזרקות לגזע. נלווה את הניסויים בבדיקה אנאליטית של שאריות תכשירי התמר בגזע ובסיסי התמר.

### **3. תכשירים ידידותיים לסביבה לחקלאות אורגנית ולמגזר העירוני (נמטודות אנטומופטוגניות)**

מטרת העבודה היא לבחון את האפשרות להדברת המזיק עם נמטודות טפילות על חרקים. במהלך שנה שעברה נערך ניסוי במתקן בחוות עדן על שתילי דקל קנרי מודבקים בחדקוניות. הניסוי החל בחורף מאחר וזו העונה המומלצת לטיפול בנמטודות. 12 שתילי דקל קנארי כוסו ברשת 50 מש ואוכלסו בשני סבבים (עקב בעיית התבססות החדקונית, כנראה עקב הלילות הקרים). 14 לפברואר העצים אוכלסו ב-2 נקבות וזכרו ב-10 לאפריל פעם נוספת ב-3 נקבות ו-2 זכרים לכל עץ באותה השיטה כמקודם.. לשם ייעול האכלוס, בפעם השנייה לפני הכנסת חיפושיות תחת רשת נחתכו שתי כפות פנימיות. החיפושיות נשארו על העצים במשך כשבוע. בדיקת התפתחות הנגיעות נעשתה באמצעות מעקב אחר התארכות לולב והאזנה. הטיפולים בנמטודות בוצעו בתאריך 20.5.13. בניסוי בוצעו שני טיפולי נמטודות וביקורת. הטיפולים בוצעו באמצעות משפך על הגזע ועל קודקוד הצימוח. טיפול A: 2.5 ליטר תמיסת נמטודות בריכוז של 2000 נמטודות לסמ"ק +

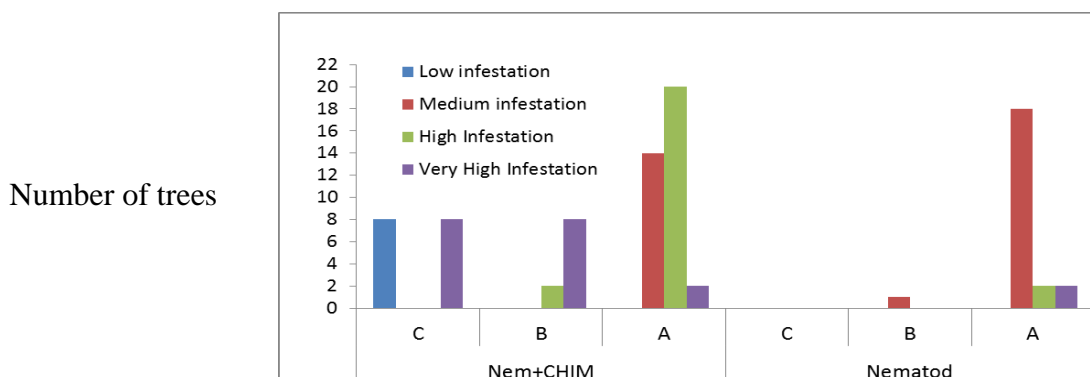
2.5 ליטר מי ברז. טיפול B: 2.5 ליטר תמיסת נמטודות בריכוז של 6000 נמטודות לסמ"ק + 2.5 ליטר מי ברז; טיפול הביקורת כלל 5 ליטר של מי ברז. העצים נותחו ב-11 ביוני. רק 4 עצים נמצאו נגועים: שניים מטיפול A, עץ אחד מטיפול B ועץ אחד ביקורת. למרות שמספר הזחלים בעץ ביקורת היה גבוהה מהמספר שנמצא בעצים מטופלים לא ניתן להגיע למסכנות כלשהן מניסוי זה. נראה כניסוי על שתילים המודבקים באופן מלאכותי בחורף והאביב אינם מערכת מתאימה לבדיקת יעילות הטיפול בנמטודות.

לבדיקת יעילות הטיפול בנמטודות עברנו לביצוע סקר יעלות הטיפול. במהלך יוני 2013 בוצע סקר לבחינת יעילות נמטודות מועילות מהמין *Steinernema carpocapsae* אשר יושמו בתחילת השנה לשם הדברת חדקונית הדקל האדומה בדקל קנרי. תוצאות הסקר אומתו בתחילת 2014. מתוך 262 עצים אשר טופלו בנמטודות במגוון טיפולים (ע"ג רקע כימי, במשולב עם הדברה כימית, ללא השלמה כימית), נסקרו 85 עצים ב-10 אתרים שונים בארץ: בצפון, במרכז ובדרום. העצים הנסקרים סווגו ע"פ מידת הנגיעות (תמונה מס'1) שאובחנה בעת יישום הנמטודות: (1) ללא סימנים כלל; (2) סימנים ראשוניים של נגיעות/גזירות; (3) נגיעות מתקדמת; (4) כתר/לולב נפל) וע"פ מידת הצלחת הטיפול במועד עריכת הסקר: A – התאושש, חידוש צימוח וכפות נקיות; B – ללא שינוי; C – החמרה.



איור 9: אינדקס נגיעות בחדקונית לפי סימני נזק.

במצב נגיעות נמוכה מובחנת (רמה 2) 95% מהעצים (n=19) אשר טופלו בנמטודות מועילות התאוששו. לעומת זאת, 100% מהעצים (n=14) ברמת נגיעות זו אשר טופלו בטיפול כימי משולב בנמטודות התאוששו. במצב נגיעות מתקדמת (רמה 3), 90% מהעצים (n=22) אשר טופלו בטיפול כימי משולב בנמטודות התאוששו, כאשר 2 עצים אשר טופלו בנמטודות בלבד, התאוששו. במצב נגיעות גבוהה, 2 עצים נוספים אשר טופלו בנמטודות בלבד התאוששו לחלוטין. מאידך, 2 עצים בלבד מתוך המדגם שמייצג נגיעות קשה, אשר טופלו בטיפול כימי משולב בנמטודות (n=18) התאוששו. ב-44% לא אותר שינוי ובהתאמה מצבם של 44% נוספים החמיר. גרף מס' 1 מציג את תוצאות הסקר המעובדות:



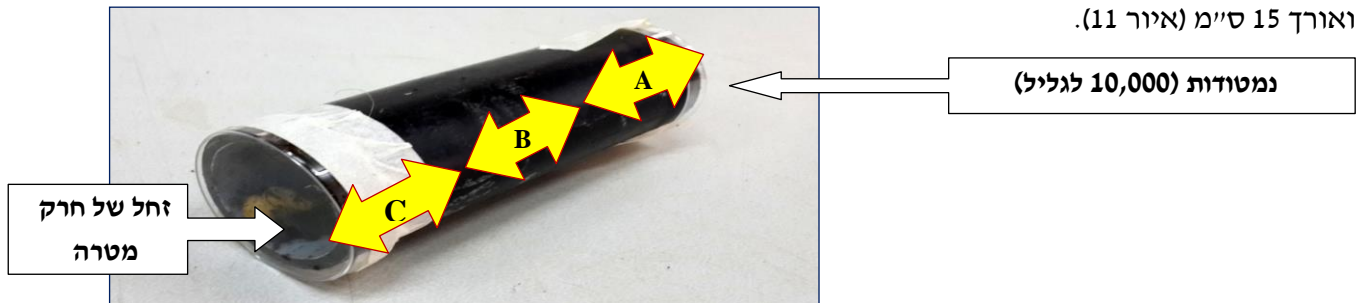
A – התאוששות מלאה, B – ללא שינוי, C – החמרה.

איור 10: סקר התאוששות דקלים קנריים לאחר טיפול בנמטודות בלבד (Nematode- (n=23), וטיפול משולב כמימי ונמטודות Nem+CHIM- טיפול בנמטודות במשולב עם טיפול כימי (n=62)

למרות שלא מדובר בניסויי שדה מסודרים עם טיפולים, הסקר מצביע על כך שניתן להציל עצים באמצעות טיפול  
בנמטודות. יש צורך להמשיך במעקב אחר טיפולים נוספים, על מנת להרחיב את היקף הנתונים.

לאור התגברות ההדבקה של עצי דקל תמר בחיפושית התחלנו גם במאמצים ליישום הנמטודות לצמחים אלו. בניגוד לדקל  
קנרי שבו הנזק ופעילות המזיק הנם ב"כתר" הדקל והיישום פשוט יחסית, החדירה ופעילות זחלי המזיק בדקל תמר הינה  
בחלק התחתון של הגזע. האתגר הינו למצוא את השיטה הנוחה ביותר ליישום הנמטודות ולאפשר להן להגיע ולתקוף את  
החרק בתעלות שיוצר בעץ.

על מנת לבחון את תנועת הנמטודות לכיוון זחלי החרק בנינו מערכת בדיקה פשוטה שכוללת גליל פלסטיק בקוטר 4 ס"מ  
ואורך 15 ס"מ (איור 11).

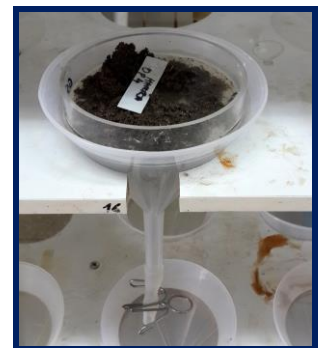


איור 11: מערכת ניסויית ללימוד תנועת הנמטודות לעבר דרני חדקונית הדקל

את הגליל ממלאים במצע סיבי קוקוס לח ו/או חומר עצה ממחילות של המזיק שנאספו בעצים נוגעים. בצד אחד של הגליל  
הממולא מניחים זחל של חרק (איור 11). בצד השני מוסיפים תרחיף של הנמטודות (10,000 נמטודות לגליל). לאחר חשיפה  
למשך זמן קצוב (48 שעות) מוציאים את המצע ומחלקים אותו לשלושה מקטעים -A) המקטע בו יושמו הנמטודות, B-  
מרכז הגליל, C- המקטע בקרבת החרק) וממצים את הנמטודות באמצעות מערכת של "משפך ברמן" (תמונה 2) המקובלת  
בפרקטיקה הנמטולוגית.

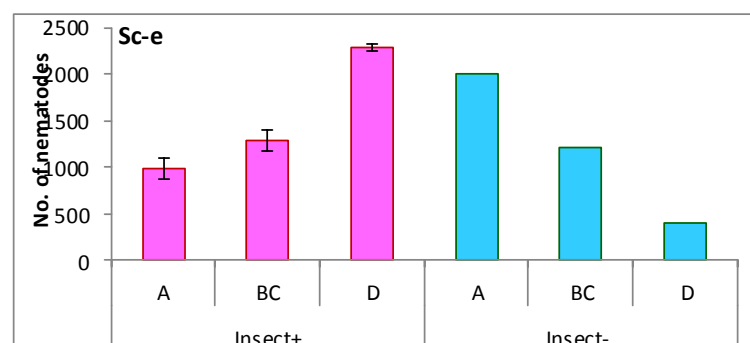
לאחר אינקובציה של 24 שעות במשפכים הנמטודות  
נאספות ונספרות מכל אחד מהמקטעים.

