

**פיתוח אמצעי הדברה חלופי המתבסס על סמנים ויזואליים להסתת הטלה -
כחליל הרימון כמודל**

Developing of pests control method based on combined visual stimuli to alter ovipositing site - the pomegranates butterfly *Virachola livia* as a model.

מוגשת לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות.

ע"י

שרון רקפת	מו"פ צפון
הררי אלי	אנטומולוגיה, מכון וולקני
נדב ששר	אוניברסיטת בן-גוריון
סופר-ארד כרמית	מו"פ צפון
תומר מאור	מו"פ צפון

Rakefet Sharon, northern R&D, P.O.B. 831 Kiryat Shemona 11016, Email: rakefetsh@gmail.com

Ally Harari, Department of Entomology, The Volcani Center, Bet Dagan aharari@agri.gov.il

דצמבר 2012

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

חתימת החוקר: רקפת שרון

רקע:

דרישות השוק מכתובות מעבר לממשק ידידותי לסביבה, אך יישומו מתעכב בשל מזיקי מפתח שאין להם פתרונות הדברה מתאימים. אחד ממזיקי המפתח בגידול רימונים הינו כחליל הרימון (*Virachola livia*). נקבת הכחליל מטילה את ביציה על-פני קליפת הרימון, לרוב באיזור העוקץ והכתר. הזחל הבוקע מן הביצה מחפש את דרכו לתוך הפרי על-ידי קדיחת חורים דרך הקליפה העבה והקשיחה של הרימון. הזחל מתפתח בתוך הפרי וניזון מגרגרי הרימון, בהגיעו לגודלו הסופי ולזמן ההתגלמות קודח חור יציאה, נופל לקרקע ומתגלם בתוכה. רימון אשר נפגע ע"י זחל כחליל ולו הקטן ביותר נפסל ואינו יכול לשמש אף לא בתעשייה. לרימון פגוע מגיעים מזיקים משניים ופטריית הגורמות לריקבון הפרי. כחליל הרימון מודבר באמצעות קרטה עם גילוי הביצה הראשונה. השימוש בקרטה אסור לפני הקטיף ולפיכך, לא קיים טיפול יעיל כנגד הכחליל לאורך תקופה קריטית זו. במחקרים קודמים (אבידוב 1961) ובמחקר הקדמי שערכנו נמצא כי רוב הביצים מוטלות דווקא בתקופה זו שלקראת הקטיף החל מחודש אוגוסט (שרון וחובריה 2008, 2009). הנזק יכול לנוע בין 10% בזנים מקדימים ל-100% בזנים מאוחרים במידה ולא ניתן כל טיפול (אבידוב 1961; שרון וחובריה 2008, 2009).

במחקרים קודמים מצאנו העדפה מובהקת של נקבת כחליל הרימון להטלת ביציה על רימונים ירוקים. תופעת ההטלה על רימונים ירוקים היא בעלת היגיון ביולוגי; שלב התפתחות הזחל הינו שלב ארוך ורגיש ביותר והתפתחות הזחל בתוך הפרי מקנה לו הגנה מירבית. הרימון בשלבו הירוקים הינו פחות אטרקטיבי לציפורים לאדם ולחיות נוספות. בנוסף, חיבור עוקץ הפרי לענף בשלב הירוק הינו חזק ולא ייפול בנקל ברוחות, כך נשמר הרימון על העץ ובתוכו זחל הכחליל אשר מוגן מסביבתו.

