מדינת ישראל
משרד החקלאות ופיתוח הכפר
שירות ההדרכה והמקצוע – שה"מ
תחום הגנת הצומח

בחינת היתכנות של ניטור והדברה של חיפושית הקליפה של השקד במטעים נשירים באמצעות מלכודות ללכידה המונית

דוח מסכם - ביצוע מיזם 2014-2015

מוגש למשרד החקלאות ופיתוח הכפר ולמועצת הפירות

שאול בן יהודה, אבי גולדשטיין, סמדר אידלין-הררי, ענת זאדה, בני אשכנזי, עקיבא יעיר, שירי גל, ג'ון ביירס.

תוכן עניינים

תקציר	2
רקע	4 - 3
מטרות	4
הצבת מערך התצפיות	9 - 4
תוצאות	24 - 9
דיון מסכם	28 - 25
נספח	29
הבעת תודה	29
רשימת ספרות	30

תקציר

במחקר שנערך בשנת 2014, כהמשך למחקרים קודמים, נבחנה ההיתכנות לניטור ולהדברה של חיפושית הקליפה של השקד במטעים נשירים באמצעות מלכודות ללכידה המונית. התצפיות נערכו בשלושה אזורי גידול נשירים: ראש פינה, מושבות השומרון וכפר עציון. מלכודות 'כוכב' טעונות בנדיפיות משופרות של פרומון ההתקהלות של החיפושיות הוצבו בצפיפויות שונות ושימשו ללכידה ההמונית. מלכודות משפך שטוח עם הפרומון שהוזכר שימשו לניטור אוכלוסיות הבוגרים בחלקות הטיפול והביקורת. במקביל התבצע ניטור ויזואלי של הנזק מחיפושית הקליפה בענפונים ובענפים. במהלך המחקר נרשמו ונלמדו דפוסי הלכידה העונתיים והופעת הנזק. הממצאים מצביעים באופן ברור על האפשרות להשתמש במלכודות ללכידה המונית ככלי יעיל לניטור ולהפחתת אוכלוסיות הבוגרים של חיפושיות הקליפה ונזקיהן.

הקשר הברור, שנמצא בין דפוסי הלכידה העונתית של החיפושיות במלכודות הניטור ובין אלו שבמלכודות הכוכב, וכן הקשר בין רמות הלכידה לרמות הנזק בחלקות הביקורת, מחזק את האפשרות לניטור אוכלוסיות חיפושית הקליפה של השקד באמצעות מלכודות פרומון, ובהתאם לכך, גם להערכת מועדי הנזק הצפויים להתקבל.

הלכידה הרבה ביותר התקבלה לרוב במלכודות הכוכב ללכידה המונית ובמלכודות הניטור של חלקות הביקורת בלבד. הלכידה היומית הממוצעת במלכודות הניטור בטיפולים הייתה נמוכה יותר באופן משמעותי ומתונה יותר מזו שהייתה בביקורות.

במרבית החלקות נמצאה התאמה רבה גם בין מגמות הלכידה העונתית לבין הופעת הנזקים העיקריים (באביב, בשלהי הקיץ ובסתיו).

שיעורי הנזק שהסבו חיפושיות הקליפה לענפונים ולענפים במרבית החלקות שטופלו במלכודות כוכב ללכידה המונית, היו נמוכים במידה ניכרת מאלה שנצפו בחלקות הביקורת.

בניסויים מוקדמים נמצא כי מרבית החיפושיות נמשכו למקור הפרומון שהיה בגובה של 1.8-1.0 מטר. רדיוס המשיכה האפקטיבי (EAR - Effective attraction radius) המחושב של מלכודת הכוכב הוא בין 3.35 ל-4.98 מטרים.

בדיון המסכם נדונים נושאים בעלי חשיבות רבה להמשך פיתוח ממשק לניטור ולהדברה של חיפושית הקליפה באמצעות לכידה המונית, כגון צפיפות המלכודות ללכידה המונית, יישום נכון ואפשרויות השימוש בתצלומי לוויין לניטור מצב בריאות העצים ככלי לקבלת החלטות בממשק ההדברה.

בעקבות ממצאי מחקר זה, הוטמע בשנת 2015 מערך ניטור אזורי של חיפושית הקליפה בקנה מידה נרחב (1000 דונם) באזור ראש פינה, והודות לו נחסכו במקום מרבית ריסוסי ההדברה נגד חיפושית הקליפה.

שימוש מושכל במלכודות ללכידה המונית של חיפושית הקליפה של השקד עשוי לספק אמצעי נוסף ידידותי לסביבה בממשקי ההדברה המשולבת, שבאמצעותו ניתן להפחית באופן משמעותי את הריסוסים כנגד החיפושיות ואת נזקיהן במטע.

רקע

חיפושית הקליפה של השקד (*Scolytus amygdali*) מוגדרת כמזיק חמור ומשמעותי במטע הנשיר, בעיקר במטעי גלעין, אך גם במטעי גרעיניים בכל אזורי הגידול בארץ. אוכלוסיית החיפושית נוברת בפקעי הצימוח ובפרי בעת 'הזנת הבגרות'. קטילה של ענפים, של בדים מרכזיים ואף של העץ כולו, מתרחשת בעת התקהלותן של החיפושיות על עצים חלשים במטע וחדירתן אליהם. חיפושית הקליפה פעילה במשך כל העונה החמה (מרס-דצמבר), היא בעלת כושר ריבוי רב ונעה במהירות ובפתאומיות בין בתי הגידול. למניעת נזקי החיפושית, ניתנים במטעים רבים כ-2-3 ריסוסים בתכשירים כימיים סינטטיים ובלתי בררניים, בעיקר מקבוצות הפיריתרואידים והניאוניקוטנואידים (שהחליפו את הזרחנים האורגניים). להדברה הכימית מגבלות רבות, ולעתים היא גם אינה יעילה די הצורך, בשל הפעילות העונתית הממושכת של בוגרי החיפושית, הקושי שהיה קיים עד כה לחזות בהופעת החיפושיות במטע ואי-היכולת של התכשירים המרוססים לקטול את זחלי החיפושית הניזונים ומתפתחים מתחת לקליפה. בנוסף, קיימת מגמה גוברת לדחיקת השימוש בתכשירי הדברה חריפים ובלתי ברירניים. חיפושית הקליפה של השקד היא מזיק כמותי המסב נזק כלכלי משמעותי רק כאשר אוכלוסיותיו במטע גבוהות (Mendel et al. 1997, בן יהודה, 2005). צמצום משמעותי של אוכלוסיית החיפושית במרחב המטע מתאפשר באמצעות לכידה המונית של המזיק באמצעות מלכודות טעונות בפרומון ההתקהלות של החיפושית. במלכודות נתפסות חיפושיות משני הזוויגים (נקבות וזכרים), מה שעשוי למנוע או לצמצם משמעותית את הנזק הכלכלי. ניטור החיפושיות במטע באמצעות מלכודות פרומון עשוי לשמש כלי חשוב בממשק ההדברה המשולבת של החיפושית. במחקרים שנערכו לפני למעלה מעשור זוהה פרומון ההתקהלות של חיפושית הקליפה של השקד על ידי חלק מצוות המחקר הנוכחי. שני המרכיבים העיקריים של הפרומון הם 4-מתיל-3-הפטנול ו- 4-מתיל-3-הקסנול ביחס 1:2. חומרים אלו משמשים פיתיון יעיל למשיכת הזכרים והנקבות של החיפושית (Zada et al. 2004, Ben-Yehuda et al. 2002, בן יהודה, 2005). בתכנית המשך נוספת (שנערכה בשנים 2007-2009) שופרה הפורמולציה של הפיתיון ע"י שילוב המרכיבים העיקריים עם פולימר גליצרול המקנה לו משך פעילות של 8 שבועות לפחות (מנדל וחובריו, 2009, בן יהודה וחובריו, 2009, בן יהודה וחובריו, 2014).

בנוסף, בדקו לאחרונה חלק משותפי המחקר הנוכחי גם צורות שונות של מלכודות לבחינת הלכידה המרבית (בן יהודה וחובריו, 2009, מנדל וחובריו, 2009). נמצא כי מלכודת בעלת מבנה 'כוכב', המורכבת משלוש מלכודות משפך שטוח בשילוב הפיתיון המשופר (להלן מתקני לכידה), היא היעילה ביותר ללכידה המונית של החיפושיות. להמשך המחקרים נבחרה לשמש מלכודת כוכב מסוג Witasek מתוצרת אוסטריה (תמונה 1), שהייתה היעילה והזולה ביותר (בהשוואה למלכודת כוכב מתוצרת ישראל, שיוצרה בעבר במיוחד לצורך המחקר הנ"ל).

במיזם מוקדם בשנים 2012-2013 התבצעו תצפיות במטעי גלעין בכמה אזורים בארץ במטרה לבחון לראשונה את ההיתכנות להדברת חיפושית הקליפה של השקד ולצמצום נזקיה באמצעות לכידה המונית במלכודות כוכב הטעונות בפיתיון התקהלות, כאמצעי הדברה ידידותי לסביבה (בן יהודה וחובריו, 2014). בחלק מאתרי המיזם נמצא שמלכודות ללכידה המונית בצפיפות 'גבוהה' (מלכודת לכל חמישה דונמים) הביאו להפחתת שיעורי הנזק מהחיפושית אף ללא תוספת ריסוסי הדברה. עם זאת, בחלקות בודדות לא נמנעו נזקים גם בטיפול הצפוף בהשוואה לביקורת. בנוסף, נמצא שמלכודות משפך שטוח לניטור עשויות לשמש כלי יעיל בניטור החיפושית ולהשתלב כבר כעת בממשק הכולל להדברתה במטע. יתר על כן, הושג שיפור ניכר בחומר שממנו עשויים מכלי האיסוף של המלכודות, והדבר מנע את

התבלותן המהירה. הממצאים שהתקבלו עד המחקר הנוכחי, הצביעו על האפשרות להשתמש במלכודות ללכידה המונית ככלי ידידותי לסביבה להדברה ולהפחתת הנזק, אך עדיין נדרשו תצפיות וניסויים נוספים לאישוש הנחה זו, ואותם העמדנו במחקר הנוכחי (2014), לצד ניסויים שיועדו לקביעת טווחי הלכידה האפקטיביים של המלכודות ואופן הצבתן במטע.

מטרות

1. ביסוס ממצאים מוקדמים המצביעים על היתכנות ניטור אוכלוסיות של בוגרי חיפושית הקליפה במלכודת פרומון, ובחינת הקשר שבין לכידה המונית במלכודות כוכב לבין הלכידה במלכודות ניטור מטיפוס משפך שטוח.

2. ביסוס ממצאים מוקדמים המצביעים על היתכנות של הדברת חיפושית הקליפה של השקד באמצעות לכידה המונית שלהן.

3. עריכת ניסויים מוקדמים לבחינת טווחי המשיכה האפקטיביים של מלכודות הפרומון ללכידה המונית (מלכודות כוכב) וגובה הלכידה המירבית.

המטרה הראשונה והמטרה השנייה ניתנות להשגה באמצעות השוואה של שלושה מדדים: א. הנזקים שנגרמו מחיפושית הקליפה בחלקות המטופלות במלכודות ללכידה המונית לעומת חלקות ביקורת; ב. השוואת הלכידה והנזק בין חלקות ביקורת ובין חלקות טיפול במלכודות ללכידה המונית בצפיפויות שונות של מלכודות: 'צפיפות נמוכה' (מלכודת כוכב אחת לכל 10 דונם), צפיפות 'גבוהה' (מלכודת לכל 5 דונמים) וצפיפות 'גבוהה מאוד' (מלכודת לכל 2.5 דונמים); ג. השוואת מספר הריסוסים שנדרשו להדברת החיפושית בחלקות המטופלות במלכודות, לעומת חלקות ביקורת ללא מלכודות.

המטרה השלישית ניתנת להשגה באמצעות ניסויים שבהם יימדדו במרחב המטע רמות הלכידה של מלכודות כוכב טעונות בפיתיון ההתקהלות ובמלכודות כוכב ללא פיתיון, ובאמצעות ניסויים יחודיים לבחינת גובה הלכידה האפקטיבי. ניתוח הממצאים התבצע על פי מודל ותוכנה מיוחדים שפותחו בארה"ב (על ידי ד"ר ג'ון ביירס, אוניברסיטת קולורדו, ארה"ב), לבחינת טווחי המשיכה האפקטיביים של מלכודות פרומון של מיני חיפושיות קליפה אחרים ביער.

הצבת מערך התצפיות, איסוף הנתונים וניתוחם

בשנת 2014 נערכו תצפיות במטעי גלעין בשלושה אזורים בארץ: במושבות השומרון (משמש), בראש פינה (שזיף ומשמש) ובכפר עציון (גודגדן). בכל התצפיות התבצע ניטור של בוגרי חיפושית הקליפה של השקד והוערכו הנזקים על ידי פקחים מקצועיים ובעלי ניסיון, שביצעו את העבודה באזורים השונים, וכן במחקר מוקדם שנערך בשנים 2012-2013. ניהול וביצוע המיזם בפועל היה באחריות המגדלים עצמם, בדומה לשנים קודמות.

בחלקות הטיפול הוצבו מלכודות 'כוכב' מסוג Witasek (תוצרת אוסטריה) ללכידה המונית של חיפושית הקליפה של השקד (תמונה מס' 1 א'-ב'). לניטור חיפושיות בוגרות בחלקות המטופלות ובחלקות הביקורת שימשו מלכודות בודדות של משפך שטוח מתוצרת אוסטריה (תמונה 1 ג'), המשמש גם לפיקוח השגרתי של הפקחים בכל אזור שהוזכר.

תמונה 1 א'-ג'. מלכודות 'כוכב' ללכידה המונית של חיפושיות הקליפה של השקד ומלכודת משפך שטוח (למטה) לניטור מתוצרת Witasek אוסטריה.

לכל מלכודת כוכב הוכנסו 3 נדיפיות 'משופרות' של פרומון ההתקהלות של חיפושית הקליפה של השקד (אחת לכל לוח משפך שטוח). במלכודות לניטור הוכנסה נדיפית אחת באותו מינון של פרומון. הנדיפיות בכל המלכודות הוחלפו בנדיפיות טריות אחת לשמונה שבועות.