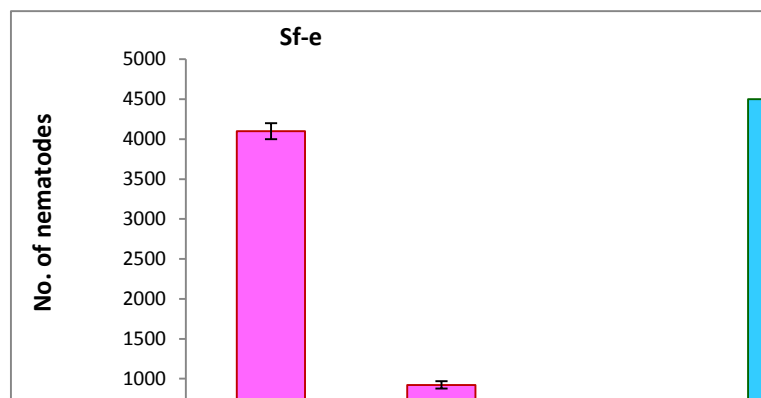
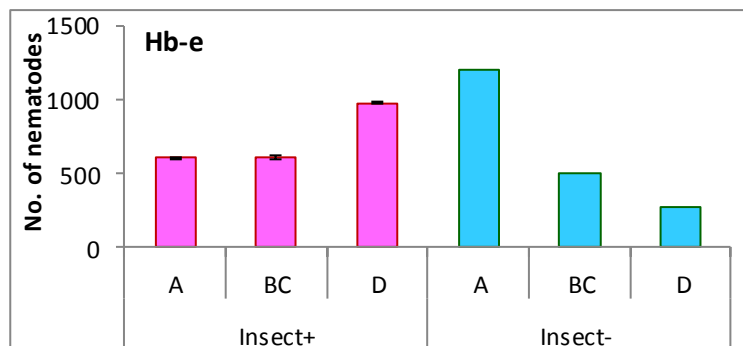
במערכת זו ניתן לבדוק טיפולים שונים, ביניהם: 1.  
משיכה של נמטודות מהמינים השונים; 2. משך החשיפה  
לנמטודות (24, 48 ו 72 שעות); 3. מצבי "תנוחה" שונים-  
אופקי, אנכי (מלמעלה למטה וההיפך); 4. משיכה של  
דרגות שונות של החיפושית תוך השוואה לחרקי מטרה  
המשמשים כמודל (עש הדונג -*Galeria mellonella*); 5.  
תנועה למרחקים שונים 15, 30, 50 ס"מ; 6. מצעי תווך  
שונים (דקל תמר, דקל קנרי, קוקוס); 7. גורמי המשיכה-  
קול? תנועה? כימי? כל הטיפולים נעשו ב 5 חזרות ונבדקו  
פעמיים.



איור 12: "משפך ברמן" למיצוי הנמטודות ממצע גידול או קרקע.  
הנמטודות נאספות בתחתית המשפך ונלקחות לספירה לאחר 24  
שעות.

תנועה של נמטודות ממינים שונים. נבדקו הנמטודות המסחריות מהמינים - *S. feltiae* (Sf-e), *S. carpocapsae* (Sc-e),  
*Heterorhabditis bacteriophora* (Hb-e). כל שלושת המינים הנם מחברת E-NEMA מגרמניה ויובאו על ידי "ביו-בי".

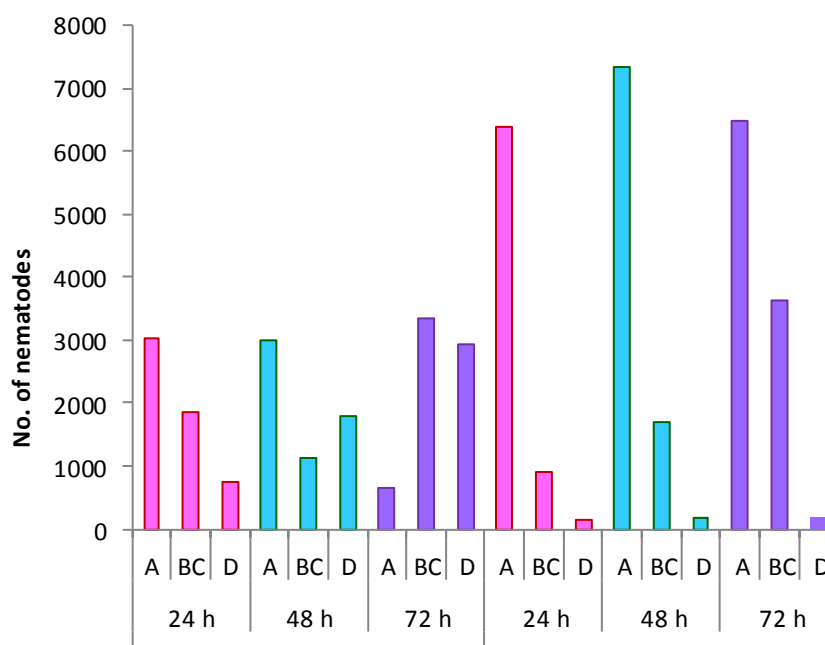




**איור 13** : התפלגות שלושה מיני נמטודות 48 שעות מתחילת הניסוי.

כפי שניתן לראות באיור 13, יש משיכה ברורה של נמטודות מהמינים Hb ו Sc על זחלי החדקונית אך הנמטודה מהסוג Sf אינה מושפעת מנוכחות החרק. בהמשך נבדקו רק שני המינים הראשונים.

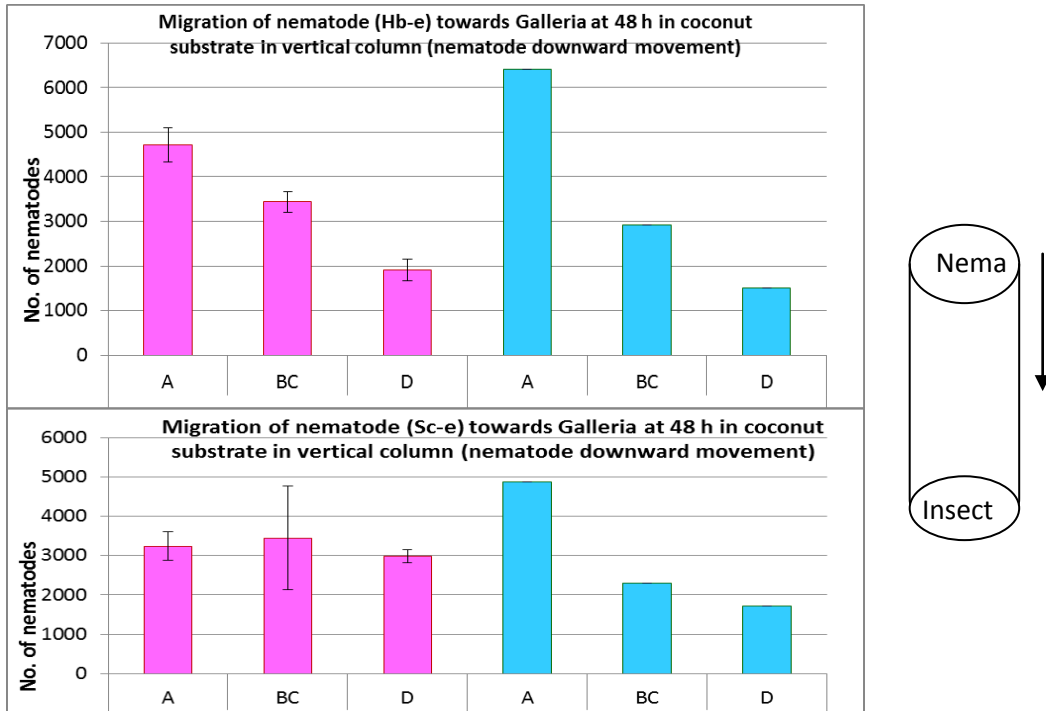
2. משך החשיפה בגלילים: נמטודות מהמין Hb נחשפו לחרקים למשך 24, 48 ו 72 שעות. כפי שניתן לראות באיור 14 לעומת טיפולי הביקורת בהן לא היתה תנועה משמעותית, בטיפול שכלל חרק עלה מספר הנמטודות שהגיעו לאזור שהיית החרק במהלך הזמן.



איור 14. תנועת נמטודות מהמין Hb על זחלי החדקונית כעבור 24, 48 ו 72 שעות.

3. בחינת תנועת הנמטודות בכיוונים שונים (מלמעלה למטה וההיפך) - בגלל חוסר זמינות בדרגני חדקונית השתמשנו בזחלים של עש הדונג שהינם רגישים מאוד לנמטודות.

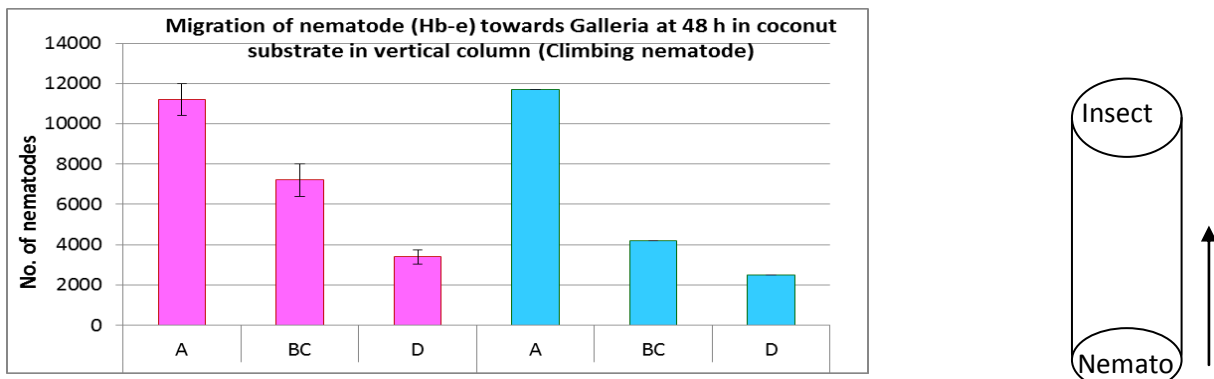
תנועה כלפי מטה:

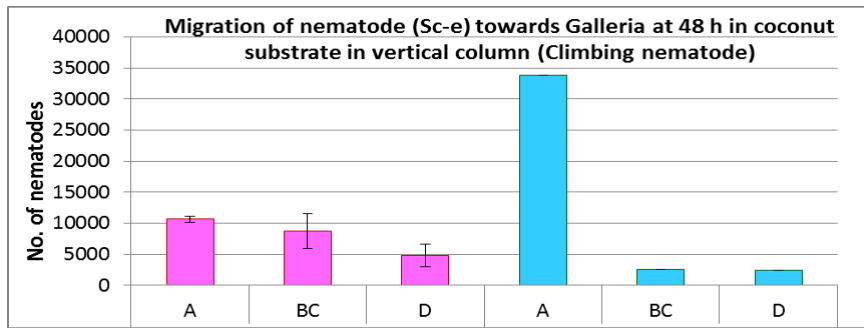


איור 15: תנועת נמטודות כלפי זחלי עש הדונג המוצגים בחלק התחתון של הגליל.