בשנת המחקר הראשונה (2011) מדדנו את ספקטרום האור המוחזר מפירות רימון בצבעים שונים, זיהינו את טווח ספקטרום הצבע של הרימון הירוק המועדף להטלה, יצרנו אתר הטלה מלאכותי (רימוני דמה) בהתבסס על ספקטרום הצבע התואם לפרי הירוק ובחנו את יעילות רימוני הדמה במעבדה ובמטע כאתר הטלה חלופי. הכחלילים הופיעו מאוחר ולזמן קצר וכמות הביצים שהוטלו בשנה זו היתה נמוכה יחסית לשנים קודמות. רימוני הדמה לא זוהו ע"י הנקבות כאתר הטלה מתאים במעבדה וגם לא בשטח. עם כל זאת, גם במטע וגם במעבדה הרימון הירוק נמצא מועדף כאתר הטלה ראשון. בניסויי המעבדה מצאנו כי במשך הזמן הנקבה כנראה עוברת בין אתרי ההטלה ומטילה מספר ביצים דומה בכל אתר. ממצאים אלו מהשטח ומהמעבדה מחזקים את ההשערה כי נקבת הכחליל מעדיפה להטיל על רימון ירוק, אך יתכן כי גורם הצבע אינו הגורם היחיד בבחירת אתר ההטלה או, לחילופין, ייתכן כי לא זוהו עדיין ספקטרום הצבע המתאים אותו בוחרת הכחלילה.

בשנת המחקר הנוכחית בדקנו את ההשערות הבאות: (1) השארת רימונים ירוקים על העצים במטע תסיט את ההטלה מרימונים המיועדים לקטיף אל הרימון הירוק; (2) בנוסף לצבע הפרי קיימים מרכיבים בקליפת הרימון הקובעים את אתר ההטלה. ההנחות בבסיס שאלות המחקר הינן (1) כי הסטת ההטלה מפרי הרימון לאתר חלופי תאפשר את הקטנת הנזק במטע הרימון ומעבר לממשק הדברה ידידותי ו- (2) גורמי משיכה כימיים (מרכיבי קליפת הפרי) יחד עם צבע הירוק עשויים להסיט את ההטלה מהפירות לאתר הטלה חלופי. קיומם של אתרי הטלה חלופיים יאפשר את המעבר לממשק הדברה ידידותי בענף. השערה נוספת היתה כי יתכן וניתן למשוך את הזוויגים לפרח המציע צוף (וידליה עליה נמצאו בעבר פרטים רבים של כחליל) כמקור מזון או אתר הזדווגות.

מטרת המחקר: פיתוח אמצעי הדברה חלופי כנגד כחליל הרימון *Virachola livia*.

בשנת המחקר הנוכחית בדקנו את השאלות הבאות: (1) בניסויי בחירה במטע- האם השארת רימונים ירוקים על העצים במטע יכולה להסיט את ההטלה מרימונים המיועדים לקטיף; (2) בניסוי העדפה במעבדה- האם ניתן לזהות את גוון הצבע המועדף על הנקבה להטלה והאם בנוסף לצבע הפרי קיימים מרכיבים בקליפת הרימון הקובעים את אתר ההטלה (מיצוי הקליפה, נדיפי הפרי). (3) האם ניתן למשוך את הנקבות למקור מזון (צמחי וידליה המהווים מקור צוף).

מהלך המחקר ושיטות העבודה:

1. ניסויי בחירה במטע:

1.1. ניסוי הקדמי, לבחינת השפעת נוכחות פירות ירוקים על רמת ההטלה ברימונים לקטיף.

הניסוי נערך בחלקת רימונים בוגרת ומסחרית של הזן וונדרפול הממוקמת סמוך לחוות המטעים שבעמק החולה. בניסוי זה נבדקו שלושה טיפולים, כל טיפול נעשה בחמש חזרות, כל חזרה הורכבה משלושה עצים במקבץ: (1) אחת לשבוע הוסר הפרי הירוק מכל המקבץ והושארו הפירות לקטיף בלבד. (2) אחת לשבוע הוסר הפרי הירוק מכל המקבץ והושארו במקבץ עשרה פירות ירוקים וחנטים בלבד. (3) טיפול ממשקי, השארת כל הפירות במקבץ כולל הפירות הצעירים והחנטים.

1.2. בחינת השפעת הצבע או השלב הפנולוגי של הרימון על רמת ההטלה של נקבת הכחליל בפירות

לקטיף.