לפיתיונות במלכודות שימשו הנדיפיות 'המשופרות', שנמצאו כמצטיינות ביותר בסדרת ניסויים קודמת (מנדל וחובריו, 2009). נדיפיות אלה הוכנו במעבדה לכימיה במינהל המחקר החקלאי בבית דגן, בהתאם לפרוטוקולים שנכתבו בעקבות עבודות קודמות. הנדיפיות היו מסוג Just Plastic (תוצרת אנגליה), ואליהן הוכנסו מרכיבי הפיתיון. מרכיבי הנדיפית (פרומונים, מדיום המסה ונדיפית פלסטיק) נרכשו מחברות כימיקלים ומיצרני נדיפיות בחו"ל. כמו כן, התבצעה סינתזה של אחד ממרכיבי פרומון ההתקהלות (4-מתיל-3-הקסנול), שאינו משווק באופן מסחרי. הפיתיונות נטענו ב- 1mg 4-Me-3-1 + 2mg 4-Me-3-heptanol hexanol מומסים בפולימר PEG400, אשר היוו את טיפוס הנדיפית שהצטיין בסדרת הבדיקות הקודמת (מנדל וחובריו, 2009).

<u>הערכות צפיפות האוכלוסיה של חיפושיות בוגרות</u> כללו ספירות של חיפושיות במלכודות אחת לשבועיים (רישום הלכידה במלכודות הכוכב היה סכום הלכידה משלוש צלעות המלכודת). הערכות כנ"ל התבצעו בכל האזורים ובכל חלקות התצפית.

<u>הערכת הנזק בחלקה</u> התבצעה אחת לשבועיים (במקביל לניטור הבוגרים במלכודות), על פי סימני נזק אופייניים לחיפושית הקליפה בענפים דקים ובבדים עבים, המתבטאים בפקעים שניזוקו (אכולים או מיובשים), בניסיונות נבירה, בהפרשות גומי במקומות הנבירה (או לאחר ניסיונות חדירה שנכשלו) ובחורי חדירה ברורים בענפים בקוטר של כשני ס"מ ומעלה. בכל מועד הערכה נדגמו 10 עצים באקראי מכל טיפול (לכידה המונית וביקורת), ובכל עץ נספרו 10 ענפונים ו-10 ענפים, שלפיהם חושבו ונרשמו ממוצעי נזקי החיפושיות. **הנזק בענפונים** נמדד בשני אופנים: א. אחוז הענפונים שבהם אותר נזק בפקעים; ב. חומרת הנגיעות בענפונים - אחוז פקעים נגועים לענפון בממוצע. **הנזק בענפים** נמדד בשני אופנים: א. אחוז הענפים שבענפונים שלהם אותר נזק; ב. חומרת הנגיעות בענפים – אחוז הענפונים הנגועים בענף במוצע.

<u>ניתוח הממצאים</u> התבצע בתכנת אקסל ובתכנת JMP במבחן t ובמבחן ANOVA באמצעות פונקציית Fit Y by X ובמבחן וילקוקסון.

<u>הצגת הממצאים</u> נעשתה במערכת אגריטסק (AgriTask).

<u>הפקת מפות צימוח (ביומאסה) באמצעות פענוח צילומי לוויין</u> התבצעה באופן ראשוני לצורך בחינת האפשרויות לחיזוי מצב בריאות העצים בחלקות שבהן נערכו התצפיות במהלך שנת 2014. המפות התקבלו באדיבות חברת 'אגם חקלאות מתקדמת' (איורים 8-10), והן מבוססות על עיבוד צילומי לוויין לאינדקס צימוח (NDVI). באמצעות המפות ניתן לאבחן את שונות הצימוח בין העצים בתוך החלקות. ברירת המחדל לרזולוציה המרחבית במטע היא 30 מגה פיקסלים. תמונות החלקות לקוחות מ"שירות הענן" של חברת ESRI. הבדלי הצבעים הנראים במפות מתקבלים לאחר פענוח ההבדלים בעוצמות הקרינה הנפלטות מהעצים, ומייצגים הבדלים מובהקים סטטיסטית בביומאסה.

<u>הערכת מצב הסניטציה</u> - בנוסף להערכות הנזק, נרשמו בתחילת השנה ובסופה רמות הסניטציה בחלקות המטע במיזם ובחלקות או בשטחים הסמוכים לחלקות הללו, על פי שלוש רמות: רמה 1 – סניטציה טובה, כלומר 0-5 ענפים יבשים לדונם; רמה 2 - סניטציה בינונית, כלומר 6-20 ענפים יבשים לדונם; רמה 3 - סניטציה גרועה, כלומר מעל 21 ענפים יבשים לדונם.

<u>ממשק ההדברה</u> - בחלקות המטופלות במתקני הלכידה ההמונית ובחלקות הביקורת התבצע ממשק הדברה משולבת של כלל המזיקים, כדי להימנע ככל הניתן משימוש בתכשירים חריפים להדברה העלולים לשבש את הערכת יעילות טיפולי הלכידה ההמונית, בהשוואה לחלקות שאינן מטופלות במלכודות ללכידה המונית. בחלקות שבהן אותרה אוכלוסייה גבוהה של החיפושית והתגלו נזקים משמעותיים, ניתנו במקרה הצורך בלבד טיפולי הדברה, כדי לצמצם ככל הניתן נזק משמעותי למגדלים.

<u>פעולות סניטציה</u> - התבצעו פעולות לשמירת רמה אחידה של סניטציה בחלקות התצפית ומסביב להן כחלק מממשק ההדברה ולצורך צמצום השונות.

<u>בחינה מוקדמת של 'רדיוס הלכידה האפקטיבי' (Effective attraction radius - EAR) של מלכודת הכוכב:</u>

התבצעו שני ניסויים שהתבססו על מודל שפיתח ד"ר ג'ון ביירס, המאפשר לקבוע טווחי לכידה אפקטיביים של חיפושיות קליפה ומיני חרקים נוספים באמצעות מתקני לכידה עם פרומונים (Bayrs, J. 2009):

1. בניסוי הראשון הוצבו בשטח מטע גדול (חלקת המשמש של קרניאל) של כ-50 דונם 8 מלכודות כוכב. ארבע מלכודות נטענו בנדיפיות שהכילו פרומון התקהלות של חיפושית הקליפה, וארבע מלכודות ללא פרומון שימשו לביקורת. בנוסף הוצבו שלוש מלכודות משפך שטוח. אחת לשבוע נקראו המלכודות ונרשמו החיפושיות שנלכדו.

2. בניסוי השני, שמטרתו הייתה לבחון את הגובה האפקטיבי ללכידת מרבית החיפושיות, הוכנו באופן מיוחד מתקני לכידה שכללו עמודי ברזל בגובה של ארבעה מטרים, ועליהם ווים בגבהים שונים (0.8, 1.6, 2.4 3.2 ו-4.0 מטרים מעל פני הקרקע). על הווים נתלו דליים הטעונים בפרומון ההתקהלות של החיפושיות (תמונה מספר 2 א'-ג'). הדליים נמרחו בדבק מכל צדדיהם. מדי שבוע נספרו חיפושיות הקליפה שנלכדו בגבהים השונים. בכל מועד ספירה זוהו ונרשמו כל החיפושיות שנלכדו בדבק, ולאחר מכן הוסרו.

ניתוח הממצאים המוקדמים בשני הניסויים התבצע ע"י ד"ר ג. ביירס, על פי פרוצדורה ותכנה מיוחדת שפותחה על ידו (Bayrs, J. 2009).

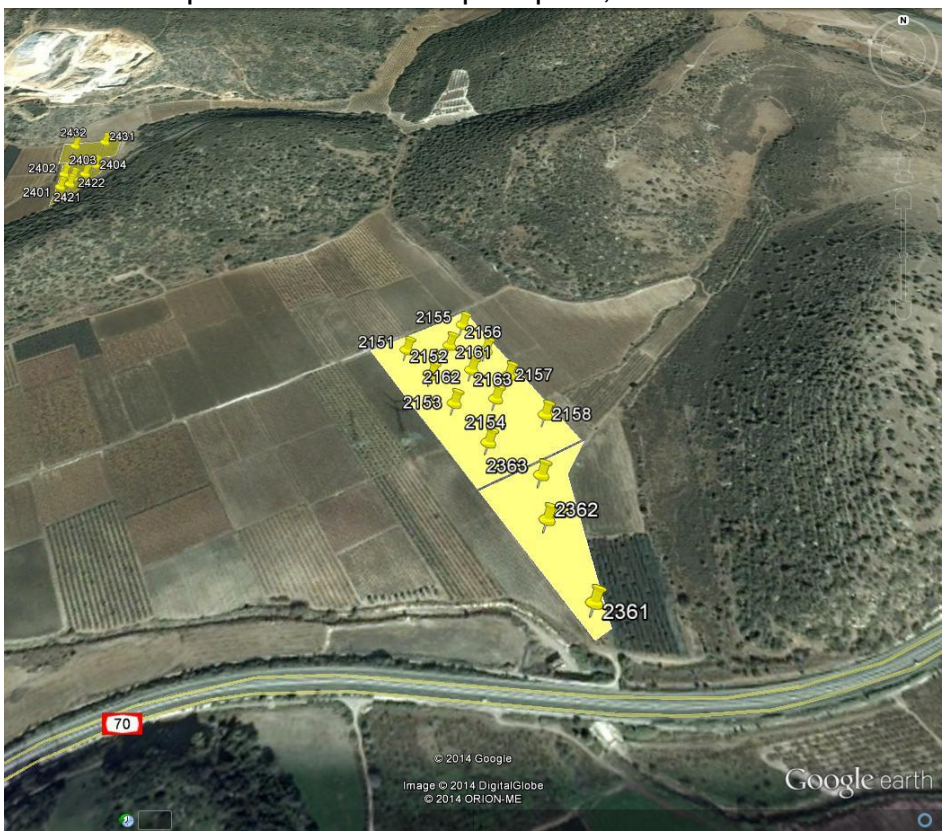
תמונה 2 א'-ג'. אחת מהמלכודות שיוצרו במיוחד לניסוי לבחינת גובה הלכידה המרבית (מימין ובמרכז), ולצדה (משמאל) מלכודת כוכב סטנדרטית (תוצרת Witasek, אוסטריה), ששימשה לבחינת רדיוס הלכידה האפקטיבי

<u>הצבת תצפיות לבחינת יעילות הלכידה ההמונית במושבות השומרון (2014)</u>

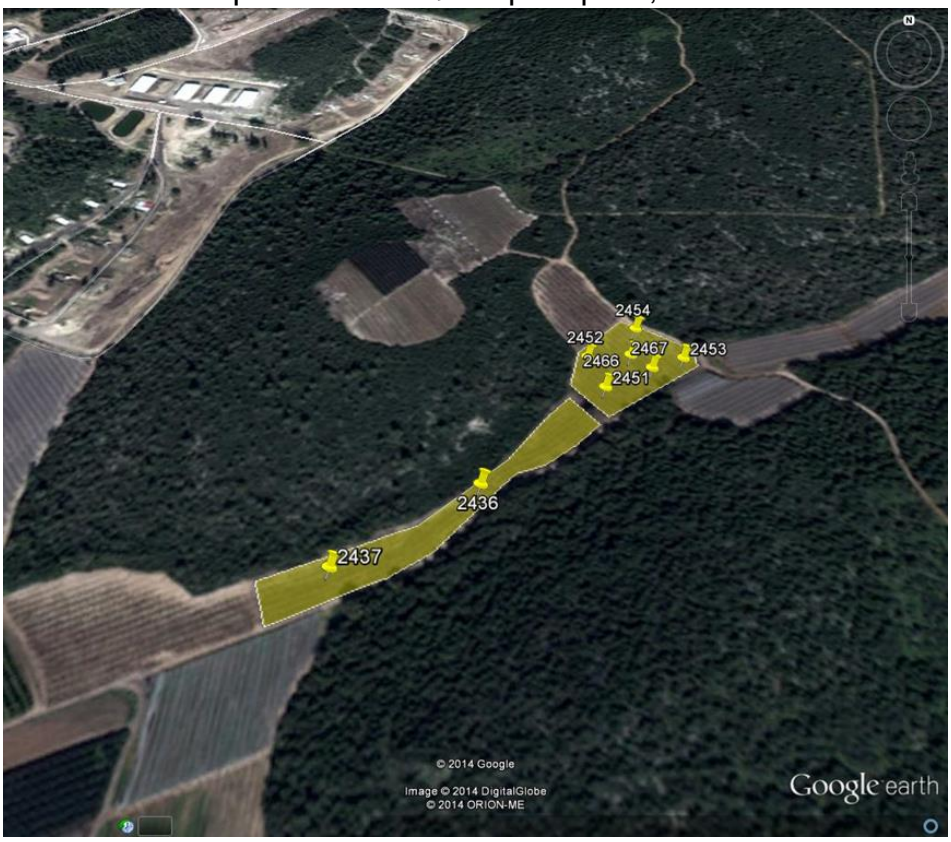
התצפיות נערכו בשלוש חלקות משמש מבוגרות (בנות 10-15 שנה) מהזן רעננה.**<u>תצפית א'</u>** כללה חלקת משמש גדולה בשפייה, ששטחה הכולל 50 דונם. בחלקת הטיפול, בשטח של 40 דונם, הוצבו מלכודות כוכב ללכידה המונית בצפיפות 'גבוהה' של מלכודת אחת לכל חמישה דונמים. לצד חלקת הטיפול מוקמה חלקת הביקורת בשטח של 10 דונם, ובה לא הוצבו מלכודות ללכידה המונית. בשתי החלקות נתלו מלכודות משפך שטוח לצורך ניטור בלבד (תמונה מספר 3). **<u>תצפית ב'</u>** כללה חלקת משמש (ארוכה וצרה) שגודלה כ-15 דונם, בסמוך ליער באזור ה'ברייקי'. ב-10 דונמים מהחלקה הוצבו מלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה מאוד' - מלכודת לכל 2.5 דונם. ב-5 דונמים נוספים הייתה חלקת הביקורת. בחלקה כולה הוצבו גם מלכודות משפך שטוח לניטור בלבד (תמונה מספר 4). **<u>תצפית ג'</u>** כללה חלקת משמש בשפייה שגודלה כ-12 דונם. בחלקת הטיפול הוצבו מלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה

מאוד' - מלכודת לכל 2.5 דונם. בחלקת הביקורת לא הוצבו מלכודות. בשתי החלקות נתלו מלכודות לניטור (תמונה מספר 5).