בתנועה כלפי מטה (איור 15) לא היה הבדל משמעותי בין הטיפולים של נוכחות או העדר חרק. גם בתנועה כלפי מעלה לא נמצא הבדל בין הטיפול לביקורת אך חשוב להצביע על כך שגם בתנאים אלו מגיעות נמטודות בכמות גדולה לאזור שהיית החרק (איור 16).

תנועה כלפי מעלה:





**איור 16:** תנועת נמטודות כלפי זחלי עש הדונג המוצגים בחלק עליון של הגליל.

### ניסוי שדה לבדיקת יעילות הטיפול בדלקי תמר עם נמטודות

לאחרונה התחלנו בניסוי נמטודות במשתלת דקלים בעין הבשור הנגועה בחדקונית הדקל במטרה לבחון יישום נמטודות *S. carpocapsae* להדברת החדקונית בדלקי תמר. המשתנים הנבדקים הם: שרידות הנמטודות ברקמת העץ ובקרקע, הדבקה בנמטודות בחדקונית, שינוי פיזיולוגי בעץ התמר.

בלב החלקה מופו מעל 300 עצי תמר, מהם ב 70 לפחות אותרה פגיעת חדקונית על סמך סימנים חיצוניים כגון חוטר יבש, שאריות גלמים, תלולית נסורת לצד העץ ופתחי גיחה בגזע העץ. 62 עצים החשודים בפגיעת חדקונית סומנו ותועדו לפי מדדי מורפולוגיים (גובה, קוטר וגובה הגזע, מס' עלים, מס' חוטרים) ומידת הנזק הוויזואלי (נבירות, חוטרים פגועים), וחולקו באקראי לקבוצות טיפול ודיגום ע"פ הטיפולים הבאים כפי שמתואר בטבלה 13.

**טבלה 13:** פירוט הטיפולים ויישומם

טיפול	מס' עצים	מועד דיגום	מועד יישום SC	כמות/נפח
אומדן נגיעות	8	9/2/14, 5	ללא	-
שרידות מיישום במצע והדבקה לאחר 10 ימים	8	17/2/14	5/2/14	15M\10L~
שרידות מיישום במצע והדבקה לאחר 20 ימים	8	24/2/14	5/2/14	15M\10L~
שרידות מיישום במצע והדבקה לאחר 30 ימים	10	9/3/14	5/2/14	15M\10L~
שרידות מיישום במצע והדבקה לאחר 90 ימים – בדיקה פיזיולוגית לעץ מכוסה (רשת)	8	9/5/14	5/2/14	15M\10L~
שרידות מיישום במצע והדבקה לאחר 90 ימים – בדיקה פיזיולוגית לעץ	10	9/5/14	5/2/14	15M\10L~
שרידות מיישום במצע והדבקה לאחר 90 ימים – בדיקה פיזיולוגית לעץ	10	9/5/14	9/2/14	15M\20L~

יישום הנמטודות (*S. carpocapsae*) בוצע באופן מסחרי, תוך שימוש בטנק ריסוס ע"ג טרקטור ומד זרימה. למעט קבוצת הטיפול בנפח כפול, בכל העצים יושמו 15 מיליון נמטודות בנפח של 10 ליטר. יישום הנמטודות כלל הרטבת החוטרים, הגזע והקרקע בשולי הגזע.

דיגום נוכחות הנמטודות ברקמת העץ ובמזיק מתבצעת לאורך זמן, ע"י כריתת העצים בטיפול, דגימת החומר הצמחי באזורים שונים בגזע ובקרקע וכן בבדיקת הדבקה בכלל פרטי החדקונית (זחלים, גלמים, בוגרים) הנאספים מן העץ.

הדוגמאות מועברות ליחידה לנמטולוגיה במנהל המחקר. החרקים מוחזקים באינקובציה (כ"א בנפרד) לבדיקת נגיעות בנמטודות. (בכוסיות עם מצע קוקוס לח ב 25 מ"צ). נוכחות הנמטודות הטפילות על חרקים בדוגמאות שנלקחות מהעצים בטיפולים השונים נבדקת על ידי מיצוי הדגימות ב"משפכי ברמן" (ראה/י תמונות 12, 17) ל 24 שעות. הערכת כמות הנמטודות האנטומופתוגניות נעשית על ידי סריקת המיצויים בבינוקולאר.



**איור 17:** מתקן ל"משפכי ברמן" למיצוי נמטודות ממצע גידול או קרקע. הנמטודות נאספות בתחתית המשפך ונלקחות לספירה לאחר 24 שעות.

**לשנה הבאה** מתוכננים ניסויי מעבדה ומטע שיכללו :

1. המשך סקר ומעקב אחרי טיפולים בנמטודות בעצי דקל קנרי בנוי ;
2. המשך הניסויים במעבדה לבחינת המשיכה של הנמטודות לחרק במערכת שהוצגה לפי הפרוט הנ"ל ;
3. ניסויי שדה בעצי דקל תמר נגועים לבחינת שיטות היישום המיטביות של נמטודות ;
4. טיפולים עם נמטודות בעצים החשודים בנגיעות במטעי תמר מסחריים ומעקב אחר העצים המטופלים.

### **ג. פיתוח מערך לכידה המונית**

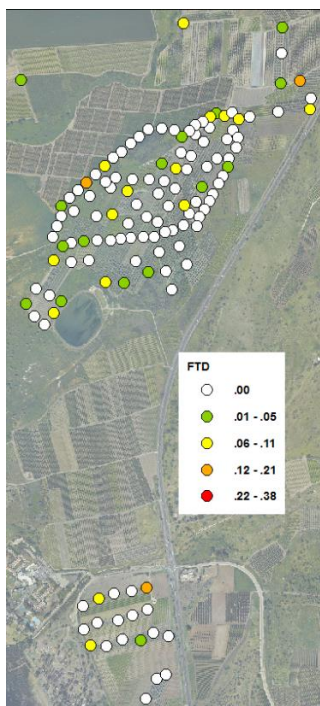
מטעי התמרים ובפרט המטעים האורגניים נמצאים כיום בסכנת אילוח על ידי החדקונית. פיתוח תכנית ללכידה המונית הינה סוגיית מפתח בהתמודדות עם המזיק. מטרת הניסוי הייתה לערוך מחקר השוואתי בין שתי צורות פיזור של מלכודות בצפון-מזרח הכנרת באמצעות מלכודות פיקוסן. כל צורה יושמה בנפרד בשני אתרים, באתרים אלה לא דווח על הנגיעות בעת הצוות הניסוי, 'בטיחה' בצפון וכינר בדרום, במרחק של ק"מ אחד אחד מן השני (איור 18), ואשר מתאפיינים בפסיפס של תמרים והדרים :

1. עם טבעת היקפית : ב'בטיחה' פוזרו מלכודות במתכונת של 'טבעת היקפית-ליבה' על פני שטח של 194 דונם, מתוכם 125 דונם של מטעים, מתוך מטרה להקים רצועת ביטחון המקיפה את מטעי התמרים. בטבעת הוצבו 41 מלכודות במרחק של כ-40 מטר בממוצע ביניהן. המלכודות הוצבו במרחקים משתנים מן המטעים והמלכודת שבליבה עקב שיקולי מאמץ דיגום, תנאי נגישות ואופן פיזור המטעים. במזרח ובדרום הטבעת המלכודות חוצות מטעים, ואילו בצפון ובמערב המלכודות הוצבו בנקודות ללא תמרים. בליבה הוצבו 32 מלכודות בדגם פיזור אקראי בצפיפות של 1 מלכודת ל-6 דונם בממוצע. מצפון ומדרום לטבעת שוכנות מלכודות אשר הוצבו בתמרים לצורך ניטור בצפיפויות שונות אך לא במסגרת המחקר. נתוני הלכידות הללו יכולים לספק אינדיקציה לגבי האוכלוסיה מחוץ למטעים שבניסוי ולהוות מעין רפרנס.

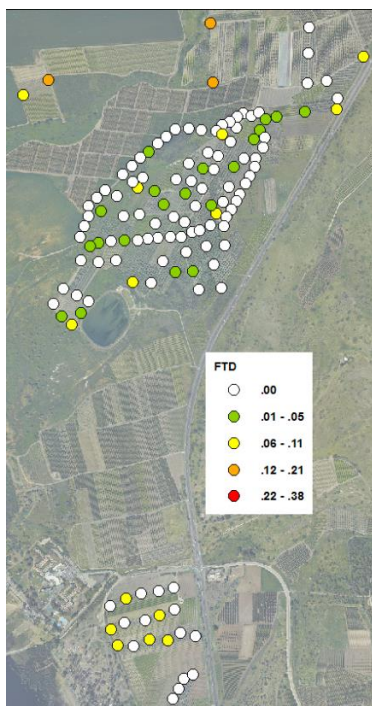
2. ללא טבעת היקפית : בכינר פוזרו 20 מלכודות בצפיפות גבוהה של מלכודת אחת לדונם עד 1.5 דונם וללא טבעת היקפית על פני ארבעה מטעים ששטחם הכולל 28.5 דונם.

כלל מלכודות בשני אתרי המחקר (כולל מצפון ומדרום לאזור הטבעת ההיקפית) נוטרו ממרץ ועד יולי 2013 פעם בשבועיים והחל מאוגוסט פעם ב-3-4 שבועות. תפוצת החדקוניות בכל מועד ניטור מופתה. השוואה בין שיעורי הלכידות בשלושת המערכים הבאים : טבעת, ליבה וכינר נעשתה על ידי מבחן Wilcoxon Paired-Sample Test כאשר כל חודש מהווה דגימה. לא נמצא הבדל בין הטבעת לליבה ובין כינר לליבה בהשוואת רמת הלכידות החודשיות שנוטרו ממרץ ועד דצמבר (למעט יוני עקב רישום לא מסודר) (Wilcoxon Paired-Sample Test,  $p > 0.05$ ). עם זאת, יש להתייחס לכמה מימצאים : ראשית, כמעט בכל החודשים ממוצע הלכידות צפונית לטבעת הוא גבוה יותר מכל האזורים האחרים. בנוסף, בחודשים נובמבר ודצמבר נרשמו בליבה ממוצעי הלכידה הנמוכים ביותר מכלל האזורים האחרים (איור 19). מגמות אלו שונות משאר החודשים אך יכולות להצביע על הפוטנציאל של הטבעת ההיקפית להגן על הליבה. במילים אחרות, הלכידות במלכודות