נבדקו פירות צעירים מול פירות לקטיף. פרי צעיר כלל פירות ירוקים וחנטים ואילו פרי לקטיף כלל פרי צהוב (שבירת צבע) ואדום. מספר הפירות נרשם וכן מספר הביצים הכללי (השלמות והבקועות). פרי שעליו ביצה הוסר מן העץ. הבדיקה נעשתה במטע של קיבוץ חצור שבדרום ובמטע הסמוך לחוות המטעים בעמק החולה.

2. ניסויי העדפה במעבדה:

רימונים נגועים, שזוהו בהם חורי כניסה של כחלילים, נאספו ממטעים ובוסתנים באזור החולה, הזחלים הוצאו מן הרימונים וגודלו על מצע מזון סינטטי (על פי פרוטוקול שפותח ונבדק במעבדה). עם הגחתם מהגולם הוכנסו זכר ונקבה לתוך קופסת ניסוי. תנאי חדר הגידול בהם שהו הכחלילים הינם מבוקרים עם טמפרטורה ממוצעת של 25°C ; 16 שעות אור ו-8 שעות חושך.

2.1. השפעת הצבע על העדפת ההטלה-

20 זוגות פרפרים הוכנסו לתוך קופסאות בחירה, כאשר בתחתית הקופסא נפרסו גיליונות במספר רב של גווני ירוק מתוך מניפת צבעים. בפינת הקופסא הונחה צלוחית פטרי עם צמר גפן טבול במי סוכר כמקור מזון.

2.2. השפעת מיצוי קליפת רימון על העדפת הטלה-

בסדרת ניסויים ראשונה, 27 זוגות פרפרים הוכנסו לקופסאות בחירה עם רימון, וצלוחית פטרי ובה צמר גפן טבול במיצוי קליפת רימון ירוק בתוספת סוכר. בסדרת ניסויים נוספת, 39 זוגות פרפרים הוכנסו לקופסאות בחירה בהן רימון ירוק, צלוחית מי סוכר וצלחות פטרי שבכל אחת מהן מיצוי קליפת רימונים בצבע ירוק, צהוב או אדום, בתוספת מי סוכר. בכל קופסת בחירה הונחה צלוחית ובה בצמר גפן לבן ספוג במי סוכר.

בסדרת ניסויים שניה נבדקה השפעת השילוב של צבע ירוק יחד עם מיצוי מקליפת הרימון: 10 זוגות פרפרים הוכנסו לקופסאות בחירה שבה הונחה צלוחית פטרי עם אואזיס (ספוג ירוק המשמש לסידורי פרחים) ספוג במיצוי מקליפת רימונים (רימונים צהובים, ירוקים ואדומים יחד) ללא סוכר, צלוחית מי סוכר ורימון צעיר.

2.3. השפעת נדיפי רימון על העדפת ההטלה נבדקה באולפקטומטר:

מכשיר האולפקטומטר מבוסס על כניסת אוויר בלחץ נמוך דרך כלים בהם הונחו נדיפי רימון או רימון שלם כנגד כלים שבהם אוויר בלבד. האוויר שנדחס דרך הכלים הנפרדים מגיע לתוך צינור אחד בו נמצא הכחליל. לכל פרפר שהוכנס ניתן זמן קצוב של עד 10 דקות לבחור את הצד המועדף עליו.

3. ניסויי העדפה בית רשת:

10 זוגות פרפרים הוכנסו לבית רשת שבו מוקמו שיח רימון עם פירות בודדים ועציצים שופעים ופורחים עם צמחי וידליה (*Wedelia trilobta*), המהווים מקור מזון ומשיכה לכחליל הרימון. ליד שיח הרימונים וליד הוידליה נתלו שתי מלכודות דבק שקופות.