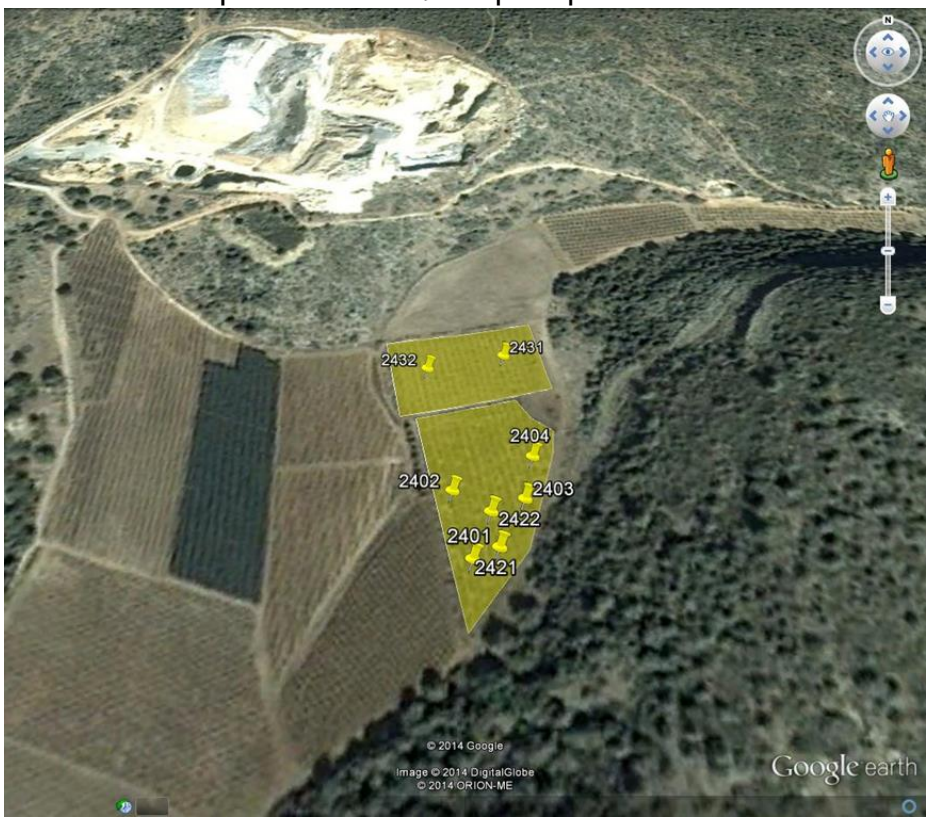
תמונה 3. חלקות תצפית א' בשפייה (2014); חלקה מטופלת במלכודות כוכב בצפיפות של מלכודת אחת לכל 5 דונמים, וחלקת ביקורת עם מלכודות משפך שטוח לניטור.



תמונה 4. חלקת תצפית ב' - משמש באזור ה'ברייקי' (2014); טיפול בצפיפות 'גבוהה מאוד', מלכודת לכל 2.5 דונמים, וחלקת ביקורת עם מלכודות משפך שטוח לניטור.



תמונה 5. חלקות תצפית ג' שפייה (2014); טיפול במלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה מאוד', מלכודת לכל 2.5 דונמים וחלקת ביקורת עם מלכודות משפך שטוח לניטור.

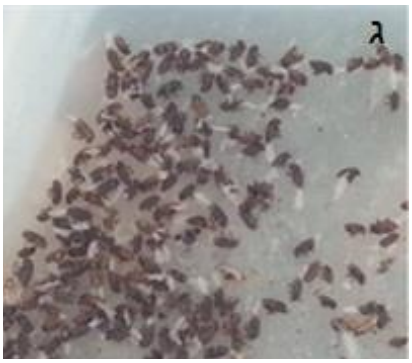


תוצאות

תמונות 6 א'-ה. חיפושית הקליפה של השקד ולכידה המונית של בוגרים (נקבות וזכרים) במכלי האיסוף של מלכודות פרומון ההתקהלות ('כוכב' או משפך שטוח).

זכר

נקבה (ללא שערות במצח)

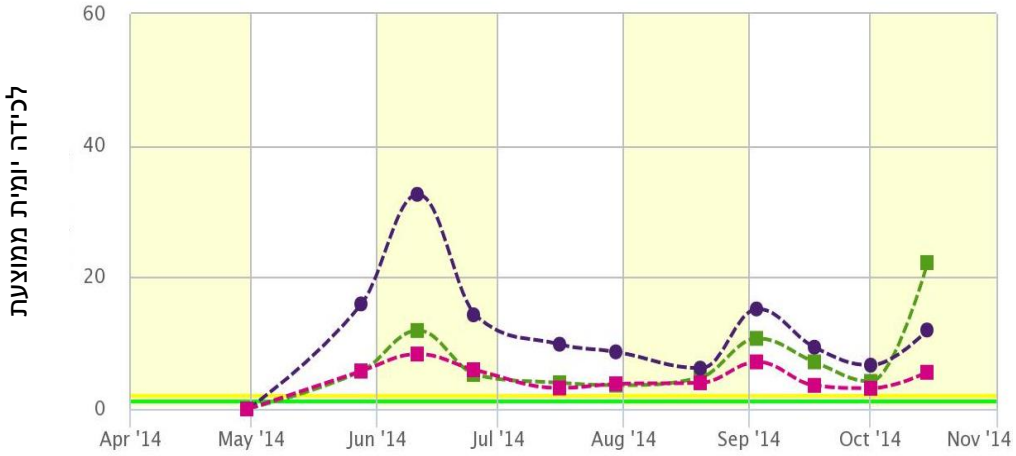


התצפיות במושבות השומרון

תצפית א' – מטע א' - משמש בשפייה

באיור 1 שלהלן מוצגת השוואה של מגמות הלכידה של חיפושיות הקליפה במהלך העונה (2014) בטיפול במלכודות כוכב (בצפיפות 5:1) ובמלכודות הניטור שבטיפול ובביקורת.

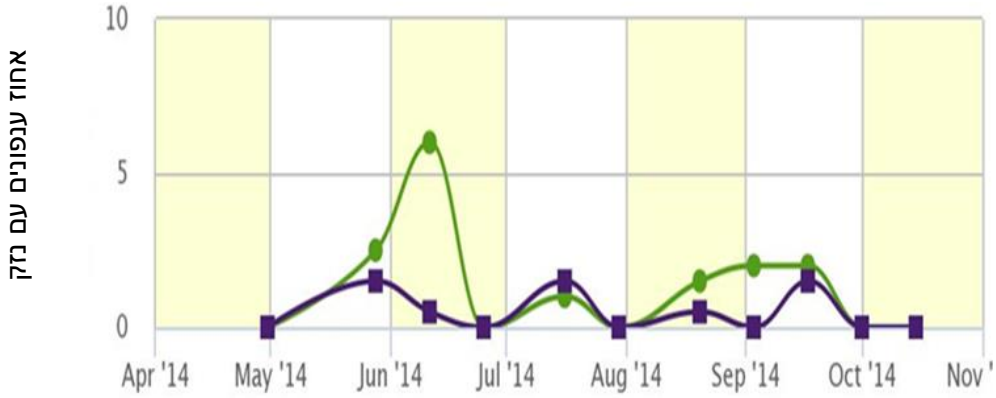
דפוסי הלכידה במלכודות הכוכב ללכידה המונית ובמלכודות לניטור (משפך שטוח) במהלך כל העונה היו דומים מאוד, והתבטאו בשלושה שיאי תעופה ברורים - בסוף יוני, באמצע ספטמבר ובסוף אוקטובר (איור 1). דמיון רב בדפוסי הלכידה נראה גם במלכודות הניטור בחלקת הטיפול ובחלקת הביקורת. רמות הלכידה הממוצעות במלכודות הכוכב (המיועדות ללכידה המונית) היו גבוהות במידה ניכרת בהשוואה ללכידה במלכודות הניטור. הלכידה במלכודות הניטור בטיפול הייתה נמוכה יותר במידה מסוימת ומתונה יותר מזו שבביקורת, בעיקר בשיאי הלכידה ('פיקים'), ונבעה כנראה מהשפעת הלכידה ההמונית והקטנת צפיפות אוכלוסיית החיפושיות בשטח המטופל. ביסוס להנחה זו מקבל משנה תוקף עם הצגת הניתוח הסטטיסטי באיור 3 א'-ב'.



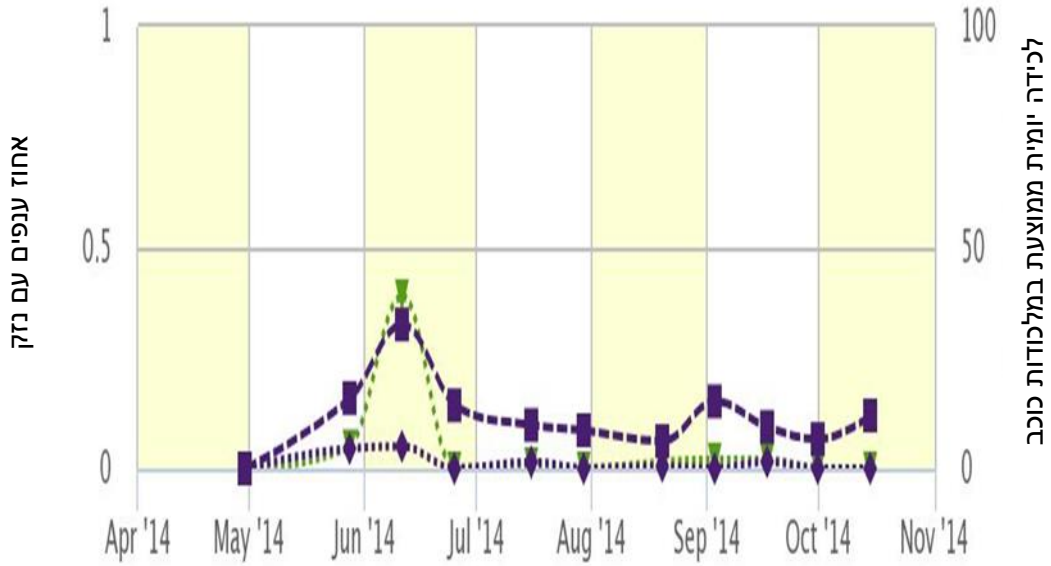
איור 1 - השוואת מגמת הלכידות של חיפושיות קליפה בטיפולים השונים במטע משמש; תצפית א', שפייה (2014)
מקרא: סגול - לכידה יומית ממוצעת במלכודות כוכב בחלקת הטיפול (5:1); ירוק - לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בביקורת; ורוד - לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בחלקת הטיפול.

איורים 2 ו-3 מציגים את שיעורי הנזק מחיפושיות הקליפה בענפונים ובענפים בין החלקה שטופלה במלכודות כוכב ללכידה המונית לבין חלקת הביקורת, ולכידה יומית ממוצעת של חיפושיות במלכודות הכוכב (תצפית א', שפייה, 2014).

שיעור הענפונים ושיעור הענפים שניזוקו בחלקת הטיפול ללכידה המונית היו במרבית מועדי הדגימות נמוכים באופן ניכר מאלו שבביקורת (איורים 2 ו-3). מגמה זו בלטה ביחס לענפונים בעיקר בסוף האביב (יוני) ובתחילת הסתיו (ספטמבר). שיעורי הנזק בענפים היו נמוכים בהשוואה לאלו שבענפונים ונצפו בעיקר במחצית השנייה של יוני, שבה נרשמה הלכידה הרבה ביותר של חיפושיות במלכודות הכוכב בטיפול (איור 3). בהמשך העונה, עד סופה, שיעורי הענפים שניזוקו, היו נמוכים למדי, ולא היה הבדל משמעותי בין שני הטיפולים, למרות העלייה המסוימת באוכלוסיית הבוגרים שנלכדו בסתיו.

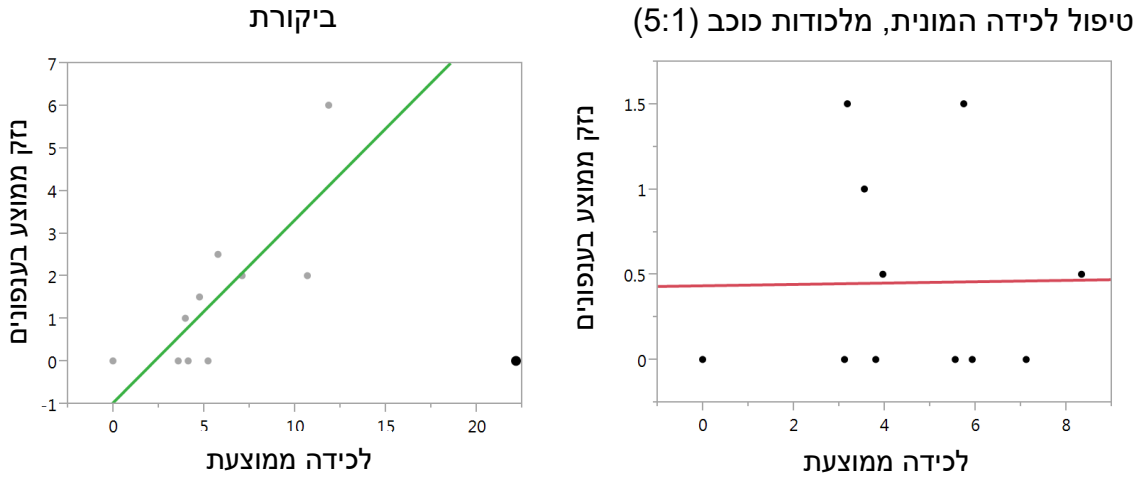


איור 2. השוואת אחוז הענפונים שניזוקו מחיפושית הקליפה בין חלקה המטופלת במלכודות כוכב לבין חלקת הביקורת (תצפית א' - משמש, שפייה, 2014).
מקרא: ירוק - אחוז ענפונים עם נזק בביקורת; סגול - אחוז ענפונים עם נזק בטיפול.



איור 3 - השוואת אחוז הענפים שניזוקו מחיפושית הקליפה בין החלקה המטופלת במלכודות כוכב לבין חלקת הביקורת (תצפית א', שפייה, 2014).
מקרא: ירוק - אחוז ענפים עם נזק בביקורת; סגול מעוין - אחוז ענפים עם נזק בטיפול; סגול מלבן - לכידות יומיות ממוצעות של חיפושיות במלכודות כוכב.

איור 4 א'-ב' ואיור 5 א'-ב' מציגים את הקשר בין ממוצעי הלכידות במלכודות ניטור בביקורת ובטיפול לכידה המונית (5:1), לנזק הממוצע בענפונים ולנזק הממוצע בענפים, בהתאמה (תצפית א', שפייה, 2014).