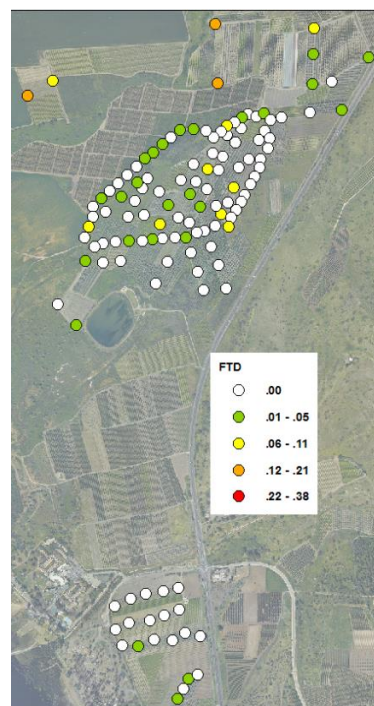
צפונית לטבעת מהוות מדד לפוטנציאל של האוכלוסיה שעלולה לחדור למטעים, אך ההצבה של המלכודות בטבעת ובליבה מצמצמת את החדירה של האוכלוסיה אל תוך המטעים. האזורים מחוץ לטבעת (דרומית לטבעת) ו/או המרוחקים ממנה (כינר) מוגנים פחות. את ההשערה הזו יש לבחון בהמשך העמדה של מערך המלכודות המתואר והניטור שלו עד לחודשים מאי-יוני 2014 בהם בדי"כ מגיע גל נוסף של חדקוניות. בהשוואה בין שפע הפרטים (להבדיל מן הממוצע) בשלושת המערכים נרשמה רמת לכידות נמוכה עד אוקטובר זולת בכינר במאי, ולא נמצא יחס לכידות עקבי בין הטבעת לבין הליבה. באוקטובר חלה עלייה תלולה ברמת הלכידות בשלושת המערכים ולא נמצא הבדל משמעותי בין שלושת המערכים. בנובמבר חלה עלייה משמעותית בטבעת ובכינר ביחס לחודש החולף. בדצמבר חלה ירידה תלולה ברמת הלכידות האזורית.



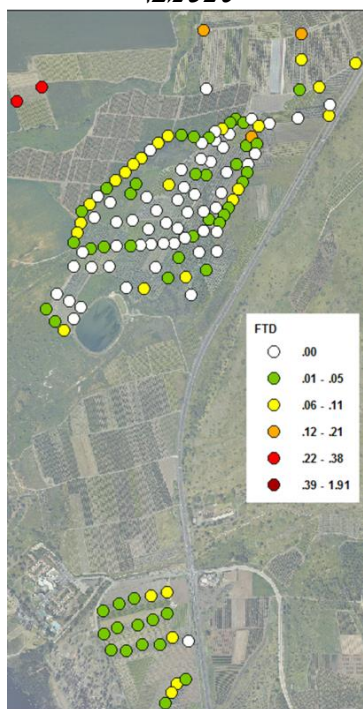
ספטמבר



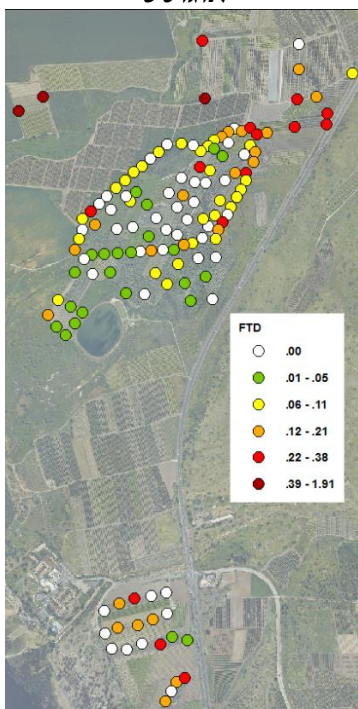
אוגוסט



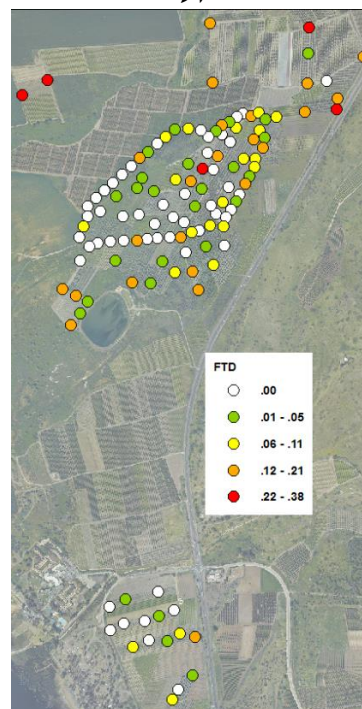
יולי



דצמבר



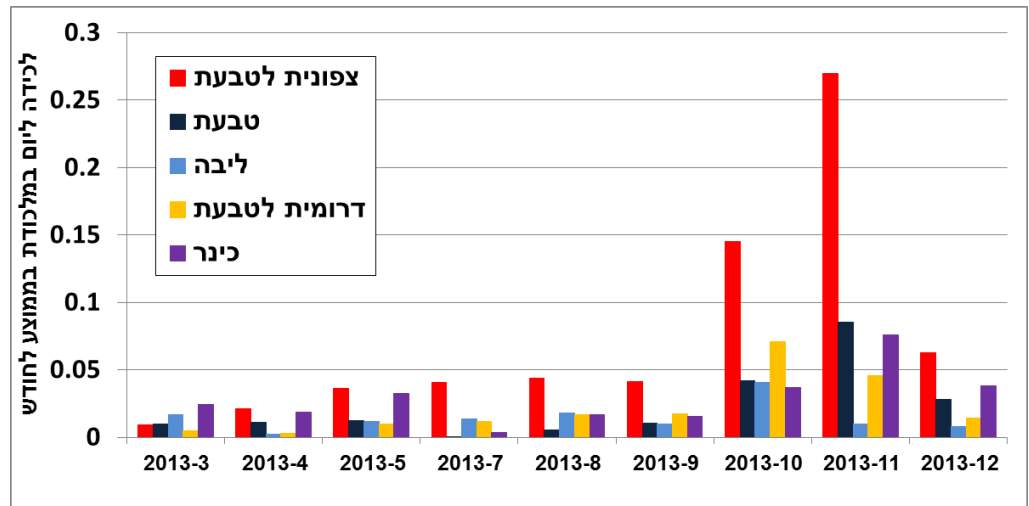
נובמבר



אוקטובר

**איור 18.** שיעור לכידות ליום במלכודות. הנתונים בדצמבר אינם שלמים כי ב- 20/11/2013 הוצבו בליבה ומדרום לטבעת 31 מלכודות נוספות שטרם מופו





**איור 19.** ממוצע של שיעורי לכידות ליום במלכודת במערכים : צפונית לטבעת, טבעת היקפית, ליבה, דרומית לטבעת וכינר. בחודש יוני לא בוצע רישום מסודר של הנתונים ולכן הנתונים לא מוצגים. לשנה הבאה :

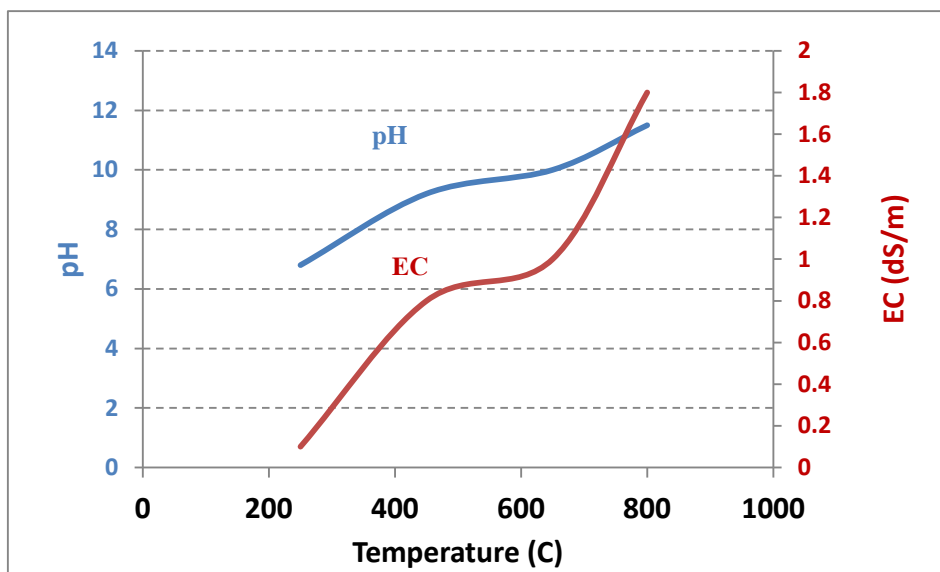
ניסוי לכידה המונית לקביעת רמת הצפיפות המיטבית הינה נושא בעייתי במיוחד כאשר אין נגיעות בפועל בעצים. ישנה מורכבות רבה בהעמדת חזרות המתאימות לניתוחים הסטטיסטיים המקובלים. ניסוי כזה בנוי מחזרות של צפיפויות שונות של מלכודות וכל חזרה משתרעת על שטח די גדול. לא פשוט למצוא מטעים הומוגניים מבחינת זנים, גילאים ומבחינת הנתון של חוטרים שיכול להשפיע על נגיעות בחדקונית. בשנה האחרונה נמצאו עשרות עצים נגועים בגושי מטעים של תומר ובנתיב הגדוד והוחלט למרות המגבלות הצפויות בניתוח הנתונים להעמיד ניסוי לכידה המונית בשתי צפיפויות בשני המטעים. כמה מערכים אפשריים הוגדרו ובשבעות הקרובים יוחלט על המערך המיטבי. המלכודות יועמדו עד לתחילת עונת החורף הבאה. במהלך התקופה המלכודות ינוטרו אחת לשבועיים. בסוף התקופה יבוצע ניתוח על פי מדדים של : נגיעות בפועל של עצים נגועים (אם יהיו) ומדדים סטטיסטיים של הלכידות בכל אחת מהצפיפויות.

#### ד. ניתוח וטיפול בעצים (קנאריים) הנגועים בכותרת להצלחם

גישה זו הודגמה בעבר. אורחים מחו"ל שביקרו בארץ ובפרויקט (חברת Endotherapia vegetal מספרד, פרופ' פרי ודרי' גומו מספרד) הצביעו על יעילות השיטה. נעשתה הדגמה נוספת של השיטה למגדלים ולגננים בעצים נגועים מאוד בקיבוץ נען.