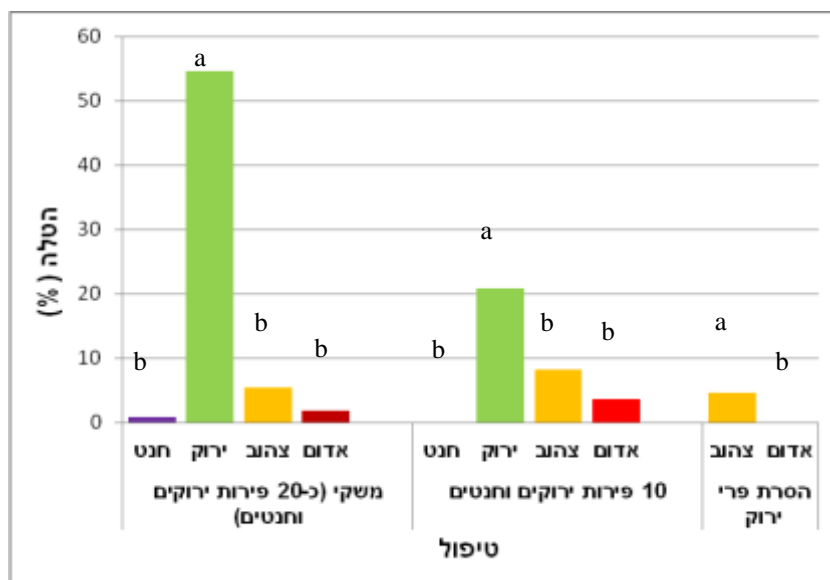
4. ניתוחים סטטיסטיים:

הממצאים נותחו ב-t-test או Anova מלווים במבחני Tukey.

תוצאות:

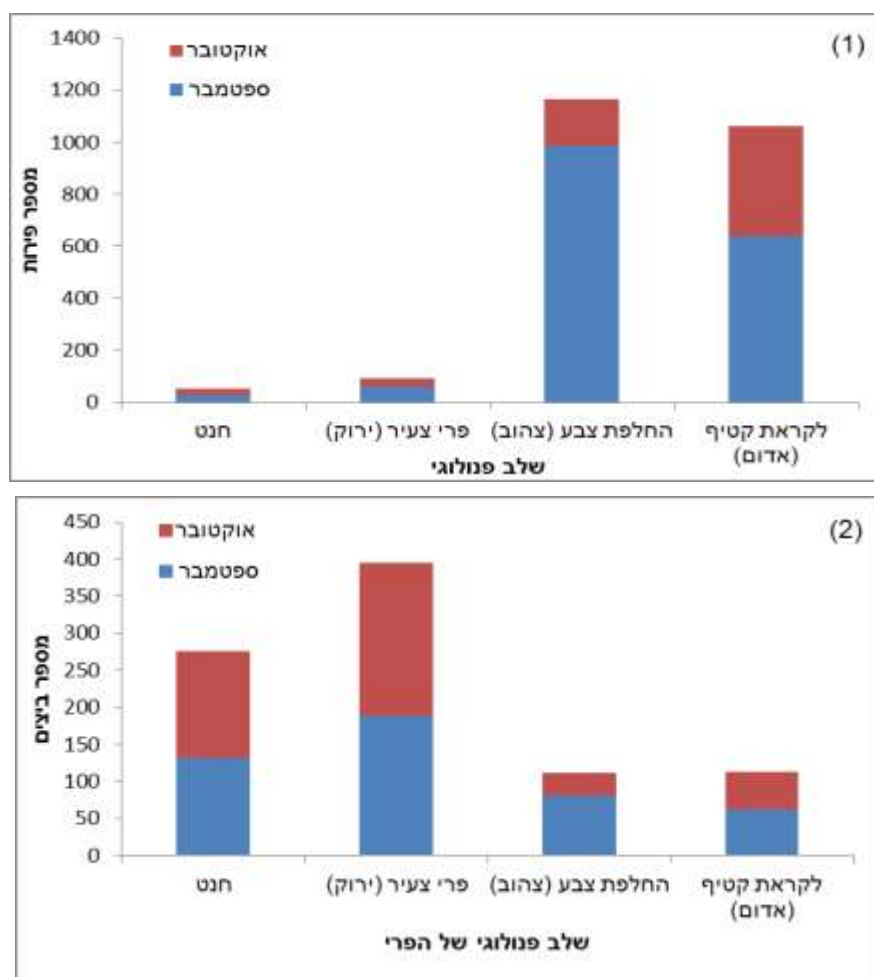
1. ניסויי בחירה במטע

בדיקת השפעת צבע הפרי והשלב הפנולוגי על רמת ההטלה של נקבת הכחליל בפירות לקטיפ(איור 1). בטיפול הממשקי שם נוכחות הפירות הצעירים גבוהה (בממוצע 20 פירות למקבץ), רמת ההטלה הכללית היתה הגבוהה ביותר ושונה באופן מובהק מטיפול הסרת פרי ירוק ($Anova: F_{2,747}6.21; p<0.01$). בתוך הטיפול נמצא הבדל בין אחוזי ההטלה בשלבים הפנולוגיים השונים של הפרי. אחוז ההטלות על רימונים ירוקים היה גבוה יותר במובהק משאר השלבי ההתפתחות של הרימון בשני הטיפולים בהם הושארו פירות ירוקים (10 green fruits- $Anova: F_{3,296}26.38; p<0.0001$; 20 green fruits- $Anova: F_{3,296}10.86; p<0.0001$). כאשר הוסרו הפירות הירוקים נמצא במובהק יותר הטלה על הפרי בשלב החלפת הצבע (צהוב) ($T\text{-test } T_{148,0.003}-2.01; p<0.05$). מכאן ניתן להניח כי נוכחות רימונים צעירים (ירוקים) מסיטה את ההטלה של נקבת הכחליל מרימונים המיועדים לקטיפ אל רימונים אלו.

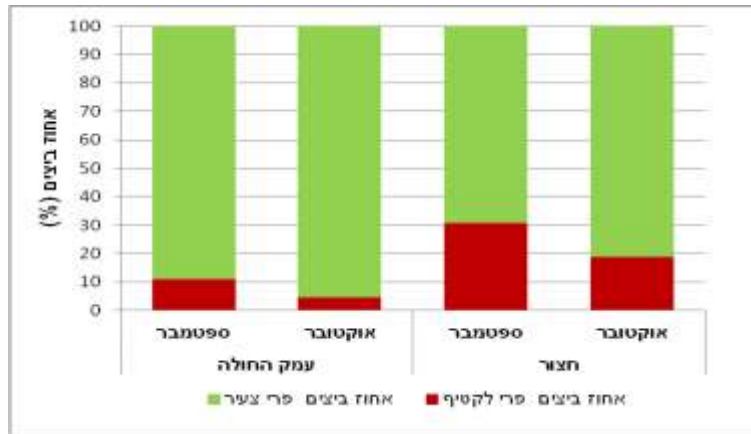


איור 1: אחוזי ביצי כחליל על רימונים בשלבים פנולוגיים (חנט, ירוק, צהוב, אדום) שונים בשלושה טיפולים שונים (ממשקי כ-20 פירות ירוקים), השארת 10 פירות ירוקים והסרת הפירות הירוקים).

מספר הפירות הגבוה ביותר בחלקה היה (איור 2 (1)) כצפוי בפירות המיועדים לקטיף (החלפת צבע- צהוב ולקראת קטיף- אדום) (Anova: $F=_{3,98}12.68;p<0.0001$). ניתן לראות שעל אף המספר הנמוך של הפירות הירוקים והחנטים, מספר הביצים שהוטלו עליהם גבוה במובהק. Anova: $F=_{3,98}11.01;p<0.0001$ ממספר הביצים שהוטלו על פרי צהוב ואדום (איור 2 (2)). ממצא זה מראה באופן מובהק כי הנקבה מעדיפה להטיל על פירות צעירים (ירוק וחנט) למרות מספרם היחסי הנמוך לעומת פירות המיועדים לקטיף (צהוב ואדום). כמו כן, כאשר בודקים בכל אחד מהמטעים בנפרד (חצור ועמק החולה) ובשני חודשי הבדיקה נמצא כי מספר הביצים שהוטלו על פירות צעירים (ירוק וחנט) גבוה באופן מובהק ממספרם על פירות לקטיף (אדום וצהוב) (עמק החולה- $T\text{-test } T_{448,0.066}-4.22; p<0.0001$ ובחצור $T\text{-test } T_{100,1.85}-5.49; p<0.0001$). ניתן לראות זאת באיור 3 המציג את אחוז הביצים שהוטלו על פירות צעירים (ירוק וחנט) לעומת אחוז הביצים שהוטלו על פירות לקטיף (אדום וצהוב) בכל אחד מהמטעים.