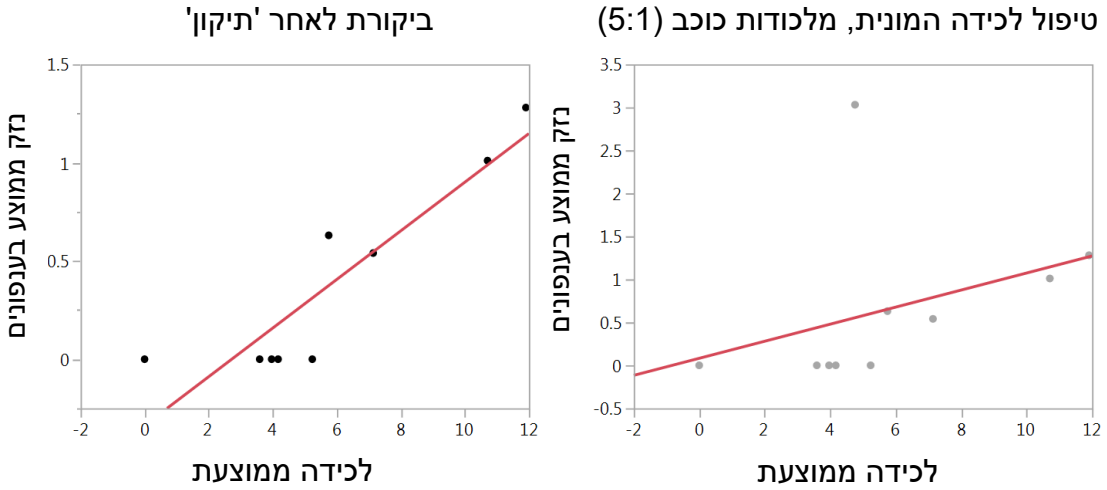


איור 4 א'-ב'. הקשר בין ממוצע לכידות (יומי) במלכודות ניטור בביקורת ובטיפול לכידה המונית (5:1), לנזק בענפונים (תצפית א', שפייה, 2014).

the test: Fit Y by X: Control – good connection (Prob>|t| = 0.0050**);
treatment 1:5 – no connection.

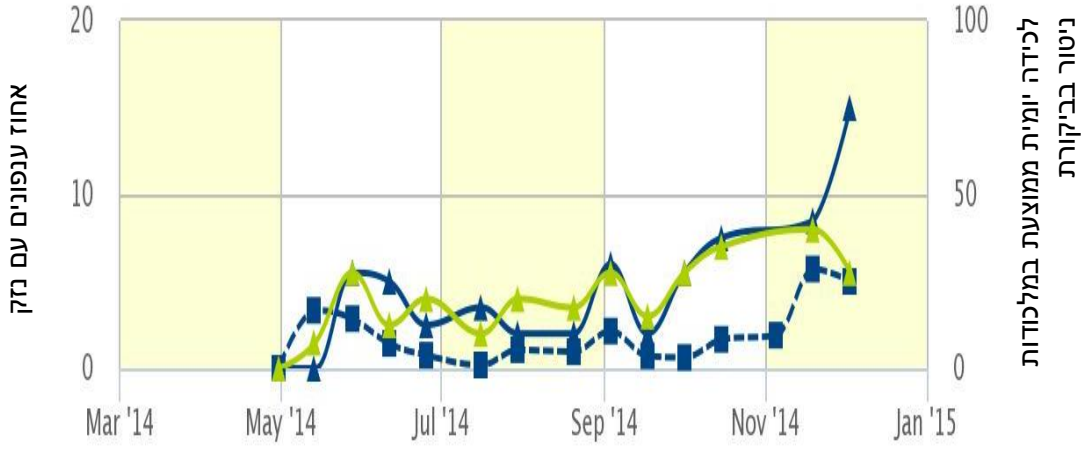
ניתוח הקשרים בין הלכידה במלכודות הניטור בביקורת ובטיפול לבין הנזק בענפונים (איור 4 א'-ב') והנזק בענפים (איור 5 א'-ב') מצביעים על מתאמים טובים בין הלכידה לנזק (בענפונים

ובענפים) בביקורת, לעומת היעדר התאמה בין הלכידה והנזק בטיפול במלכודות כוכב ללכידה המונית (איור 3 א'-ב'). הממצאים מבליטים את ההשפעה הברורה של הלכידה ההמונית על הפחתת הנזק בטיפול לעומת היעדר השפעה כזו בביקורת.



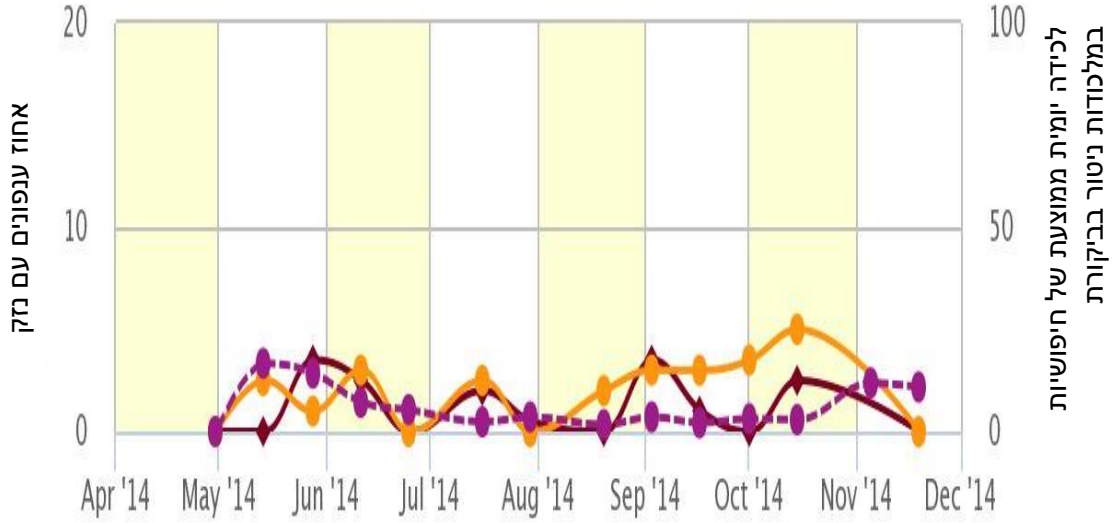
איור 5 א'-ב'. הקשר בין ממוצע לכידות במלכודות ניטור בביקורת ובטיפול לכידה המונית (5:1) לנזק בענפים (תצפית א', שפייה, 2014).

the test: Fit Y by X; Control – good connection (Prob>|t| = 0.0008*) (after exclude 2 rows/dots; treatment 1:5 – no connection (Prob>|t| = 0.3082*).



איור 6. השוואת אחוז הענפונים שניזוקו מחיפושית הקליפה בין החלקה המטופלת במלכודות כוכב לבין חלקת הביקורת (תצפית ב' - משמש, ברייקי, 2014).
מקרא: כחול משולש - אחוז ענפונים עם נזק בביקורת; ירוק - אחוז ענפונים עם נזק בטיפול; כחול מלבן – לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בביקורת.

שיעור הענפונים הנגועים בעצים שהיו בטיפול 'צפוף מאוד' של מלכודות (מלכודת אחת לכל 2.5 דונם) בתצפית ב' בברייקי, היה דומה לזה שבביקורת במהלך כל העונה, פרט לחודש דצמבר, שבו נרשמה נגיעות רבה יותר בביקורת (איור 6).



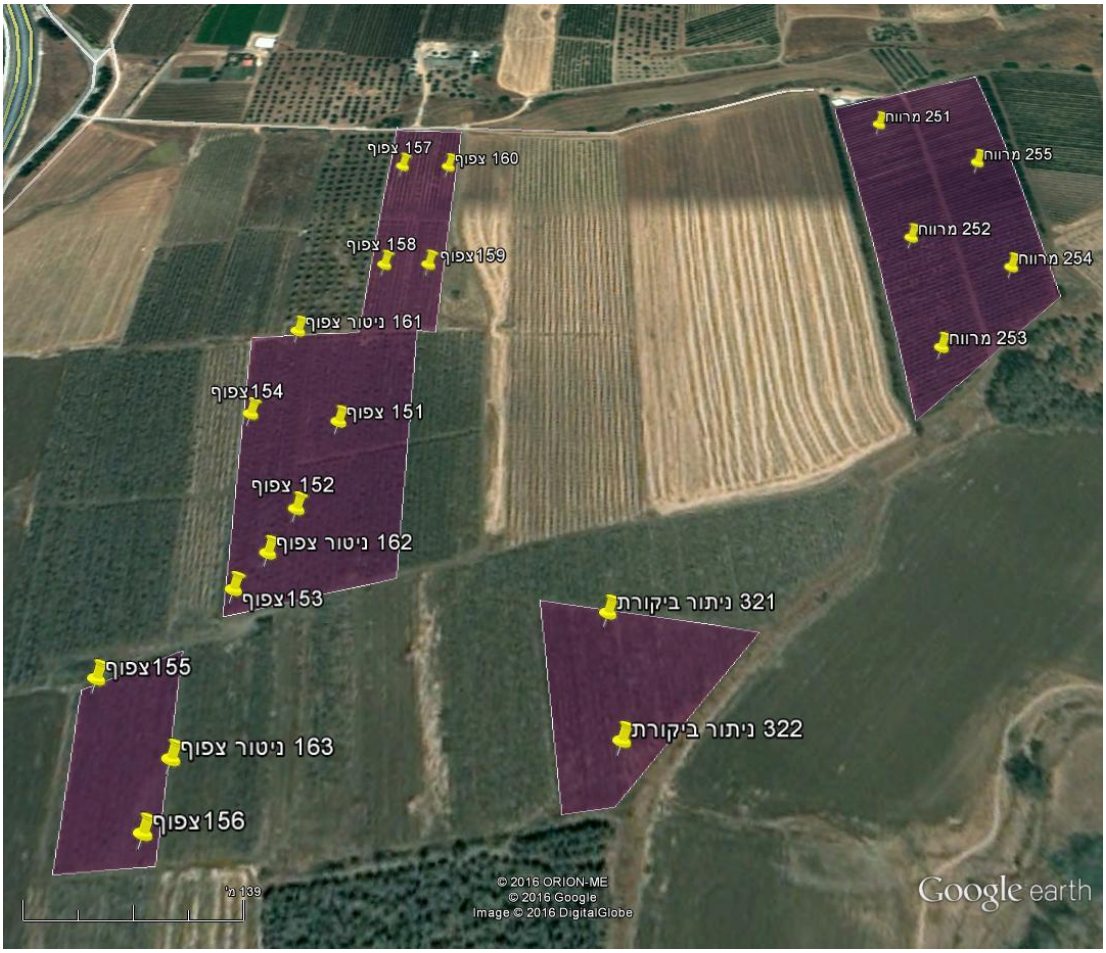
איור 7. השוואת אחוז הענפונים שניזוקו מחיפושית הקליפה בין חלקה המטופלת במלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה מאוד' (מלכודת אחת ל-2.5 דונם) לבין חלקת הביקורת (תצפית ג' - משמש, שפייה, 2014).
מקרא: סגול-חום מעוין - אחוז ענפונים עם נזק בביקורת; ירוק - אחוז ענפונים עם נזק בטיפול; כתום עיגול - אחוז ענפונים עם נזק בטיפול.

בדומה לתוצאות שנרשמו בתצפית ב' (חלקת הברייקי), גם בחלקת תצפית ג' בשפייה היה שיעור הענפונים שניזוקו בטיפול 'צפוף מאוד' של מלכודות (אחת לכל 2.5 דונם) דומה לזה של הביקורת, ובחודשי הסתיו אף עלה במידת מה על הביקורת (איור 7).

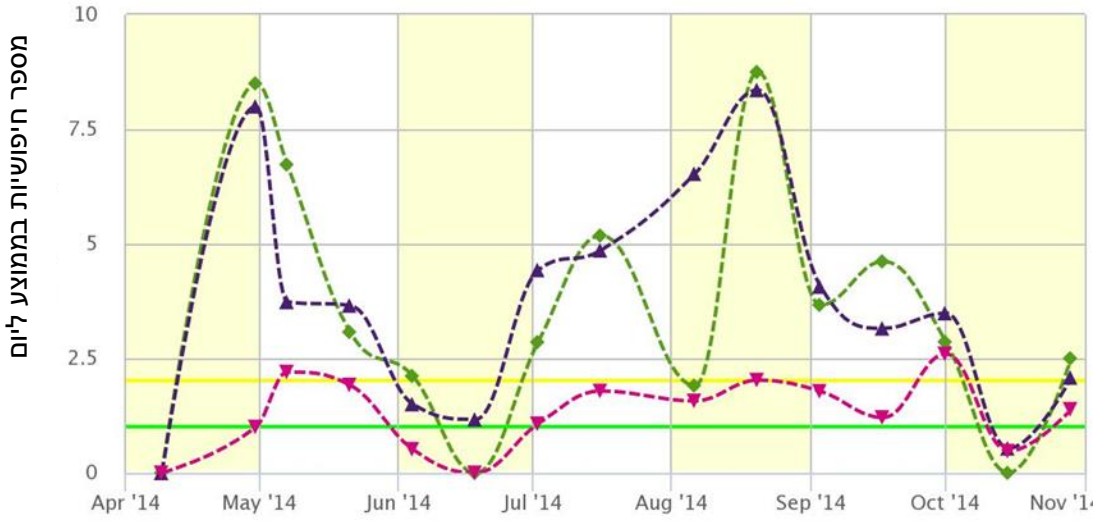
התצפיות בראש פינה (2014)

התצפיות בראש פינה נערכו בשלושה גושים של שזיף על שטח כולל של כ-135 דונם, כלהלן: גוש מטעים בהיקף של כ-50 דונם, שבו הוצבו מלכודות כוכב ללכידה המונית בצפיפות של מלכודת לכל 10 דונם; גוש מטעים על שטח של כ-60 דונם, שבו הוצבו מלכודות כוכב ב'צפיפות גבוהה' של מלכודת לכל 5 דונמים; וגוש מטעים ללא מלכודות כוכב על שטח של כ-25 דונם שיהווה ביקורת (תמונה 7).

תמונה 7. שטחי התצפיות בראש פינה (2014); כל חלקות התצפית היו ממין שזיף.



מגמות הלכידה של חיפושיות הקליפה במלכודות הניטור והלכידה ההמונית מוצגות באיור 8.

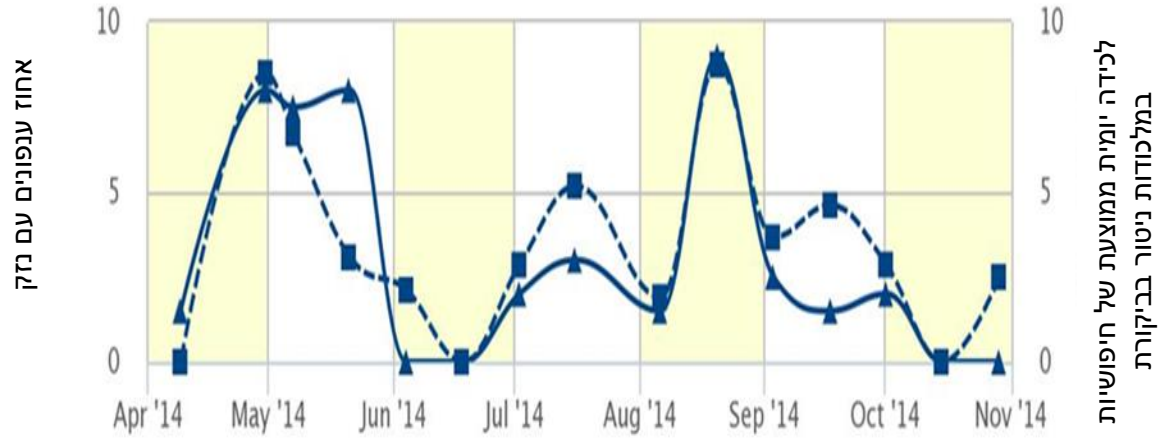


איור 8. השוואת מגמות הלכידה של חיפושיות קליפה בטיפולים שונים בראש פינה (2014) מקרא: ירוק - לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בביקורת; סגול - לכידה יומית ממוצעת במלכודות כוכב בטיפול ללכידה המונית (5:1); ורוד - לכידה יומית ממוצעת במלכודות הניטור בטיפול ללכידה המונית (5:1).