#### ה. דרכי סילוק חומר נגוע תוך המרתו לאנרגיה

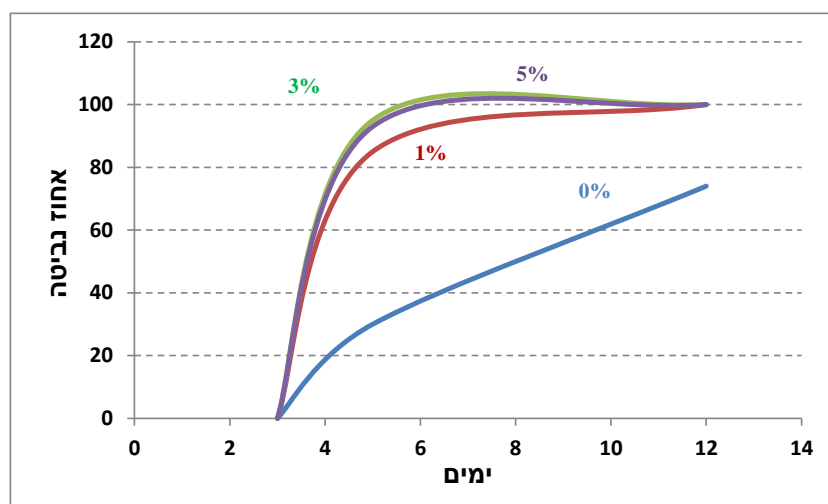
בשנת המחקר הקודמת הצבענו על היכולת לשימוש בפירוליזה לטיפול והשמדה של חלקי גזע דקלים נגועים. תוצרי הפירוליזה של דקל קנרי (ביו פחם וביו שמן) שהתקבלו בשנה שעברה אובחנו לגבי תכונותיהם ושימושם. ביו-פחם נבדק לגבי ערך הגבה (pH), מוליכות חשמלית וניסויים לבדיקת טיוב קרקע. תוצאות ערך הגבה ומוליכות חשמלית ניתן לראות באיור 20.



**איור 20:** ערך הגבה ומוליכות חשמלית של הביו-פחם שהתקבלו מפירוליזה של דקל קנרי

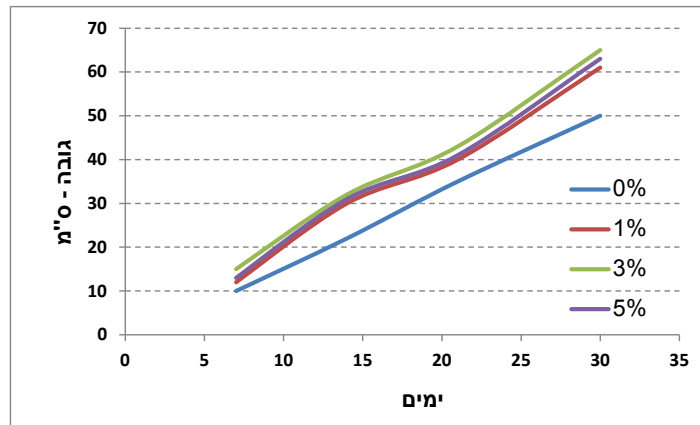
ניתן לראות שגם ערך הגבה וגם מוליכות החשמלית עולים עם עליית הטמפרטורה בה נוצר הביו-פחם. ביו-פחם הנוצר ב-250 מ"צ הינו ניטרלי ומתאים יותר בשימוש בקרקעות ישראל כדי לשמור על ערך הגבה של הקרקע ובמצבים נפוצים גם להוריד את הערך הגבה- קרקעות בארץ ידועים בערך הגבה בסיסי. בנוסף לכך, מוליכות חשמלית הנמוכה של ביו-פחם תורמת לטיוב הקרקע. בניסויים אחרים עם ביו-פחם אחרים ראינו שהביו-פחם העדיפים לשימוש בטיוב הקרקע הינם ביו-פחם בעלי ערך הגבה נמוך (או ניטרלי) ומוליכות חשמלית נמוכה.

עקב כך, ביצענו ניסויים לבדיקת טיוב קרקע במבחן לנביטת חיטה בחול וביו-פחם בריכוזים שונים (0, 1, 3 ו-5%) בחול. הניסוי התבצע ב-10 חזרות. זמן נביטה של חיטה עם ביו-פחם בריכוזים שונים ניתן לראות באיור 21.



**איור 22:** זמן נביטה של חיטה עם ביו-פחם 250 מ"צ בריכוזים שונים של 0, 1, 3 ו-5% בחול

שימוש בביו-פחם זירז את נביטת החיטה, אחרי שישה ימים כרוב ל-100% מהחיטה כבר נבטה לעומת 40% כאשר לא נעשה שימוש בביו-פחם. לא נצפתה הבדל גדול בין הריכוזים השונים של הביו-פחם, אך ריכוז של 3% הראה נביטה מהירה יותר. זירוז בזמן הנביטה מראה שהביו-פחם עשוי לעזור לחקלאי לקבל תוצרת חקלאית מהר יותר. אחרי נביטת החיטה עקבנו אחרי גודל הצמחים עם הזמן למשך 30 יום, איור 22.



איור 3 : גובה צמחי חיטה עם הזמן עם ביו-פחם 250 מ"צ בריכוזים שונים של 0, 1, 3 ו-5% בחול

הצמחים שגדלו עם ביו-פחם היו גדולים יותר מאשר צמחים שגדלו ללא ביו-פחם. אחרי 30 יום ניסוי ראינו שצמחים עם ביו-פחם היו כ-20% גבוהים יותר מאשר צמחים ללא ביו-פחם. בנוסף, לא נצפתה הפרש גובה גדול בין ריכוזים שונים של ביו-פחם (1, 3 ו-5%). אך, שוב צמחים שגדלו עם 3% ביו-פחם היו מעט גבוהים יותר.

תוצאות הניסויים של נביטה מראות שביו-פחם עשוי לזרז את הנביטה של צמחים ובנוסף, להוביל לצמחים גבוהים יותר. ריכוז של 3% ביו-פחם בקרקע (הוספת ביו-פחם עד 20 ס"מ עומק) הינו הריכוז האופטימלי, כאשר בריכוזים גבוהים או נמוכים יותר, התקבלה ירידה באחוז הנביטה וגובה הצמחים (במעט).

בדיקת הביו-דלק שהתקבל מפירוליזה של דקל קנרי מראות שאחוז המים הינו גבוה – מעל 50%. בנוסף, נמדד את חומציות הביו-דלק וגם הוא מראה חומציות גבוהה, כנראה עקב אחוז המים הגבוהה. אחוזים מים וחומציות גבוהים מקשים על השימוש בביו-דלק. ניתן לזקק את הביו-דלק לשימוש, אך, עלות הזיקוק תהיה גבוהה מדי – לא כלכלי. עקב סיבות אלו, הוחלט לא להמשיך עם בדיקות ביו-דלק שהתקבלו. בהתאם להמלצת המעריכים וצוות מדען הראשי הוחלט לא להמשיך בחלק זה של המחקר בשנה הבאה.

## 1. פיתוח כלים לזיהוי עצי דקל הנגועים בחדקונית הדקל האדומה ברמה אזורית

על מנת לבחון את ההשערה שניתן לזהות את עצי התמר הפגועים במערכת ההובלה כתוצאה מפעילות החדקונית הועמדו ניסויי הדבקה של עצים וניסויי הדמיה של פגיעה בגזע.

### 1.1 ניסויי בעצים שהודבקו במכוון:

בשנה הראשונה (2012) של המחקר הועמדו שני ניסויי אכלוס מבוקרים במתקן הסגר בחוות עדן בדקלים קנאריים על ידי החדרת זחלים לתוך העצים והתוצאות שלהם היו לא חד-משמעיות. במהלך שנת 2013 הועמדו 3 ניסויים נוספים (2 בדקלים קנאריים ו-1 בעצי תמר). במקרה זה התבצעה אכלוס "טבעי" של העצים בזחלים על ידי שחרור חיפושיות בוגרות על פניהם. הניסויים בוצעו לפי התיאור הבא:

**ניסוי 3 (של המחקר):** שנים-עשר שתילי דקלים קנאריים (2.5 מ') הועמדו בכלוב ושמונה מהם אוכלסו בחדקונית. הניסוי כלל שני איכלוסים, ב- 21/2 וב- 10/4. כל אכלוס התבצעה על ידי הכנסת שתי נקבות וזכר אחד של חדקונית על מנת ליצור התבססות של החדקונית בעצים. העלים של כל עץ מוספרו וסומנו באמצעות סרטים על מנת לשפר את יכולת הניתוח הסטטיסטי ואימות הממצאים. צילומים תרמיים קרקעיים של עלוות הדקלים בוצעו 39, 49 ו-61 ימים לאחר האכלוס השניה (יל"ה). במקביל לכל צילום תרמי בוצעו צילומים רגילים לסיוע בתהליך הפענוח. כמו כן, בוצעו מדידות של מוליכות פיוניות של 4 עלים בכל עץ באמצעות פורומטר שדה מסוג Delta-T AP4 ומדידות של התארכות לולב. לאחר יום הצילומים האחרון (63 יל"ה) נבחנה רמת הפגיעה בפועל של החדקונית בגזעים באמצעות ניתוח ופירוק עדין של כל עץ, תוך הסרה הדרגתית של כל אחד מהעלים מבחוץ ועד לב הדקל פנימה. במהלך הפירוק בוצעו מעקב ורישום ממצאי הנגיעות והנוק בכל עלה ועלה.

**ניסוי 4:** שנים-עשר שתילי דקלים קנארים (2.5 מ') הועמדו במתקן. ב-18/7 שמונה מהם אוכלסו בחדקוניות. האכלוס נעשתה על ידי שחרור 6 נקבות ו-3 זכרים סביב כל אחד מהעצים המכוסים רשת והמיועדים לאכלוס. צילומים תרמיים ושאר מדידות שתוארו לעיל נערכו 20, 26, 32, 39 ו-45 יל"ה. ביום הצילומים האחרון נותחו העצים (לפי מספור של העלים).

**ניסוי 5:** שני-עשר עצי תמר (3 מ') הועמדו בכלוב. ב-15/9 שמונה מהם הודבקו בחדקונית באותה מתכונת של הניסוי השני (6 נקבות ו-3 זכרים). צילומים תרמיים ושאר מדידות שתוארו לעיל נערכו 24, 31, 35, 45, 56, 65 ו-72 יל"ה. הניתוח הפיזי של עצים אלו בוצע (לפי מספור של העלים) בשני שלבים בשל ההתפתחות האיטית של הזחלים, 66 ו-85 יל"ה.

#### הדמיה של פגיעת חדקונית בגזע:

הדמיה של פגיעת החדקונית בגזעים של עצי תמר (4 מ') נעשתה באמצעים מכאניים. חמישה-עשר עצים צעירים של דקל תמר הועמדו במתחם המכון להנדסה חקלאית. שתי רמות של פגיעה בוצעו בחמש חזרות של עץ בודד: קידוח אחד אל מרכז הגזע ו-3 קידוחים בגזע בזוויות של כ-120 מעלות, באמצעות מקדח בקוטר של 16 מ"מ. חמישה עצים נוספים לא נקדחו ושמשו לביקורת. הקידוחים בוצעו ב-1/8. צילומים ומדידות של מוליכות פיוניות בוצעו מיד לאחר הקידוח וכן 13 ו-21 ימים לאחר הטיפול. ניתוח הנתונים של ההדמיה טרם הסתיים.