איור 2: מספר הפירות על העצים שנבדקו על פי השלב הפנולוגי (1) ומספר הביצים שהוטלו על הפירות על פי השלב הפנולוגי של הפרי (2) במהלך חודשים ספטמבר-אוקטובר (זן וונדרפול בחלקת חצור).



איור 3: אחוז הביצים שהוטלו בחודשים ספטמבר-אוקטובר על פרי צעיר או פרי לקטיף מתוך סך הביצים הכללי בחלקת חצור ובחלקת עמק החולה.

סיכום ניסויי מטע: על פי הממצאים של שנת מחקר זו ניתן להסיק כי אפשר להסיט את הטלת נקבת הכחליל מפירות המיועדים לקטיף לפירות צעירים בהם מעדיפה הנקבה להטיל.

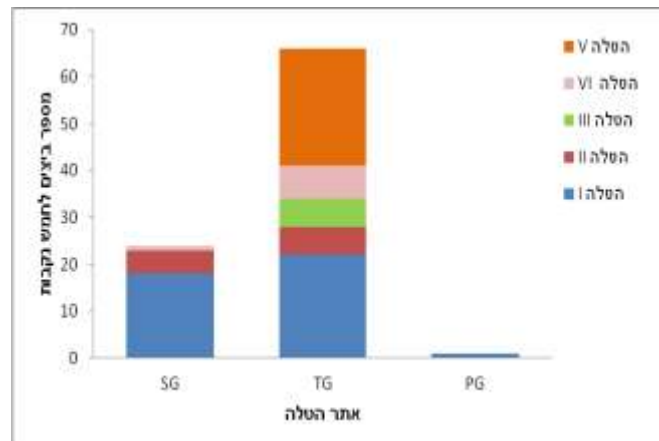
2. ניסוי העדפה במעבדה

2.1 שימוש במניפת צבעים בגווני הירוק כאתר הטלה חלופי:

מניפת הצבעים בתוך קופסאות הניסוי לא היוותה מקור אטרקטיבי ולא בוצעה עליה הטלה, במקרים בהם היתה הטלה היא נעשתה בתוך צלוחיות האוכל עם מי הסוכר. ייתכן שהעדר ההטלה טמון בחומר ממנו נעשתה מניפת הצבעים.

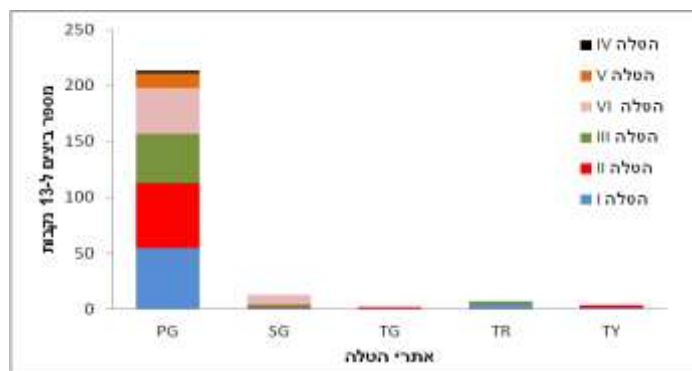
2.2 השפעת מיצוי קליפת רימון על העדפת הטלה:

בסדרת הניסויים הראשונה, מתוך 27 זוגות פרפרים שהוכנסו לקופסה הטילו רק 5 נקבות. באיור 4 ניתן לראות את מספר הביצים שהטילו נקבות הכחליל באתרי ההטלה שהוצעו בקופסא ואת רצף ההטלה. ניתן לראות כי אתר ההטלה המועדף הינו מיצוי מרימון ירוק עם הסוכר (TG).