דפוסי הלכידה במלכודות הכוכב ללכידה המונית ובמלכודות (משפך שטוח) לניטור במהלך העונה היו דומים. הלכידה הרבה ביותר בממוצע התקבלה במלכודות הכוכב ללכידה המונית ובמלכודות הניטור של חלקת הביקורת בלבד. הלכידה היומית הממוצעת במלכודות הניטור בטיפול הייתה נמוכה יותר באופן משמעותי ומתונה יותר מזו שבביקורת, ונבעה ככל הנראה מהשפעת הטיפול במלכודות ללכידה המונית. מגמה דומה לזו נרשמה גם בתצפית העיקרית (תצפית א') בשפייה.

הנחה זו מקבלת משנה תוקף עם הצגת ניתוח הקשר בין ממוצעי הלכידות במלכודות הניטור לנזק בכל הטיפולים (איורים 10, 12 ו-14).

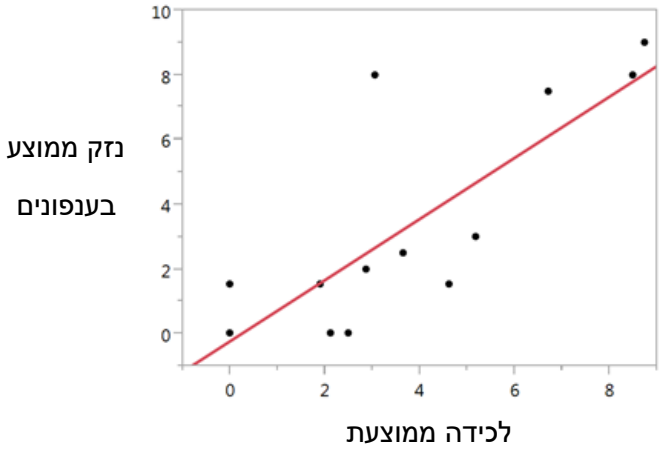
הקשרים בין הלכידה במלכודות ניטור לבין הנזק הנגרם לענפונים בטיפולי הביקורת והלכידה ההמונית בצפיפויות השונות מוצגים באיורים 9-16.



איור 9. מהלך הלכידה במלכודות הניטור והתפתחות הנזק (כלומר אחוז הענפונים הנגועים) בחלקת הביקורת (ראש פינה, 2014).
מקרא: כחול מלבן - לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בביקורת; כחול משולש - אחוז ענפונים עם נזק בביקורת.

בדומה לממצאים במושבות השומרון, גם בתצפית בראש פינה נמצאה התאמה גבוהה בין לכידות החיפושיות לבין הופעת הנזק (איורים 9 ו-10).

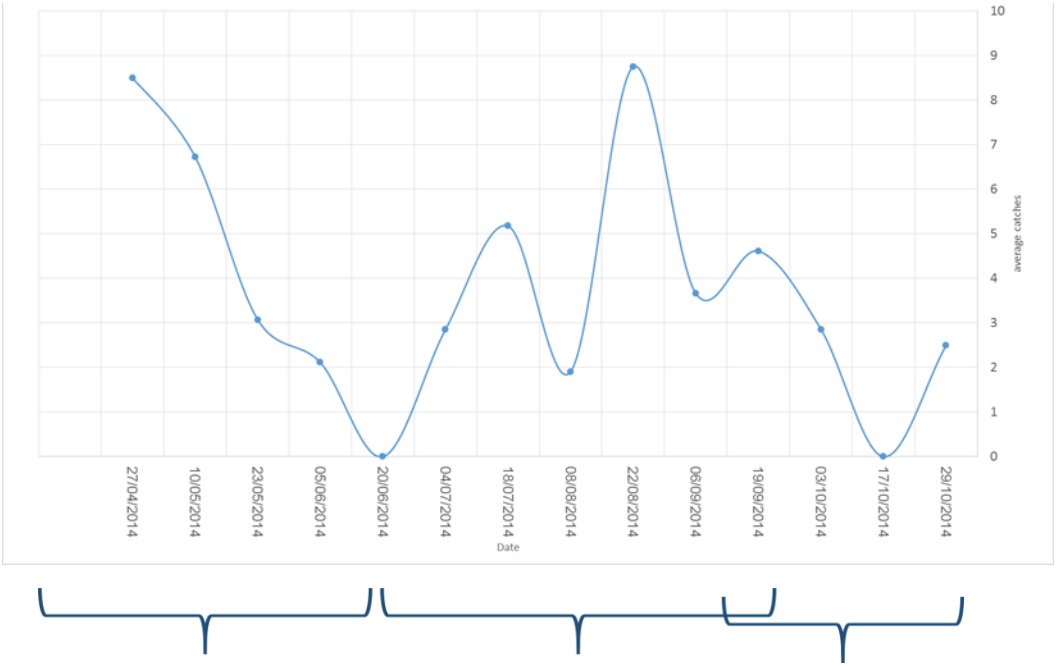
סמוך מאוד ובהתאמה לשיאי הלכידה (אמצע מאי, סוף יולי, סוף אוגוסט וסוף ספטמבר), נרשמו גם שיאי הופעת הנזק בענפונים. עיקר הנזק נרשם בסוף האביב (מאי עד תחילת יוני) ובסוף הקיץ (תחילת ספטמבר) והתבטא במועדי השיא ב-8%-9% ענפונים שניזוקו מהחיפושיות, בהתאמה.



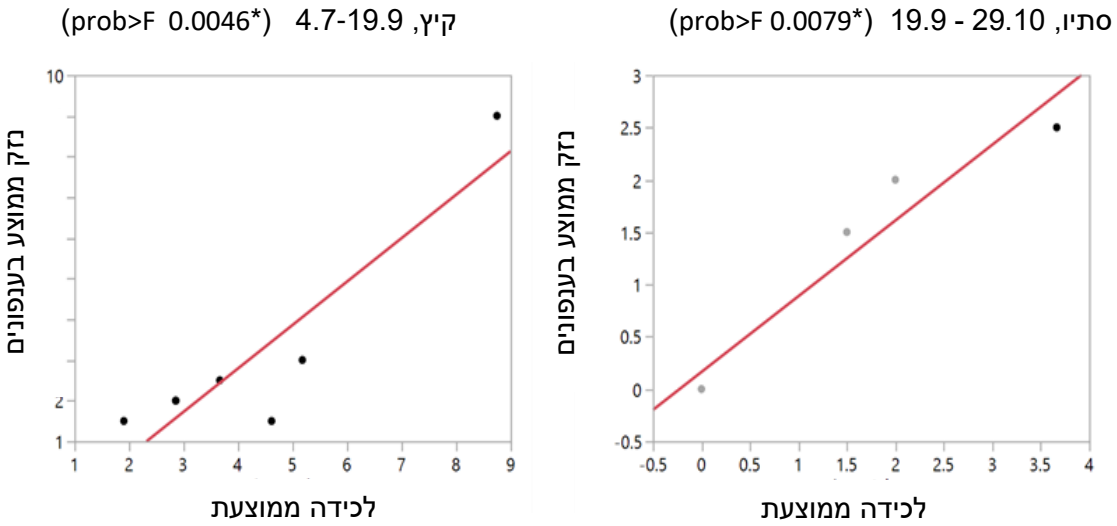
איור 10. הקשר בין ממוצע לכידות במלכודות הניטור לנזק בענפונים בביקורת (ראש פינה, 2014).

The test: Fit Y by X: control, good connection (*Prob>|t| = 0.0003*).

בבחינת הקשר בין הלכידה לנזק בשלוש התקופות שבהן נרשמה עלייה בלכידה במלכודות הניטור, אביב (סוף אפריל עד מחצית מאי), קיץ (מחצית יולי עד סוף אוגוסט) ותחילת הסתיו (מחצית ספטמבר עד מחצית אוקטובר), נמצאה בתקופת הקיץ ובתחילת הסתיו התאמה רבה בין שיאי הלכידה של החיפושיות במלכודות הניטור לבין הימצאות הנזק בענפונים בחלקת הביקורת (איורים 10-12).

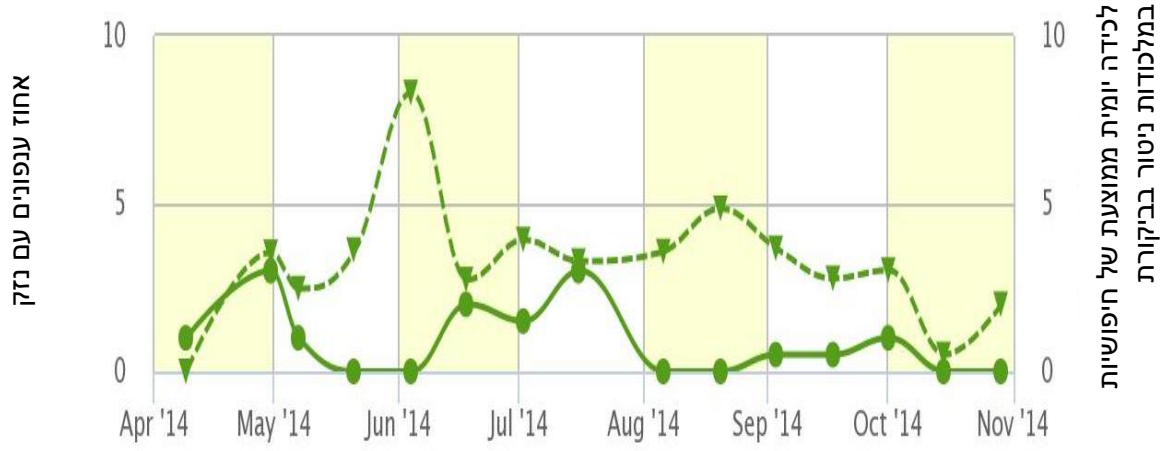


איור 11. ממוצעי לכידות של חיפושיות קליפה במלכודות ניטור בחלקת הביקורת בשלוש התקופות שבהן נרשמה עלייה בלכידה (ראש פינה, 2014).



איור 12. ניתוח הקשר בין לכידות במלכודות ניטור לבין הנזק בענפונים בתקופות שבהן נרשמה עליה בלכידה (חלקת ביקורת, ראש פינה, 2014).

בתקופת האביב, מ-27.4 עד 20.6, לא נמצאה התאמה טובה (prob>F 0.1112*) בין ממוצע הלכידות לבין הנזק בשל התחלה מאוחרת של פעילות הניטור (עקב דחייה בהצבת המלכודות).

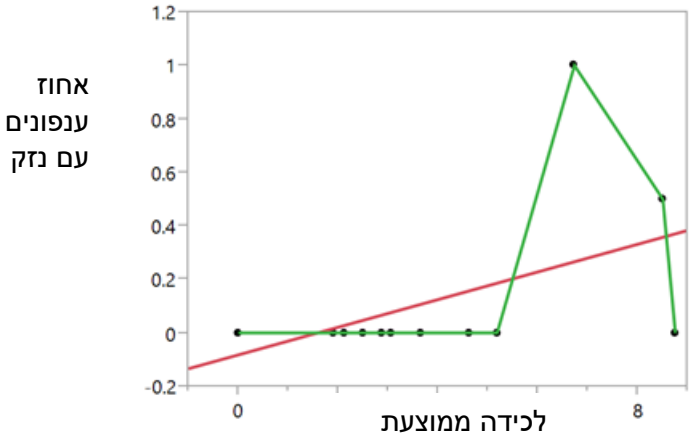


איור 13. מהלך הלכידה והתפתחות הנזק (כלומר אחוז הענפונים הנגועים) בשטח מטופל במלכודות כוכב בצפיפות 'נמוכה' של מלכודת ל-10 דונם (ראש פינה, 2014).

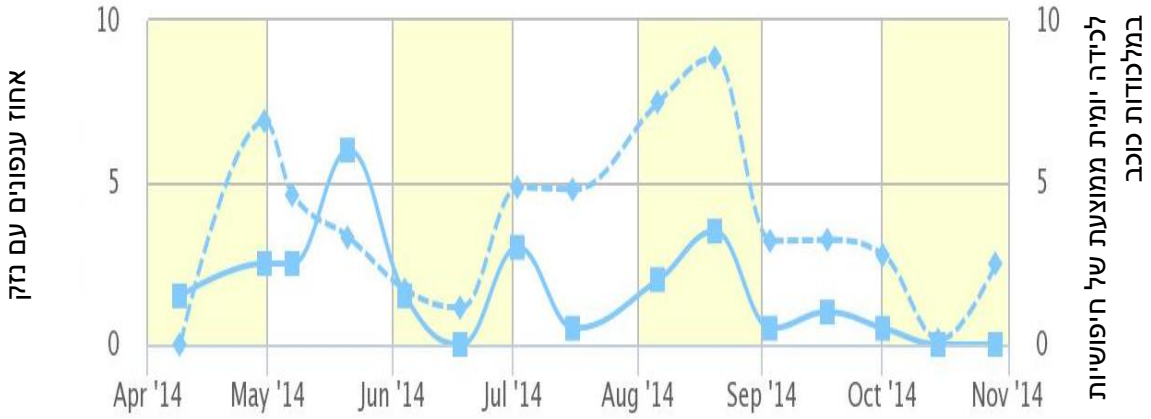
מקרא: ירוק משולש - לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בביקורת; ירוק עיגול – אחוז ענפונים עם נזק בטיפול (10:1).

שיעור הענפונים הניזוקים מחיפושית הקליפה בחלקת הטיפול בלכידה המונית של מלכודת כוכב בכל 10 דונם היו נמוכים באופן ניכר (בטווחים של 0% עד 3% בלבד) בהשוואה לאלו שבחלקת הביקורת (שבה נרשמו במועדי השיא שיעורי נזק של 8%-9%; איור 9). בנוסף, שלא כמו המתאם הטוב שנמצא בין רמות הלכידה לשיאי הופעת הנזק בחלקת הביקורת, ניתן לראות שבחלקת הלכידה ההמונית, התפתחות הנזק הייתה מתונה יותר באופן בולט ולא נמצא מתאם טוב בין לכידות החיפושיות בטיפול לבין שיאי הופעת הנזק (איור 14).