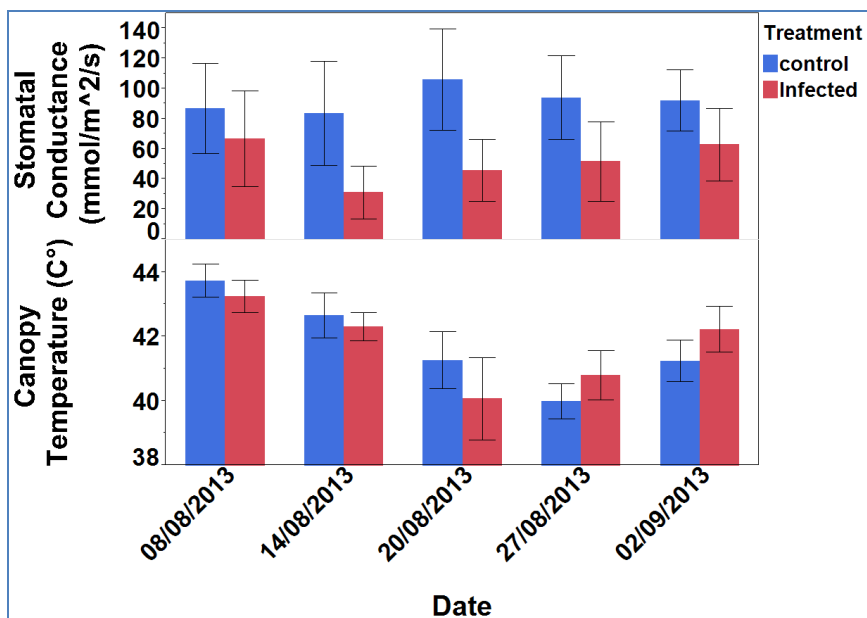
הצילומים הקרקעיים: הצילומים בחוות עדן בוצעו באמצעות מצלמה תרמית מדגם FLIR SC655 שהותקנה על מתקן הרמה בגובה של 5 מטרים (2-2.5 מ' מעל חופת העץ) כך שרזולוציית התמונות אפשרה הפרדה מלאה בין קרקע לבין עלווה. במקביל נרכשו צילומים רגילים (RGB) בכדי שבזמן הניתוח ניתן יהיה לזהות ולשייך כל עלה למדידות שבוצעו. ניתוח הצילומים הקרקעיים נעשה באמצעות דיגום של העלים לחילוץ טמפרטורת עלווה מייצגת באמצעות תוכנת ThermaCamResearcher 2.10 וכמו כן פותחה סביבת עבודה באמצעות תכנת Matlab אשר מפרידה בצורה חצי-אוטומטית בין עלווה וקרקע ומאפשרת ניתוח סטטיסטי של חלקים מהעץ במקום ניתוח של העץ כולו כיחידה אחת. זאת על מנת לבחון את ההשערה כי הפגיעה של החדקונית היא סקטוראלית (בעלים מסויימים) ולא אחידה. ניתוח סקטוריאלי טרם הסתיים. ניתוח סטטיסטי בוצע לטמפרטורות העלווה ולמוליכות פיוניות בכל מועד על מנת לבחון האם יש הבדל מובהק בין העצים שנפגעו מהחדקונית לבין עצי הביקורת. טבלה 14 מציגה סיכום של הניסויים המבוקרים אשר בוצעו בחוות עדן בשנתיים האחרונות עם תמצית התוצאות העיקריות.

**טבלה 14.** סיכום הניסויים המבוקרים לגילוי טרמי שבוצעו בחוות עדן בשנתיים האחרונות עם תמצית התוצאות העיקריות. ההדבקה בזחלים באמצעות קידוח (הדבקה מלאכותית), הדבקה על ידי איכלוס העצים מכוסים ברשת (הדבקה טבעית).

Exp #	Infestation type	Variety	Dates	Main Results
1	Artificial infestation	Canary	29/07 – 24/09/12	Sig. Differences in SC and Temperature
2	Artificial infestation	Canary	09/10/12 – 03/01/13	Only 1 infected tree showed lower SC and higher temperature (the only tree that was damaged)
3	Natural infestation	Canary	21/02 – 27/06/13	No sig. differences in SC and temperature, lower SC and higher temperatures were firstly obtained in infected trees 39 and 61 day, respectively
4	Natural infestation	Canary	18/07 – 02/09/13	Sig. difference in SC, higher temperatures were obtained in infected trees 39 day
5	Natural infestation	Date	15/09 – 21/11/13	No sig. differences in SC and temperature

בניתוח הסטטיסטי למציאת ההבדל בין שתי הקבוצות בערכים של מוליכות פיוניות נמצא כי רק בניסוי השני שהחל בקיץ מוליכות הפיוניות של העלים של העצים הבריאים היתה גבוהה יותר באופן מובהק מאשר זו של העצים המודבקים (איור 23) זאת לפני שהחלו להתפתח סימפטומים חזותיים של פגיעה בעלים. טמפרטורות גבוהות יותר נמדדו בעצים המודבקים רק לקראת סוף הניסוי (61 יל"ה). טמפרטורות העלווה של העצים המודבקים לא היתה אחידה ורק בחלק מן העלים נצפו

טמפרטורות גבוהות יותר. מן הממצאים הללו ניתן לומר כי מוליכות הפיוניות הינה מדד רגיש יותר לפגיעת החדקונית בהשוואה לטמפרטורת העלווה. טמפרטורת העלווה מושפעת מאוחר יחסית כאשר הנזק גדול יותר. עדיין שני המדדים מזהים בתנאי קיץ את הפגיעה של החדקונית לפני הופעת סימפטומים חזותיים. תוצאות משנה זו מחזקות את התוצאות של השנה הקודמת, קרי, ניתן לזהות פגיעה של החדקונית באמצעות מוליכות פיוניות וטמפרטורה בתקופת הקיץ.



**איור 23:** ערכי מוליכות פיוניות (עליון) וטמפרטורות חופת העצים (תחתון) במועדי הצילום השונים במהלך הניסוי הרביעי בחוות עדן (דקל קנרי)

## 2. ניסויים במטעים מסחריים

מעבר לניסויים המבוקרים נבחנה השיטה במטעים מסחריים באמצעות צילומים קרקעיים ומוטסים.

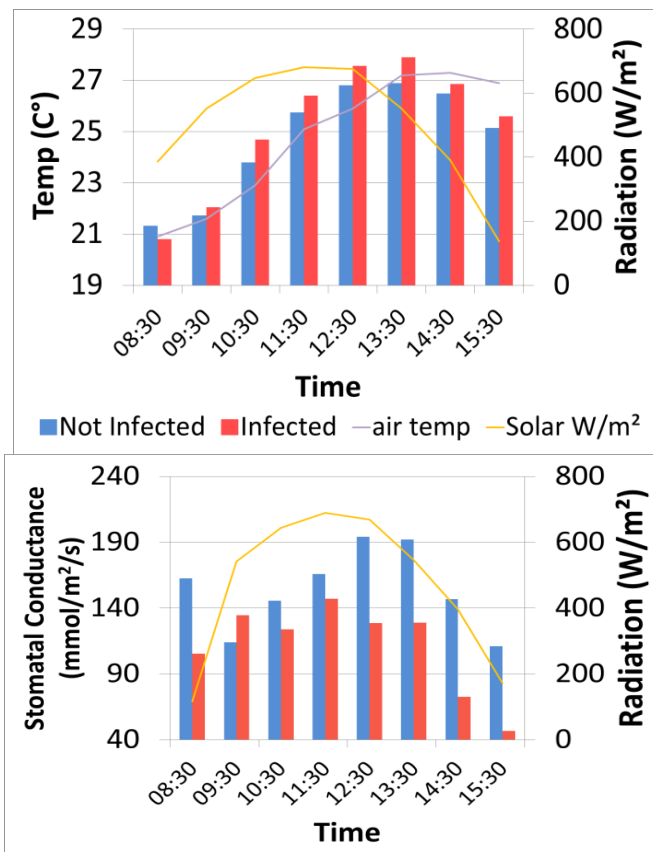
**צילומים קרקעיים:** בסוף אוקטובר 2013 דווח על עצים נגועים במטע צעיר יחסית במעלה גמלא (גובה העצים 4 מ'). בניסיון ללמוד את הדינאמיקה הימתית של מוליכות פיוניות ושל טמפרטורה בעצים נגועים לעומת עצים בריאים נרכשו צילומים תרמיים במהלך מספר שעות בתאריך 3/11. המצלמות התרמית והרגילה הותקנו על מתקן הרמה בגובה של 20 מטר בין עץ נגוע ועץ לא נגוע. בין השעה 8 בבוקר לשעה 3 אחה"צ בוצע צילום תרמי כל 30 שניות ובמקביל בוצעו מדידות מוליכות פיוניות כל חצי שעה. בנוסף לשני העצים שצולמו באמצעות המצלמה התרמית, בוצעו מדידות של מוליכות פיוניות בשני זוגות של עצים סמוכים (אחד נגוע ואחד לא נגוע) בשעה 12 בצהריים ובשעה 3 אחה"צ.

**תוצאות:** במהלך היום כולו (למעט בשעה 8:30 בבוקר) נצפו טמפרטורות גבוהות יותר בעץ הנגוע בהשוואה לעץ שאינו נגוע. במקביל מוליכות הפיוניות הייתה גבוהה יותר במהלך היום כולו בעץ שאינו נגוע (למעט בשעה 9:30, איור 24). מניתוח סטטיסטי נמצאה הבדל מובהק הן בערכי טמפרטורת העלווה ( $p=0.01$ ) והן בערכי מוליכות הפיוניות ( $p=0.004$ ) (Anova two-paired sample for means). מהצגה גרפית של הממצאים ניתן לראות בבירור כי במהלך היום ההבדל בטמפרטורה ומוליכות הפיוניות בין העצים הוא בשיאו רק לאחר שהקרינה מתחילה לרדת. ההבדל במוליכות הפיוניות גדל עד לשעות אחה"צ למרות שמוליכות הפיוניות קטנה. תוצאות דומות של הבדלים במוליכות פיוניות התקבלו גם בשני הזוגות האחרים (הבדל קטן משעה 12 בצהריים לעומת הבדל גדול בשעה 3 אחה"צ). לעומת זאת, ההבדל בטמפרטורות קטן בשעות המאוחרות יותר. ממצאים אלו יחד עם הממצאים של הניסויים המבוקרים מתחזקים על-ידי תוצאות ממחקרים עדכניים שנעשו על התמר המראות כי התמר אוגר מים מהקרקע במהלך הלילה ומאבד אותם בהדרגה במהלך היום. מכאן ניתן להסיק שלוש מסקנות ראשוניות: 1. בתקופת הסתיו כאשר הימים קצרים והטמפ' והקרינה יחסית נמוכות אין איבוד גדול של מים במהלך היום ועל-כן לא מתקבל הבדל משמעותי במצב המים של העץ המתבטא בהבדלים קטנים הן במוליכות פיוניות והן בטמפרטורת העלווה; 2. מדידות של מוליכות פיוניות וצילומים תרמיים בתקופת האביב והקיץ צריכים

להתבצע בשעות אחה"צ בהם ניתן להניח כי יהיו הבדלים גדולים יותר בין עץ נגוע ללא נגוע; 3. בעצים נמוכים הסיכוי לאתר עצים נגועים יהיה גבוה יותר מאשר עצים גבוהים בגלל הבדל באוגר המים.



**איור 24:** טמפרטורות נוף (ימין למעלה) ומוליכות פיוניות (ימין למטה) בשעות שונות מעל עץ נגוע ולא נגוע סמוכים במטע מסחרי במעלה גמלא שני העצים שצולמו ונמדדו מסומנים בתמונה למעלה.



**צילומים מוטסים:** במהלך המחצית הראשונה של שנת 2013 התגלו מספר מוקדי נגיעות חדקונית נוספים בחלקים שונים של הארץ. נגיעות זו הגיעה גם כן לפגיעה משמעותית במטעים מסחריים של עצי תמר במושב מעלה גמלא ובבקעת הירדן במטעים של מושב תומר (15 שנה, 8 מ'). לאחר קביעת מיקום הנגיעות במטעים בוצעו מספר גיחות צילום (תרמי ו-RGB) על מנת לנסות ולזהות את העצים הנגועים במטעים. הגיחות בוצעו בתאריכים 01/07 וב-11/09 מעל מעלה גמלא כאשר בתאריך השני בוצעו מדידות קרקעיות וצילומים קרקעיים במקביל לזמן הצילום. במטעי הבקעה בוצע צילום בתאריך 2/9 כאשר במקביל נלקחו מדידות קרקעיות של נתונים מטאורולוגיים ומוליכות פיוניות בעצים נבחרים. רכישת הצילומים התבצעה באמצעות מצלמה תרמית מגובה של כ-500 מטר מעל פני הקרקע. מגובה זה רזולוציות הצילום יורדות לכדי 35 ס"מ לפיקסל, דבר אשר מקשה על הוצאת טמפרטורות העלווה בצורה מדויקת. ניתוח של הצילומים המוטסים טרם הסתיים.

**תוכניות לשנה הבאה:** ניסויים בשנה החולפת לימדו אותנו כי מועדי ושעות הצילום התרמי הם חשובים ביותר. כאמור בתקופת הקיץ שעות הצילום המיטביות הן שעות אחה"צ וכ-4-7 שבועות ממועד ההדבקה בחדקונית. במהלך השנה הבאה צפויים לעמוד שני ניסויים נוספים בעצי תמר בחוות עדן על פי פרוטוקול הניסויים בהדבקה טבעית (ניסויים 4 ו-5). הניסויים יועמדו באפריל (אביב) ואח"כ ביולי (קיץ) כדי שנוכל לבדוק את ההשפעה בתקופת האביב (שטרם נבדקה) ולחזור לבחון את ההשפעה בקיץ. צילומים קרקעיים ומוטסים צפויים להתבצע מעל מטעים נגועים, כולל חזרה על צילומים רציפים לבחינת הדינאמיקה הימתית בתקופת האביב והקיץ.

## ז. בניית מאגר נתונים מרחבי

המאגר נתונים ברמת הישוב שהוקם בשנה שעברה מכיל, עם כתיבת דו"ח זה, סך של 100 רשומות המדווחות על סך של כ-970 עצים נגועים. כל רשומה מכילה תאריך דיווח, מקום (ברמה של ישוב), מספר עצים, שם המדווח, והערות.

בימים אלו אנו שוקדים על הכנסת דוחות כריתה שהגיעו אלינו מפקיד היערות במשרד החקלאות. אולם, הנתונים שם הינם חלקיים מאוד ומכילים דיווחים על עשרות (מתוך אלפי העצים שמתו \ נפגעו ונכרתו). בנוסף, הנתונים אינם מפרטים בבירור את סוג המזיק שהביא לנזק. בחרנו את הדיווחים בהם הנימוק המצוין לכריתה הוא "מחלת עץ" או "עץ מת". הדיוק במיקום העץ משתנה, בין שם רחוב ומספר, עד לציון שם הרשות בלבד.

הקמנו גם מאגר מידע מרחבי שאוגר נתונים על מיקום עצי הדקל בארץ וסימפטומים של נגיעות העצים בחדקונית. המאגר ישמש חוקרים, מדריכים וקובעי מדיניות, בהחלטות לגבי ממשק הטיפול והניטור באזור. בהמשך, אם הצטברות משמעותית של נתונים, ננסה לאפשר גם לגורמים מקומיים, כמו עיריות, מועצות, מוסדות וגננים, גישה לנתוני המערכת כדי לנטר ולטפל באופן יעיל יותר בעצים שלהם.

פותח דף אינטרנט אותו ניתן לפתוח בכל טלפון "חכם" שמכיל GPS וגלישה באינטרנט, שמאפשר לכל אחד להזין נתונים למערכת. עם פתיחת האתר (<http://gis.agri.gov.il/mobile/>), בטלפון הנייד, מופיעה מפה "חיה" של האזור שממוקדת למיקום המשתמש ואוסף פקדים (איור 25).

אנו מבקשים מהמשתמש להירשם. ההרשמה אינה נשלחת מיד אלא נשמרת על המכשיר. פרטי המשתמש (שם, טלפון ודוא"ל) נשלחים לשרת עם משלוח הודעות על מיקום דקלים ונגיעות. רישום זה משמש אותנו לצורך בירורים ואכן אלו נעשים לפרקים. המשתמש מתבקש לצרף פרטים (במידה וידועים) כמו מין הדקל; הערכת גובה העץ כדי להעריך האם יש צורך בסולם או כלי גובה אחר לטיפול; ואבחנה לנגיעות. אנו מבקשים לסמן את התסמינים שמצביעים על חשד ורמת הנגיעות בעץ. הדף מכיל גם קישור לדוגמאות של סימפטומים בעצי תמר או בעצים קנרים. לאחר הזנת הנתונים שולח המשתמש את הפרטים. אם באמצעות כפתור "שלח", או בדואר אלקטרוני.

סטית GPS מעל 150 מטר, ברוב הרשומות (102) דיוק הנוטן היה גבוה (עד 10 מטרים) המאפשר בדרך כלל זיהוי ספציפי של העץ המדווח. שימוש נוסף של היישום והמאגר הוא בעת עריכת ניסויים על ידי הצוות במטעים. באמצעותם אנו ממפים את העצים המיועדים לניסויים לפי הסימפטומים של הנגיעות. במהלך השנה הקרובה תפותח באותה האפליקציה מערכת למיפוי המלכודות ולכידות שתשמש את הניסויי ללכידה המונית.



איור 25: מסך לדיווח על עצי דקל.

בחודש האחרון (שקדם לכתבת הדו"ח) נרשמו בדף הדיווח מעל 100 כניסות. רוב הדיווחים מגיעים ישירות ממכשיר המשתמש למאגר הנתונים. בעת כתיבת הדו"ח הכיל האתר 170 רשומות. ברשומות בודדות (10) נמצאה

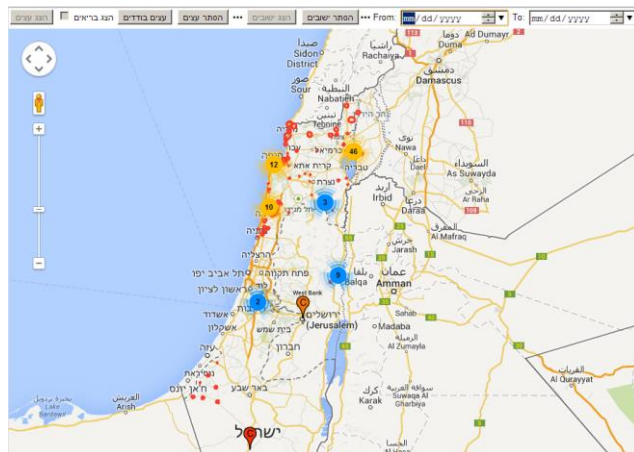
#### ח. מערכת הערכת סיכונים ותמיכת החלטה

בסיס המידע המרחבי (לעיל) שישמש כמערכת תמיכה בהחלטות משלב שכבות המידע שונות (בשלב זה הוא כולל נתוני הנגיעות בישובים ודיווחי עצים). הוקם יישום אינטרנט שמציג את הנתונים על גבי מפה חיה (איור 26):

<http://gis.agri.gov.il/weevil/map>. ממשק המשתמש מכיל כיום את האפשרות להציג עצים בודדים על פי מינם וחומרת הפגיעה ואת מפת היישובים בהם נתגלעה נגיעות עם סימון היקף הפגיעה. ניתן לבצע חיתוך נתונים בתחום תאריכים. במהלך השנה הקרובה נוסף פקדים שיאפשר הצגת חתכים ודוחות נוספים.

## ט. הפצת ידע לציבור והגברת המודעות לבעיה

אתר אינטרנט שהוקם בשנה קודמת ([weevil.agri.gov.il](http://weevil.agri.gov.il)) עבר מספר עדכונים ותוספות. הכתבות העיקריות בעת כתיבת הדו"ח כוללות בנוסף על פרטים על המזיק, תיעוד ניתוח עץ נגוע במושב אמנון ושיקומו, הדגמות טיפולים בהזרקות גזע וכן המלצות הדברה עדכניות של שה"מ. כמו כן, פורסמה יוזמה: אמצ' מלכודת, אשר לו תרמה מידע ומודעות מצד הציבור אלה עזרה באופן משמעותי לאיסוף חיפושיות מהשטח לצורך המחקר.



### איור 26: הצגת רשומי נגיעות מתוך מערכת המידע

במהלך השנה, במיוחד מאז התפשטות הנגיעות של החדקונית גם לשטחי מטעי התמר, נוספו כתבות חדשות ועודכנו כתבות קיימות.

בחודש האחרון (שקדם לכתיבת הדו"ח) ביקרו באתר כ- 600 מבקרים שצפו בקרוב ל 1700 דפים. כמעט כל המבקרים מישראל (האתר בעברית בלבד).

## סיכום

בשנה השנייה עסק המיזם בכל מטרות הפרויקט אך התרכז בעיקר בהמשך ניטור התפשטות המזיק, בחינת תכשירי הדברה כימיים וביולוגיים במעבדה ובמטע ובפיתוח שיטת גילוי תרמי. בכל אחד מהנושאים, למעט פיירוליזה, השתתפה יותר מקבוצת מחקר אחת. המשכנו ללמוד את ההתנהגות וההעדפה של המזיק ואת תנועתו בשטח.

חקר דינאמיקה של ההתפשטות מצביע באופן ברור על התפשטות לכיוון עמק חרוד ומטעי התמרים בבקעת הירדן מכמה כיוונים. ההתפשטות במהלך כשנתיים היתה בשיעור 13-19 ק"מ.

עדיין לא ברור האם חיפושיות מעדיפות דקלים קנריים או תמר על פני הושינגטוניה. יתכן שהבדלים בשכיחות העצים הנגועים בין המינים נובעת מגורמי ממשק בעצים אלו.