דווקא כאשר רמות הלכידה של מלכודות הכוכב היו הגבוהות ביותר (מחצית יוני וסוף אוגוסט), היו שיעורי הנזק שנרשמו במועדים אלו הנמוכים ביותר, ואף זניחים.



איור 14. הקשר בין ממוצע לכידות במלכודות הניטור לנזק בענפונים בטיפולי לכידה המונית (ראש פינה, 2014).
בשני טיפולי הלכידה ההמונית בשתי הצפיפות השונות של מלכודות לדונם 10:1 ו-5:1 לא נמצא קשר בין ממוצעי הלכידה לבין אחוז הנזק בענפונים (*0.0480 = |t|>Prob).

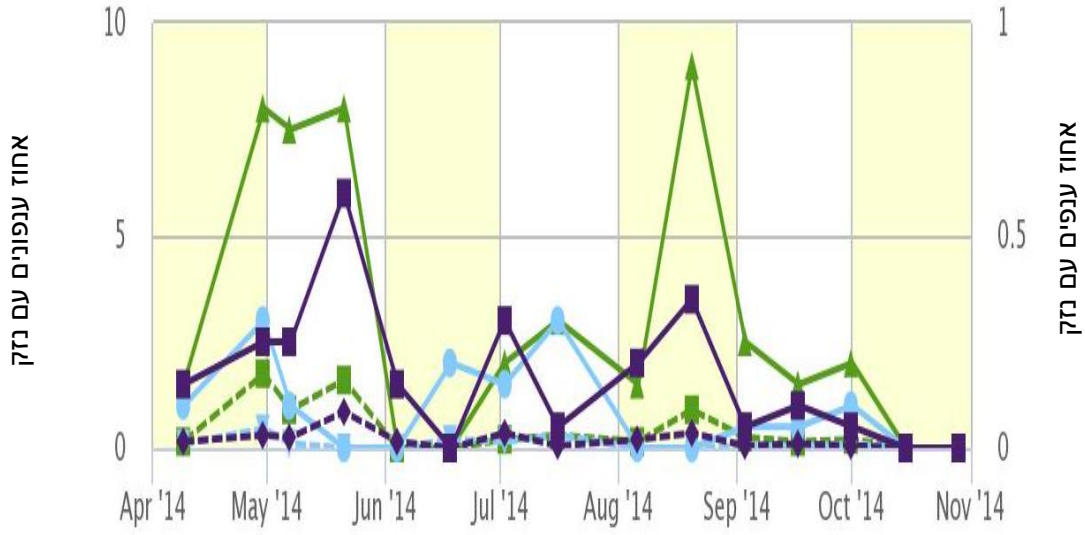


איור 15. מהלך הלכידה והתפתחות הנזק (כלומר אחוז הענפונים הנגועים) בשטח מטופל במלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה' של מלכודת ל-5 דונמים (ראש פינה, 2014).

מקרא: תכלת מעוין - לכידה יומית ממוצעת במלכודות כוכב בטיפול לכידה המונית; תכלת מלבן - אחוז ענפונים עם נזק.

שיעור הענפונים הניזוקים מחיפושית הקליפה בחלקת הטיפול בלכידה המונית של מלכודת כוכב לכל 5 דונמים היו נמוכים באופן ניכר (בטווחים של 0.5% עד 6% במועד השיא) בהשוואה לאלו שבחלקת הביקורת, שבה נרשמו במועדי השיא שיעורי נזק של 8%-9%. למרות ההפחתה הניכרת בשיעורי הנזק בהשוואה לביקורת גם בחלקת הטיפול הנוכחית, דפוס התפתחות הנזק דמה יותר לדפוס הלכידה, שלא כמו בחלקת הטיפול במלכודות

בצפיפות נמוכה יותר של מלכודת ל-10 דונם.



איור 16. השוואת הנזקים מחיפושית הקליפה בין שני טיפולי הלכידה ההמונית לבין הביקורת (ראש פינה, 2014).
מקרא: ירוק משולש – אחוז ענפונים עם נזק בביקורת; ירוק מלבן - אחוז הענפים עם נזק בביקורת; סגול מלבן - אחוז ענפונים עם נזק בטיפול 5:1; סגול מעוין - אחוז הענפים עם נזק בטיפול 5:1; תכלת אליפסה - אחוז ענפונים עם נזק בטיפול 10:1; תכלת משולש - אחוז הענפים עם נזק בטיפול 10:1.

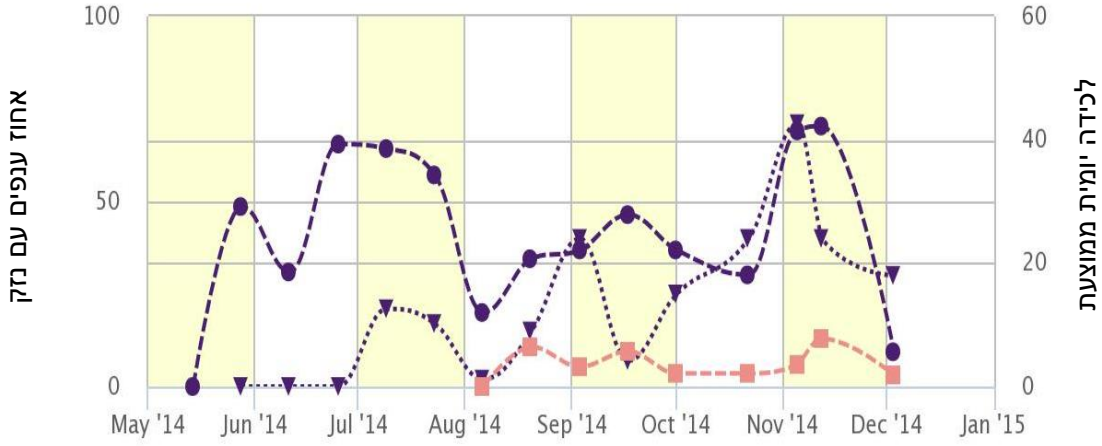
שיעורי הנזק (אחוז הענפונים ואחוז הענפים שניזוקו) בחלקת הביקורת (ללא טיפולי הלכידה ההמונית) בראש פינה היו גבוהים יותר בהשוואה לאלו שבטיפולי הלכידה ההמונית בשתי הצפיפויות שנבדקו (5:1 ו-10:1). שיעורי הנזק הנמוכים ביותר התקבלו בטיפול של מלכודת אחת ל-10 דונם. ההבדלים הבולטים ביותר בשיעורי הנזק בין הטיפולים נרשמו בעיקר בשיאי הלכידה - באמצע מאי ובתחילת ספטמבר.

תצפיות במטעי הגודגדן בכפר עציון

תצפית א'

התצפית נערכה בשתי חלקות גודגדן השייכות לכפר עציון. בחלקה אחת (חלקת ה'רבייה') הוצבו מלכודות כוכב ללכידה המונית בצפיפות 'גבוהה מאוד' של מלכודת לכל 2.5 דונמים (1:2.5), והחלקה השנייה שימשה לביקורת. מלכודות משפך שטוח לניטור נתלו רק בטיפול הלכידה ההמונית.

ניטור דו-שבועי של אוכלוסיות הבוגרים במלכודות והערכת הנזק בענפים בלבד התבצעו בדומה לתצפיות בשאר האזורים.



איור 17. מהלך הלכידה של חיפושיות קליפה בשטח מטופל במלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה מאוד' (מלכודת ל-2.5 דונם) והתפתחות הנזק מחיפושיות קליפה בענפים (כפר עציון, 2014). מקרא: סגול עיגול-לכידה יומית ממוצעת במלכודות כוכב; ורוד ריבוע- לכידה יומית ממוצעת במלכודות ניטור בחלקה המטופלת בלכידה המונית; סגול משולש-אחוז ענפים עם נזק.

מגמת הלכידות של החיפושיות במלכודות הכוכב הייתה דומה לזו של הופעת הנזק (איור 17). על פי מגמה זו, נרשמו שיעורי הנזק הגבוהים ביותר בענפים סמוך לשיאי הלכידה בתקופות המקבילות (יולי, ספטמבר ונובמבר) ובהתאמה להם. עיקר הנזק נרשם בסתיובחודש נובמבר, ושיעורו הגיע לכ-40% הענפים, כפול משיעורי הנזק שנרשמו בחודשי הקיץ (יולי-ספטמבר). לעומת זאת, בדומה לממצאים שנרשמו בתצפיות בשפייה ובראש פינה, לא נמצא מתאם טוב בין הלכידות במלכודות הניטור בחלקה המטופלת לבין שיעור הענפים הנגועים, כנראה בשל השפעת הלכידה ההמונית על הפחתת אוכלוסיית החיפושיות במלכודות הניטור.

<u>תצפית ב'</u>

התצפית כללה שתי חלקות: האחת שטופלה במלכודות ללכידה המונית בצפיפות 'גבוהה מאוד' (2.5:1); והשנייה - חלקת ביקורת סמוכה המרוחקת כ-100 מטר ממנה (ללא המלכודות שהוזכרו). כשבוע מראש סומנו בכל חלקה 25 עצים 'חלשים' מהזן רויאל דון 104 (הרגיש לחיפושית הקליפה), מכמה מוקדים ומכמה שורות. לאחר שבוע התבצעו בעצים המסומנים בכל חלקה ספירות של חורי נבירה וחדירה של חיפושיות הקליפה. סיכום הממצאים מופיע בטבלה 1.

טבלה 1. חורי הנבירה והחדירה של חיפושית הקליפה של השקד בחלקה מטופלת במלכודות ללכידה המונית בצפיפות של מלכודת אחת בכל 2.5 דונמים בהשוואה לחלקה ללא טיפול (כפר עציון, גודגדן, חלקת 'רבייה', 2014) N= 25.

חורי נבירה/חדירות	טיפול	ביקורת
ממוצע חורי נבירה/חדירה לעץ	29	109
מספר עצים שבהם נרשמו מעל 15 חורים	7	22
מספר עצים שבהם נרשמו פחות מ-15 חורים	18	3
סה"כ חורי נבירה/ חדירה בכל העצים שנספרו	719	2738
עצים שבהם ממוצע החורים גבוה מ-15	70	122
עצים שבהם ממוצע החורים נמוך מ-15	9	11

רמות חורי הנבירה או החדירה של חיפושיות הקליפה בחלקה שטופלה במלכודות כוכב ללכידה המונית של החיפושית, היו נמוכות באופן ניכר מאלו שבחלקת הביקורת (טבלה 1). סביר להניח שללכידה ההמונית בחלקה המטופלת הייתה השפעה רבה על צמצום חד בנזק ובניסיונות החדירה של החיפושיות, בהשוואה לחלקת הביקורת שבה לא הייתה לכידה המונית. עם זאת, לא מן הנמנע כי ההבדלים הללו נגרמו בחלקם גם מהשוני במצב בריאות העצים בין שתי החלקות (תמונה 10).

בחינה מוקדמת של גובה הלכידה המרבית ו'רדיוס הלכידה האפקטיבי' של מלכודת הכוכב עם פרומון ההתקהלות של חיפושית הקליפה של השקד

א. גובה התעופה שבו נרשמו מרבית הלכידות של חיפושיות הקליפה שנעו לעבר מקור הפרומון בניסוי (חלקת משמש שאינו מכוסה רשת), היה בטווחים שבין 1.0 ל-1.86 מטרים. בחלקת תצפית נוספת עם מלכודות, כפי שהוזכרו לעיל, אשר הוצבו מתחת לרשת, נרשמה לכידה זניחה של חיפושיות בודדות. ממצאים דומים ביחס לגובה הלכידה האופטימלי התקבלו גם במחקר מוקדם שבוצע לבירור הגובה של מלכודת הכוכב, שבו נרשמו הלכידות המרביות (מנדל וחובריו, 2009).

ב. 'רדיוס הלכידה האפקטיבי' של מלכודת כוכב ללכידה המונית, המחושב על פי המודל שפיתח ג'ון ביירס, הוא בין 3.35 ל-4.98 מטרים. קביעת טווח זה נעשתה לאחר שכלול ממדי מלכודת הכוכב, פוטנציאל הלכידה של הפרומון ובמצב תיאורטי של 'היעדר תחרות' של החיפושיות בתחילת העונה (תחילת האביב) עם גורם נוסף אחר במרחב (Bayrs, John. 2009).

ג. נתונים נוספים שנותחו במודל שלעיל (יימסרו במפורט במועד אחר), מתייחסים למספר החיפושיות העשויות להילכד לפי הערכות של מרחקי תעופה שונים, שאותם עשויה החיפושית לעבור במהלך חייה ובצפיפויות שונות של המלכודות.

הערכת מצב הסניטציה

רמות הסניטציה בחלקות התצפיות בשנת 2014 מסוכמות בטבלה 2 שלהלן.

טבלה 2. רמות סניטציה בחלקות התצפית בשנת 2014, לפי שלוש רמות שנקבעו מראש: 1 - סניטציה טובה; 2 - סניטציה בינונית; 3 - סניטציה גרועה (ראה סעיף "שיטות וחומרים").

חלקה	מין גידול	רמת סניטציה בתחילת השנה (מרס)	רמת סניטציה בסוף השנה (נובמבר)
תצפית א' - שפייה	משמש, ביקורת	1	1
תצפית א' - שפייה	משמש, טיפול לכידה	1	1
תצפית ב' - ברייקי	משמש, ביקורת	2	2
תצפית ב' - ברייקי	משמש, טיפול לכידה	2	2
תצפית ג' - שפייה	משמש, ביקורת	1	1
תצפית ג' - שפייה	משמש, טיפול לכידה	1	1
תצפית - ראש פינה	שזיף, טיפול לכידה משמש, טיפול לכידה ביקורת	1 1 1	1 1 1
תצפית - כפר עציון	גודגדן, ביקורת	1	1
תצפית - כפר עציון	גודגדן, טיפול לכידה	1	1

ניתן לראות שרמות הסניטציה בכל חלקות התצפית בסוף השנה עם סיום המיזם, היו דומות מאוד לאלו שנרשמו בתחילת העבודה באביב.

ממשקי הדברה בחלקות התצפית

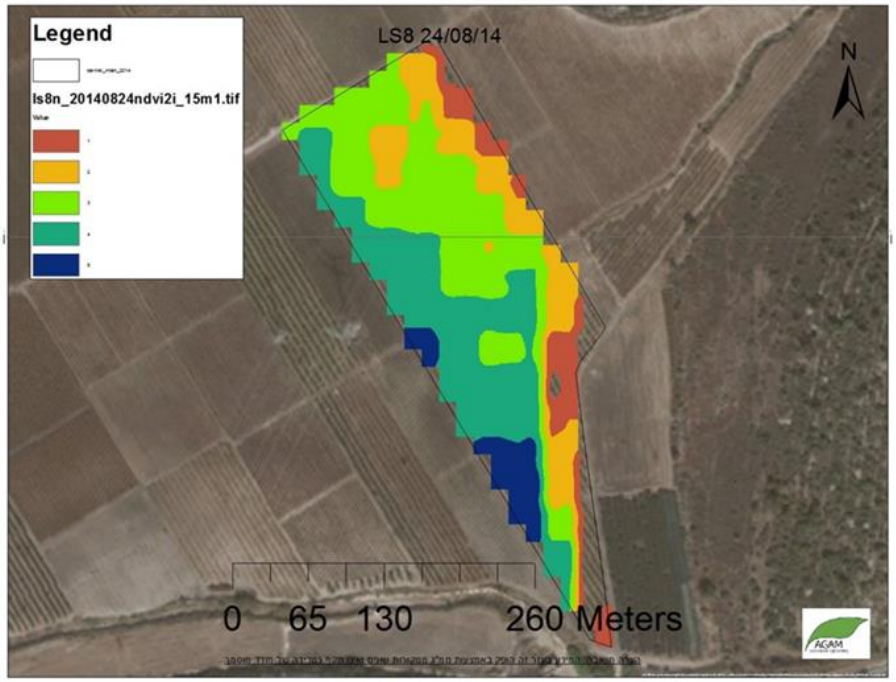
במרבית חלקות התצפית לא ניתנו טיפולים מכוונים להדברת חיפושיות קליפה. במקרים בודדים, כמו חלקת הביקורת בתצפית א' בשפייה, חלקת הטיפול בצפיפות גבוהה בראש פינה וחלקות התצפית בכפר עציון (ביקורת וטיפול), המליצו הפקחים לרסס פעם אחת באופן מכוון למניעת התגברות הנזקים בהן.

מזיקים נוספים בחלקות התצפיות, כעש האשכול בשזיף ואנרסיה במשמש, הודברו באמצעות ריסוס או ריסוסים אחדים בלבד. הדברת זבוב הפירות התבססה על פתיונות ועל מתקני משיכה וקטילה.

בחינה מוקדמת של השימוש בתצלומי לוויין למיפוי ולניטור חלקות על פי 'אינדקס צימוח' (NDVI) ואפיון מצב בריאות העצים במטע ככלי בממשק ההדברה של חיפושית הקליפה

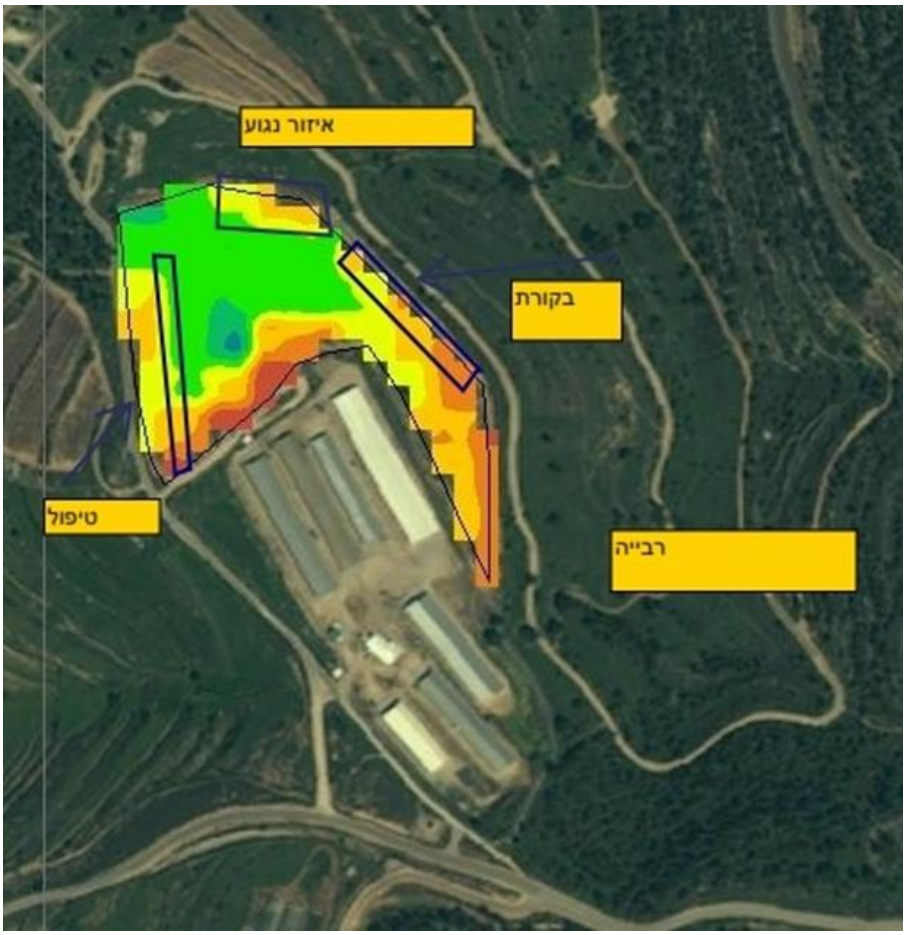
בתמונות 8, 9 ו-10 שלהלן מוצגים לדוגמה תצלומי לוויין של שלוש חלקות, שבהן נערכו תצפיות בשנת 2014. לאחר שעובדו הנתונים בתצלומי הלוויין NDVI, ניתן לאבחן את השונות בצימוח ואת מצב בריאות העצים, המתבטאים בצבעים שונים לפי המקרא הספציפי בכל תמונה (כאמור, הרזולוציה המרחבית של צילום הלוויין שהשתמשנו בו היתה 30 מ'/פיקסל). כך לדוגמה, בתמונה 8 הצבעים החומים מציינים אזורים שבהם מצב עלוות העצים דלילה יותר (בעלי ביומאסה נמוכה יחסית), והצבעים הבהירים יותר או הצבעים הירוקים והכחולים העזים מסמנים אזורים שבהם העצים בעלי ביומאסה גבוהה יותר עד גבוהה מאוד. בתמונה 9 הצבעים האפורים והאדומים מציינים עצים ללא צימוח ובעלי צימוח נמוך.

תמונה 8. תצלום לוויין של חלקת תצפית א' בשפייה (2014), על פי ההבדלים בממוצעים של רמת הצימוח בחלקה.



תמונה 9. תצלום לוויין של חלקות התצפית בראש פינה (2014), על פי ההבדלים בממוצעים של רמת הצימוח בחלקה.

תמונה 10 - תצלום לוויין של חלקת גודגדן (חלקת 'לול הרבייה') בכפר עציון (2014), על פי ההבדלים בממוצעים של רמת הצימוח בחלקה.



דיון מסכם

ניטור חיפושית הקליפה של השקד באמצעות מלכודות פרומון ההתקהלות וייתכנות ההדברה באמצעות לכידתן ההמונית

ממצאים שהתקבלו במחקר מוקדם, שנערך בשנים 2012-2013, הצביעו על האפשרות לשימוש במלכודות ללכידה המונית של חיפושיות הקליפה של השקד כאמצעי יעיל וידידותי לסביבה להדברתן ולהפחתת נזקיהן. תוצאות ההדברה הטובות ביותר במחקר שנעשה התקבלו משימוש במלכודות כוכב טעונות בנדיפיות משופרות המכילות את פרומון ההתקהלות של החיפושיות, בצפיפות של מלכודת אחת בכל חמישה דונמים. כמו כן, נמצא שמלכודות משפך שטוח לניטור עשויות לשמש כלי יעיל בניטור החיפושיות ולהשתלב בממשק הכולל להדברתן במטע. עם זאת, בחלקות אחדות לא נמנעו נזקי החיפושיות גם בטיפול הצפוף. מסיבה זו, נדרשו ניסויים ותצפיות נוספים לביסוס ההשערה העיקרית של אפשרות ההדברה באמצעות מערכת לכידה המונית, במגמה לנסות ולצמצם באופן משמעותי את גורמי השונות הרבה הקיימת בחלקות המטע שבהן נערכים הניסויים. בשל כך, הניסויים והתצפיות בשנת 2014 נערכו לרוב בחלקות גדולות יותר הנטועות במין גלעיני אחד. בנוסף, ניתנו הנחיות לשמירה על רמת סניטציה אחידה ולצמצום מרבי של הריסוסים נגד החיפושיות ומזיקים נוספים בחלקות התצפית.

במרבית התצפיות שהתנהלו בשנת 2014 בשלושה אזורים בארץ (מושבות השומרון, ראש פינה וכפר עציון) הושגה בחלקות שטופלו במלכודות כוכב ללכידה המונית הדברה יעילה של חיפושיות הקליפה והפחתה בנזקיהן. ממצאי המחקר הנוכחי מצביעים פעם נוספת באופן ברור על האפשרות להשתמש במלכודות ללכידה המונית ככלי יעיל להפחתת אוכלוסיות הבוגרים של חיפושיות הקליפה ונזקיהן. בנוסף, הקשר הברור שנמצא גם במחקר הנוכחי בין דפוסי הלכידה העונתית של החיפושיות במלכודות הניטור (בחלקות ביקורת ללא לכידה המונית) ובין אלו שבמלכודות הכוכב, והקשר הברור שנמצא בין רמות הלכידה ובין רמות הנזק בחלקות ביקורת (שלא טופלו במערכת ללכידה המונית), מבססים את האפשרות לנטר את אוכלוסיות חיפושית הקליפה של השקד באמצעות מלכודות פרומון ובהתאמה גם להעריך את מועדי הנזק הצפויים להתקבל.

במרבית החלקות שבהן נערכו התצפיות בשנת 2014 נראתה מגמה דומה של דפוסי הלכידה במלכודות לניטור (משפך שטוח) ובמלכודות הכוכב ללכידה המונית ושל התפתחות הנזק במהלך העונה החמה שבה פעלה החיפושיות.

הלכידה הרבה ביותר בממוצע התקבלה לרוב במלכודות הכוכב ללכידה המונית ובמלכודות הניטור של חלקות הביקורת בלבד. הלכידה היומית הממוצעת במלכודות הניטור בטיפולים הייתה נמוכה יותר באופן משמעותי ומתונה יותר מזו שבביקורות, ונבעה, ככל הנראה, מהשפעת הטיפול במלכודות ללכידה המונית והפחתת אוכלוסיות החיפושיות הבוגרות בחלקות המטופלות בהשוואה לאלו שבחלקות הביקורת, שהמשיכו להיות גבוהות באופן יחסי בשל היעדר לכידה המונית.

התאמה רבה במרבית החלקות נמצאה גם בין מגמות הלכידה העונתית לבין הופעת הנזקים העיקריים (אביב, שלהי הקיץ וסתיו) שנרשמו סמוך ובהתאמה למועדים שבהם נרשמו שיאי הלכידות במלכודות הניטור ובמלכודות הכוכב. מכאן, עולה כי באמצעות מלכודות פרומון לניטור בחלקות ביקורת (שבהן אין טיפול ללכידה המונית), ניתן לקבל את דפוסי הלכידה העונתיים בכל שטח ואזור ואף לחזות את המועדים שבהם צפויים להיגרם נזקים מחיפושיות.

גם מלכודות הכוכב ללכידה המונית עשויות לספק מידע לגבי מועדי הופעת בוגרי החיפושיות ושיאי התעופה העונתיים, אך שלא כמו מלכודות הניטור בחלקות ביקורת, הן אינן יכולות להפיק די מידע לחיזוי מועדי הופעת הנזק; זאת, משום הלכידה ההמונית המביאה להפחתת אוכלוסיית החיפושיות בשטח, וכתוצאה מכך להפחתת רמות הנזק.

שיעורי הנזק (בענפונים ובענפים) שהסבו חיפושיות הקליפה במרבית החלקות שטופלו במלכודות כוכב ללכידה המונית היו נמוכים משמעותית מאלה שנצפו בחלקות הביקורת, ללא לכידה המונית. עם זאת, לא נמצא שלכידה המונית עשויה למנוע לחלוטין את הנזק. ניתוח הקשר בין הלכידה במלכודות הניטור בביקורת ובטיפול לבין הנזק בענפונים ובענפים מצביע על מתאם טוב בין הלכידה לנזק בענפונים (ובענפים) בביקורת, לעומת היעדר קשר בין הלכידה והנזק בטיפול במלכודות ללכידה המונית. ממצא זה נובע, ככל הנראה, מההשפעה של הלכידה ההמונית על הפחתת הנזק בטיפול (לעתים אף מתחת לסף הכלכלי), לעומת היעדר השפעה כזו בביקורת שבעטיה נצפים שיעורי נזק גבוהים יותר בחלקות ללא לכידה המונית.

נמצא כי באופן עקיף המלכודות לניטור במרחב השטח המטופל במלכודות כוכב ללכידה המונית עשויות להוות מדד ליעילות 'ההגנה' של מערכת הלכידה ההמונית.

חשוב לציין שבמהלך המחקר שנערך בשנת 2014 התבצעו מרבית התצפיות על רקע יישום כמה מסקנות לשיפור הצבת התצפיות, שאותן הסקנו במחקר המוקדם בשנים 2012-2013. הגדלת מרבית שטחי התצפית, ביצוע התצפיות (טיפולים וביקורות) בגידול מסוים אחד, הימנעות מטיפולי הדברה מכוונים, במיוחד כנגד חיפושית הקליפה, ניסיון לצמצם ככל הניתן את הריסוסים נגד מזיקים אחרים במטע ושמירה על אחידות ברמות הסניטציה מתחילת העבודה ועד סיומה - צמצמו בפועל את גורמי השונות האפשריים בשטחי התצפית, שהיו עלולים להשפיע על רמות האוכלוסייה, הלכידה והנזק בחלקות התצפית השונות בשנת 2014. מכאן, מתחזקת ההנחה כי הלכידה ההמונית והקשר שבין הלכידה ההמונית לנזק ולבריאות העצים בחלקה הם משמעותיים ביותר.

<u>צפיפות המלכודות ללכידה המונית, טווח לכידה אפקטיבי ויישום נכון</u>

עד כה לא ניתן לקבוע באופן מוחלט מהי הצפיפות האופטימלית להצבת מלכודות הכוכב, שבאמצעותה תושג ההדברה היעילה ביותר. הפחתת נזקים הושגה במחקר הנוכחי, כמו גם בעבר, מהצבת המלכודות בצפיפויות שונות: 'נמוכה', 'גבוהה' ו'גבוהה מאוד' (10:1, 5:1 ו-2.5:1, בהתאמה). עם זאת, בכמה תצפיות לא הושגו תוצאות הדברה טובות, גם לא בטיפול הצפוף מאוד.