איתור עצים נגועים בכלוב באמצעות מדדים של מצב מים (מוליכות פיוניות וצילומים תרמיים) לא הניבו תוצאות חד-משמעיות. מצילומים קרקעיים של עצים נגועים במטעים מסחריים הראינו כי טמפרטורת העלווה גבוהה יותר בעץ נגוע יחסית לעץ לא נגוע. המסקנה הראשונית העיקרית שעולה היא שיעילות המדדים הללו טובה יותר בתקופת הקיץ וכי שעות הצילום הטובות ביותר הן שעות אחה"צ. בשנה הקרובה יבוצעו צילומים בכלוב ומעל עצים במטעים מסחריים בהתאם למסקנות הללו.

בהקשר לשיטת הפירוליזה כדרך להשמדת החומר הנגוע בשיטה ידידותית לסביבה, נבחנו תכונות הביו פחם המתקבל והוערכה תרומתו לנביטה וצימוח צמחי בוחן.

סרקנו תכשירי הדברה כדי לפתח סל תכשירים מתאים לממשק הדברה ולמניעת התפתחות עמידות. כמתוכנן נבדקו תכשירים נוספים כגון שלושה דיאמידים ושלושה אבאמקטינים כנגד זחלים וכן קוטלי מגע נגד בוגרים פירתרואידים, תערובות של ניאוניקוטינואידים עם פרטרואידים וכן זרחן אורגני-דורסן. נמצא שבין הניאוניקוטינואידים שנבדקו היעילים ביותר כנגד זחלים קטנים היו הקלאץ; האקטרה ומוספילן. מבין האברמקטנים הצטיין הפרוקליים. בין



דיאמידים- אקסירל. כנגד הבוגרים במגע בלט בהשפעתו המהירה קרטה מקס לעומת סימבוס. עדיין יש לבחון השפעת דורסן לאחר חשיפה קצרה וכן שאריתיות יחסית של חומרים אלה בשטח- על גזעי התמר.

תשובה מספקת לשאלת ניידות ניאוניקוטינואידים בדקל עדיין לא נמצאה. לקונפידור יש ניידות בגזע התמר מאחר וטיפול הגמאה יעילים כנגד ציקדות הדבש בעלווה. אך הרמות הדרושות לכך אינן ידועות ולכן יתכן והרמות המספקות הדברה כנגד ציקדות אינן יעילות אפילו כנגד זחלי החדקונית הקטנים. בניסוי השנה בגילגל נמצא שכמות ניכרת של קונפידור נספחה לשכבות הקרקע העליונות. סביר להניח שרמת הספיחה שונה בין סוגי הקרקעות וגם מושפעת מסוגי המים המשמשים להשקיה. שיטת ההזרקה עשויה לעקוף בעיה זאת. הזרקה קונפידור לגזע אכן נתנה תוצאות טובות יותר מהגמאתו בקרקע אך עדיין הרמות לא היו מספקות. לעומת זאת תכשיר פרוקליים הניתן בהזרקה הגיע לרמות הדרושות בגזע התמר. עדיין נותרה פתוחה השאלה האם שיטת הדיגום – קידוח הגזע אינה פוגעת באימידכלופריד בדוגמה. בכל מיקרה עם הופעת נגיעות במטעי תמרים נערכים ניסויים במטעים עם תכשירי הדברה כמניעה וכטיפול המבוצעים כרגע ואחרים עתידים להתבצע במהלך השנה. אלו צפויים לספק תשובות טובות יותר לגבי יעילות התכשירים בשטח.

כפתרון בחקלאות אורגנית ולנוי המשכנו לבדוק את תכשיר הנמטודות המסחרי. נבחנה יכולת הנמטודות לנוע בכיוונים שונים בתנאי מעבדה. הנמטודות ובמיוחד *Steinernema carpocapsae* נעות לעבר החרק בעיקר אופקית אך גם בתנועה כלפי מעלה ומטה. רמת התנועה בכיוונים אלה אל זחלי החדקונית תבדק בהמשך. תוצאות סקר יעילות הנמטודות בדקלים קנריים מעודדים, במיוחד ככלי הדברה נוסף בהדברה משולבת. עדיין לא ברור כיצד ניתן ליישם נמטודות בעצי תמר והנושא ייבדק במהלך השנה הקרובה. גם את שאלת יעילות לכידה המונית ופריסת המלכודות מוקדם לסכם עדיין. נושא זה עתיד להיבדק בשנה קרובה במטעים אורגניים בבקעה.

## סיכום הפעילות המחקרית עם שאלות מנחות

<p><b>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b></p>
<p>הכרת התנהגות המזיק במרחב ורגישות הפונדקאים</p>
<p>ביסוס סל תכשירים יעודי, שיטות יישום, וטיפולים בעצים.</p>
<p>איפיון תוצרי הפירוליזה</p>
<p>פיתוח שיטות לאיתור עצים נגועים ברמה אזורית וארצית</p>
<p>פיתוח מערך ללכידה המונית</p>
<p>הפצת ידע לרשויות ולציבור לצורך הגברת המודעות ושיתוף הפעולה</p>
<p><b>עיקרי הניסויים והתוצאות.</b></p>
<p>1. במלכודות לניטור התפשטות המזיק בין איזור נגוע בעצי נוי לבין אזור חקלאי נמצאה התקדמות המזיק של כ-20 ק"מ כשנתיים למטעי עמק חרוד ומטעי התמרים בבקעת הירדן מצפון ומצפון-מערב.</p>
<p>2. נבחנה השפעת מינונים נמוכים של 5 ניאוניקוטינואידים וקוראגן על ביצים והזחלים המתפתחים. התכשירים היעילים ביותר היו: קלאץ, אקטרה ומוספילן וכן התבצעה סריקה של LC50 ו-LC 95 ל-3 נציגי אברמקטינים ואנטריניליק דיאמידים, מבין כל התכשירים שנבדקו עד כה פרוקליים וקלאץ ניראים כמבטיחים ביותר.</p>
<p>3. בניסוי הפירוליזה. נבחנו תכונות הביו פחם המתקבל מדקל קנאי נגוע והוערכה תרומתו לנביטה וצימוח צמחי בוחן. נמצא שהחומר מעודד נביטה וצימוח</p>
<p>4. איתור עצים נגועים בכלוב באמצעות מדדים של מצב המים הניבו תוצאות לא חד-משמעיות. מצילומים קרקעיים של עצים נגועים במטעים מסחריים הראינו כי טמפרטורת העלווה גבוהה יותר בעץ נגוע יחסית לעץ לא נגוע.</p>
<p>5. הצבת מלכודות בגושי מטעים עם וללא טבעת הגנה לא הראתה הבדלים בכמות הלכידות עד לחודש נובמבר השנה. תוצאות ראשוניות בחודשי נובמבר ודצמבר מצביעות על לכידה מוגברת במלכודות הטבעת. לפיכך, הצבת המלכודות והניטור ימשכו עד לאביב הקרוב.</p>
<p>6. פותח בסיס המידע המרחבי הכולל בשלב זה נתוני הנגיעות בישובים ודיווחי עצים נגועים. הוקם יישום אינטרנט לטלפון המאפשר למפות עצים לפי סמני נגיעות.</p>
<p><b>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</b></p>
<p>רוב מטרות המחקר לשנה זאת הושגו.</p>
<p>יש בידינו לפחות ארבע תכשירים סיסטמיים שהוכחו כיעילים בניסוי מעבדה. פרוקליים גם נמצא בגזע במינונים הדרושים להדברה. יעילותם של חומרים אלה תבדק השנה במטעים כטיפול ומניעה כנגד חדקונית.</p>
<p>בעיות שונות לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, <b>האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותרה לביצוע תוכנית המחקר?</b></p>
<p>1. הסיבה לרמות קונפידור נמוכות בגזע התמר אינה ברורה ודורשת בחינה מעמיקה של נושא האינטראקציה של</p>

<p>חומרים אלה עם ריקמת הצמח, המים והקרקע. וקודם כולל בירור התופעה במטעים אחרים.</p>
<p>2. הסיבה לקושי בגילוי התרמי של הנגיעות בגזע בצילומים בשעות לפני הצהריים נובעת כנראה מאגירת מים רבה בגזע הדקל. נראה כי צילומים בשעות אחר הצהריים בעונה החמה יתנו פתרון לבעיה זאת.</p>
<p>2. מספר דקלי תמר נגועים במטעים היה עד לאחרונה קטן מאוד ולא אפשר ניסויי שטח לבחינת תכשירים ולבדיקת גילויים באמצעים תרמיים. עם עליית הנגיעות אנו פועלים כיום בתחומי המחקר השונים גם בעצים נגועים במטעים.</p>
<p>3. מערכות ניטור ולכידה המוצבות בשטח על ידי גורמים פרטיים ללא תיאום עימנו משבשות את המעקב אחר תנועת והיקף הנגיעות של החדקונית, אנו פועלים לשיפור שיתוף הפעולה, לאיסוף וניצול כל מידע מכל הגורמים הפועלים בשטח.</p>
<p>4. נתגלו ועוד צפויים קשיים בזמינות מידע רלוונטי לגבי העצים הנגועים בשטח ואיסופו ממקורות חיצוניים</p>
<p align="center"><b>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח</b></p> <p>תוצאות של מחקר זה הוצג:</p> <p>השתלמות למגדלים וגננים והדגמה של הזרקות גזע וניתוחי עצים בקיבוץ נען ב-6 לנובמבר 2013</p> <p>כנס טכנולוגיות במטעים בערבה הדרומית דצמבר 2013</p> <p>כנס פיתוחים טכנולוגיים של המכון להנדסה חקלאית בענף התמרים – ינואר 2014</p> <p>מאמר בעלון הנוטע ב-1.2013 ו-1.2014.</p> <p>אתר האינטרנט של הפרויקט מכיל מידע עדכני בנושאי הפרוייקט</p>
<p align="center"><b>פרסום הדוח: איני ממליצה בשלב זה</b></p>
<p>עותק מהתוצאות יועבר לשולחן מגדלי התמרים תוך בקשה לא להפיצו.</p>

1. Dembilio Ó, Llácer E, Martínez De Altube Mm & Jacas Ja (2010a). Field efficacy of Imidacloprid and *Steinernema carpocapsae* in a chitosan formulation against the Red Palm Weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) in *Phoenix canariensis*. Pest Management Science 66: 365–370. (doi: 10.1002/ps.1882)
2. Dermibas, A. (2001). Carbonization ranking of selected biomass for charcoal, liquid and gaseous products. Energy Conversion and Management, 42: 1229-1238.
3. EPPO (2008) Data sheet on quarantine pest *Rhynchophorus ferrugineus*. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organisation) Buletin 38: 55-59.
4. Giblin-Davis R.M. (2001) Borers of Palms. In: Insects on Palms. Ed. Howard, F.W., Moore, D., R.M., Giblin-Davis and Abad, R.G. CABI Publishing, Wallingford, UK. Pp 267-305.
5. Faleiro, J. R.(2006) A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera : Curculionidae) in cocconut and date palm during the last one hyndred years. 26:134-154.
6. Llacer, E., de Altube, M.M.M. and Jacas, J.A. 2009. Evaluation of the efficacy of *Steinernema carpocapsae* in a chitosan formulation against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, in *Phoenix canariensis*. *Biocontrol*. 54: 559-565.