נזקים פוטנציאליים מחיפושיות קליפה קשורים בין השאר במשתנים אחדים, כגון עוצמת המשיכה של חיפושיות הקליפה אל החלקה הקשורה ברגישות הפונדקאי, בריאות העצים, אפשרויות הגירה מבחוץ, מצב הסניטציה במטע ובסביבתו, צפיפות אוכלוסיית הבוגרים במרחב המטע, ממשק ההדברה והגידול במטע ועוד.

התחשבות בגורמים שצוינו לעיל עשויה לסייע בקביעת צפיפות מלכודות הלכידה ההמונית לצורך קבלת הדברה יעילה.

ייתכן שברמות נמוכות של חיפושיות, כפי שנמצא למשל בראש פינה (2014), שבה נלכדו בתקופות השיא כ-8-9 חיפושיות בממוצע ליום במלכודת, מספיקה צפיפות נמוכה בלבד של מלכודות ללכידה המונית לקבלת הדברה יעילה; בעוד שבגידולים רגישים, כמו הגודגדן בכפר עציון, שבתקופות השיא הלכידה היומית הייתה גבוהה מ-40 חיפושיות בממוצע למלכודת, תידרש במערך הלכידה ההמונית צפיפות 'גבוהה מאוד' של מלכודות כוכב.

חשוב להדגיש שבשל אופי פעילותה של חיפושית הקליפה של השקד כמזיק כמותי בלבד, אין צורך ללכוד את כל אוכלוסיית הבוגרים, אלא די בהפחתת רמת האוכלוסייה של בוגרי החיפושית אל מתחת לסף הנזק באופן עקבי ומתמיד באמצעות מלכודות ללכידה המונית.

בנוסף, יש לציין שבמלכודות ללכידה המונית (הטעונות בפרומון ההתקהלות של חיפושית הקליפה של השקד), נלכדים שני זוויגי החיפושית - זכרים ונקבות, ביחס משוער של 1:1, מה שמגביר את הסיכויים להצלחת מערכת הלכידה ההמונית. דוגמה חשובה נוספת למערכת מוצלחת של לכידה המונית שהוכחה לא מכבר כיעילה, היא זו ששימשה להדברת זבוב הים התיכון, באמצעות מתקנים למשיכה המונית וקטילה של שני זוויגי הזבוב.

הממצאים המוקדמים שהתקבלו לראשונה במחקר הנוכחי לגבי 'טווחי המשיכה האפקטיביים' (רדיוס משיכה אפקטיבי - EAR) של מלכודות הכוכב ללכידה המונית, מרמזים על כך שניתן יהיה בטווח הנראה לעין להעריך בסבירות גבוהה את צפיפויות המלכודות הנדרשות ללכידה מרבית של אוכלוסיית החיפושיות במרחבי מטע שונים. לצורך כך, יידרש מחקר משלים נוסף ללימוד היבטים חשובים נוספים הקשורים בהצבת מערך הלכידה ההמונית.

הגובה של מקור הפרומון שבו התקבלה מרבית המשיכה של החיפושיות היה בין 1.0 ל-1.8 מטרים מעל פני הקרקע (בטווחים של 0.8-4.0 מטרים), והדבר תואם את הממצאים שהתקבלו במחקר אחר, שבו מלכודות כוכב שהוצבו בגובה של 1.3 מטרים מעל פני הקרקע לכדו יותר מאלו שהיו בגובה של 0.6 מטר.

בחלק מהמקרים התקבלו כשלונות בהדברה באמצעות מלכודות כוכב במחקר המוקדם ובמחקר הנוכחי, ואפילו במערך מלכודות כוכב בצפיפות 'גבוהה מאוד' (2.5:1), כמו לדוגמה בשתי חלקות תצפית קטנות במושבות השומרון (תצפיות ב' ו-ג'). את היעדר יעילות ההדברה שם ניתן להסביר, ככל הנראה, כתוצאה מ'משיכת יתר' של חיפושיות למוקדים מסוימים בשל מבנה חלקה בלתי מתאים, כמו למשל חלקת תצפית צרה וארוכה הסמוכה ליער באזור ה'ברייקי' בתצפית ב', או חלקה בעלת שטח קטן בתצפית ג' בשפייה.

חשוב לציין כי פרט לצפיפות 'נכונה' של מתקני ההדברה, סיכויי ההצלחה לקבלת הדברה יעילה באמצעות מערכת הדברה הנשענת בעיקרה על אמצעים ידידותיים לסביבה (כגון מלכודות ללכידה המונית, מתקנים למשיכה ולקטילה, פרומונים לבלבול ועוד) מחייבים שטחים גדולים ככל הניתן, וחלקות שאינן צרות וארוכות. בדומה למזיקים נוספים המודברים אף הם באמצעים ידידותיים לסביבה (כגון זבובי פירות ועשים), אם קיימות אוכלוסיות גבוהות וחריגות של המזיק במטע ובסביבתו, ובמקביל רגישות הפונדקאי גבוהה, יידרשו אמצעים נוספים לקבלת הדברה יעילה. במקרה של חיפושית הקליפה בפרט, בנוסף לרמת אוכלוסיית המזיק במטע ובסביבתו, גם למצב בריאות העצים תהיה השלכה רבה על רגישותם למזיק.

מכל האמור לעיל, ניתן לקבוע ששימוש מושכל במלכודות ללכידה המונית של חיפושית הקליפה של השקד, עשוי לספק עוד אמצעי ידידותי לסביבה בממשקי ההדברה המשולבת, שבעזרתו ניתן להפחית באופן משמעותי את הריסוסים כנגד החיפושיות ואת נזקיהן במטע.

<u>בחינה מוקדמת של השימוש בתצלומי לוויין למיפוי ולניטור חלקות לפי 'אינדקס צימוח' (NDVI) ואיפיון מצב בריאות העצים במטע, ככלי בממשק ההדברה של חיפושית הקליפה</u>

ידוע לא מכבר שחיפושיות הקליפה תוקפות בעיקר עצים במצבי עקה, הגורמים להחלשה זמנית או קבועה של העצים. במחקר הנוכחי מוצגת ונדונה לראשונה האפשרות לניטור מוקדם ויעיל של חלקות מטע באמצעות צילומי לוויין העשויים לשקף את מצב בריאות העצים בחלקה ובחלקות נוספות במרחב. צילומים אלו עשויים לשמש כלי חשוב בממשק ההדברה

של חיפושית הקליפה (ומזיקי שלד נוספים, כמו קפנודיס), לקביעת הצורך בלכידה המונית ואופן הצבת המלכודות ללכידה המונית. למרות הפוטנציאל הרב המוצג כאן לפיתוח מערכת ניטור תומכת כנ"ל, לא ניתן לנצל עד כה באופן מלא את הנתונים שהתקבלו במפות 2014, להסקת מסקנות ברורות, מכיוון שלא נערך תכנון מוקדם ולא היה ביצוע של איסוף נתונים משלימים נדרשים, כגון הצבת מלכודות ניטור במרחב, בחינה ויזואלית של מצב בריאות העצים בחלקות התצפית ועוד. לפיכך, אנו מעריכים כי מחקר ייעודי ללימוד הקשר בין מצב בריאות העצים לבין תצלומי הלוויין לאחר עיבוד הנתונים בהתאמה, לבין רגישותם לחיפושיות קליפה ברמות אוכלוסייה שונות, יאפשר פיתוח כלי חשוב לקבלת החלטות ממשקיות בנושאי הגנת הצומח והגידול במטעים.

נספח

בחינה מוקדמת של מערך ניטור אזורי של חיפושית הקליפה בהיקף נרחב (ראש פינה, 2015)

הדברת חיפושיות קליפה באזורים רבים בארץ מתבצעת במסגרת יישום ממשקי הדברה משולבת כוללנית. במסגרות אלו ניתנים לעתים ריסוסי הדברה המיועדים להדברת מזיקים אחרים במטע, המדבירים בעקיפין גם חיפושיות קליפה. עם זאת, במקרים רבים עד כה ניתנים לעתים גם טיפולי מניעה אחדים כנגד חיפושיות הקליפה, בעיקר בשל היעדר המודעות לשימוש במלכודות פרומון לניטור חיפושיות בוגרות. בשל כך, קיים קושי בפועל של הפקחים והמגדלים לחזות את הופעתן ואת עוצמת הנזקים שהן עלולות להסב. בעבר השתמשו פקחי מזיקים בכמה אזורים במלכודות פרומון לניטור אוכלוסיות של החיפושית ככלי בממשק ההדברה המשולבת, אך היה זה בהיקף מצומצם בלבד.

לאור הממצאים שהוצגו במהלך השנים 2012-2014, שלפיהם מלכודות פרומון ההתקהלות של חיפושית הקליפה של השקד עשויות לשמש ככלי ממשקי יעיל לניטור אוכלוסיות הבוגרים ולחיזוי הופעת הנזק, התבצעה בשנת 2015 בחינה מוקדמת של הצבת מערך ניטור אזורי בקנה מידה נרחב באזור ראש פינה, על שטח כולל של כ-1000 דונם. במרחב כולו הוצבו כ-20 מלכודות ניטור, שבאמצעותן נערך רישום של לכידת החיפושיות אחת לשבועיים. במקביל, התבצע ניטור ויזואלי של נזקי החיפושיות בחלקות מטע, שבהן התבצע ממשק הדברה משולבת. על פי הנחיות מנהלי המיזם באזור, טיפולי הדברה מכוונים להדברת חיפושיות הקליפה ניתנו רק במידת הצורך עם העלייה בלכידות או כשנצפתה התחלת נזק שהסבו חיפושיות הקליפה.

בפועל, התברר שלא ניתנו כמעט טיפולים מכוונים להדברת חיפושיות הקליפה (למעט בחלקה או שתיים בהיקף קטן מאוד) ונחסכו במהלך שנת 2015 כ-2-3 ריסוסים (שניתנו בד"כ בשנים קודמות) על שטח גדול הכולל כ-1000 דונמים. בעקבות תוצאות המיזם בשנת 2015, הורחבו בשנת 2016 שטחי המטע בצפון שבהם מתבצע ניטור מכוון של חיפושית הקליפה ככלי לקבלת החלטות בממשקי הדברת חיפושיות הקליפה.

הבעת תודה

לעמיתים במו"פ צפון, אלקנה בן ישר, שלומי כפיר ואיריס אדרי; למגדלים שבחלקותיהם התבצעו התצפיות: עוזי עוזרי מכפר עציון, רון דותן מרמת רחל, ישראל קרניאל, עופר וילדר, ואילן וילדר ממושבות השומרון, למגדל ולפקח בראש פינה - מודי רובינשטיין ועופר אידלין הררי; למשה ברוקנטל ממועצת הפירות; לשי מיטל ולעופר בארי מחברת אגם חקלאות; לפקחים ממושבות השומרון - אמנון בוימל ולאה סלע ומצרעה - צ'רלי פרייבך ולינדה ג'יקובס; לעמיתים משה"מ: שמעון אנטמן, עומר זיידאן, דובי וולפסון, שלמה ישראל וחנן בזק, ולעדי סלוניקו על העריכה הלשונית; לדניאלה פפר מהמעבדה לכימיה במינהל המחקר - לכולם נתונה תודתנו הרבה.

ספרות

ש. בן יהודה. 2005. בירור הגורמים המשפיעים על התקהלות ותקיפה של עצים פונדקאים ע"י חיפושית הקליפה של השקד Scolytus amygdali Guer. (Scolytidae), תוך דגש על פרומון ההתקהלות. חיבור לשם קבלת תואר "ד"ר לפילוסופיה". מוגש לאוניברסיטה העברית, ירושלים. 132 ע"מ.

ש. בן יהודה, ע. זאדה, ל. גיטגרץ, א. פרוטסוב, ד. דרגושיץ' וצ. מנדל. 2009. קידום ממשק ידידותי להדברה של חיפושית הקליפה של השקד במטע הנשיר באמצעות שיפור לכידתן ההמונית במלכודות פרומון. ועידה אנטומולוגית, תקציר והרצאה, בית דגן. עמ' 32.

ש. בן יהודה, א. גולדשטיין, ע. זאדה, ב. אשכנזי, ס. א. הררי, א. בוימל, ל. סלע, ע. יעיר, ש. אנטמן, ש. כפיר. 2014. בחינת הייתכנות להדברה ידידותית לסביבה של חיפושית קליפה של השקד במטעים נשירים באמצעות לכידה המונית. דו"ח ביצוע מחקר בשנים 2012-2013, מוגש למשרד החקלאות ופיתוח הכפר ולמועצת הפירות. 27 עמ'.

צ. מנדל, א. פרוטסוב, ע. זאדה, ש. בן יהודה, 2009, שיפור ממשק ההדברה של חיפושית הקליפה של השקד במטע הנשיר ע"י ניטור ולכידה המונית. דו"ח מחקר, תוכנית מחקר מספר 131-1372-08-9 מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ענף פירות.

Bayrs, John. 2009. Modeling distributions of flying insects: Effective attraction radius of pheromone in two and three dimensions. Journal of Theoretical Biology 256(1):81-89.

Ben-Yehuda, S., Tolasch, T., Francke, W., Gries, R., Gries, D, Dunkelblum, E. and Mendel, Z. (2002a). Aggregation pheromone of the almond bark beetle Scolytus amygdali (Coleoptera: Scolytidae). Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production. IOBC wprs Bulletin 25:259-270.

Ben-Yehuda, S., Zada, A., Dunkelblum, D., Tolasch, T., Francke, W., Gries, R., Gries, E. and Mendel, Z. (2003). The aggregation pheromone of the almond bark beetle Scolytus amygdali .The 20th conference of the Entomological Society of Israel, February11-12, 2003, Phytoparastica 31:303-304.

Ben-Yehuda S., Zada A., Gitgarts L., Dragushich D., Protasov A., and Mendel Z. (2009) Evaluation of trap and bait parameters for mass trapping of the almond bark beetle. Ibid. and Semio-chemicals without Borders" Joint Conference of the Pheromone Groups of IOBC WPRS and IOBC EPRS Budapest, Hungary, Book of abstracts, p. 20.

Mendel, Z. Ben-Yehuda, S., Nestel,D. and Marcus, R. 1997. Distribution and extent of damage by Scolytus spp. (Coleoptera: Scolytidae) to stone- and pome-fruit orchards in Israel. Insect Sci. & Appl. 2:175-181.

Zada, A., Ben-Yehuda, S., Dunkelblum, E., Harel, M., Assael, F. and Mendel, Z. (2004) Synthesis of the four stereoisomers of 4-methyl-3-hepthanol and their role in the attraction of Scolytus amygdali. Journal of Chemical Ecology 30:631-641.