איור 4: מספר הביצים שהוטלו באתרי ההטלה השונים SG - צלוחית מי סוכר, TG - מיצוי קליפת רימון ירוק עם סוכר, PG - רימון ירוק.

בבדיקת העדפת ההטלה בין מיצויי קליפות רימונים משלבים שונים של התפתחות (צעיר TG, החלפת צבע הפרי TY, רימון לקטיף TR) עם סוכר מול רימון ירוק (PG) הטילו 13 נקבות המהוות 33% מכלל הנקבות שהוכנסו לקופסה. נראה כי ברצף ההטלה המצטברת נקבת הכחליל העדיפה להטיל באופן ברור על גבי רימון (PG - איור 4).



איור 5: מספר ביצים שהוטלו על גבי אתרי ההטלה שהוצעו לחליל הרמון ברצף ההטלה. (PG - רימון ירוק, SG - מי סוכר ספוגים בצמר גפן, TR - מיצוי קליפת רימון אדומה מהולה במי סוכר, TY - מיצוי קליפת רימון צהובה מהולה במי סוכר, TG - מיצוי קליפת רימון ירוקה מהולה במי סוכר)

מבדיקת מיצוי רימונים באואזיס עולה כי מתוך 10 זוגות כחלילים, רק שתי נקבות כחליל הטילו והן העדיפו להטיל על גבי האואזיס הספוג במיצוי רימונים על פני הרמון.

2.3 בדיקת העדפת נדיפים באולפקטומטר:

בבחינת המשיכה של הכחלילים לנדיפים (22 נקבות) במכשיר האולפקטומטר לא נמצאה העדפה לרימון או לנדיפי הרמון. הנקבות ברובן לא נעו כלל באולפקטומטר ובמידה ונעו לא נמצאה בחירה בנדיפים (7 לא בחרו כלל, 10 בחרו באויר ו- 5 בחרו בנדיפים).

3. בדיקת העדפה בית רשת:

הפרפרים בבית הרשת לא חיפשו מזון ולא הזדווגו, אלא נצמדו לדפנות הרשת וחיפשו פתח יציאה. לא הצלחנו לראות התקבצות על שיחי הרמון או הוידליה.

סיכום ומסקנות

בשנת המחקר הראשונה זיהינו את טווח ספקטרום הצבע של הרמון הירוק המועדף להטלה ויצרנו אתר הטלה מלאכותי (רימון דמה ירוק) על פי הספקטרום שזוהה. רימוני הדמה לא זוהו ע"י הנקבות כאתר הטלה מתאים במעבדה ובשטח ובחלק מהמקרים אפילו צלחת המזון הועדפה על פניהם. גם במטע וגם במעבדה הרמון הירוק נמצא מועדף כאתר הטלה ראשון. בניסויי המעבדה מצאנו כי במשך הזמן הנקבה כנראה עוברת בין אתרי ההטלה ומטילה מספר ביצים דומה בכל אתר.

בשנת המחקר הנוכחית מצאנו כי השארת רימונים ירוקים במטע מהווה אתר אטרקטיבי להטלת ביצי הכחליל ומקטינה את הנזק לפירות המיועדים לקטיף. צורת היישום של השארת חנטים ורימונים צעירים במטע מחייבת בדיקה נוספת לבחינת השלכות על איכות הפרי הנקטף והדרך להוריד את הפרי הירוק המשמש כמקור אילוח פוטנציאלי. בנוסף, יש להתייחס למצבים חריגים בהם יכולה להתפתח אוכלוסייה מוקדמת (לפני סוף יולי) בה כל הרימונים הצעירים, כולל הרימונים המיועדים לקטיף, יהיו אתרים פוטנציאליים להטלה. במחקרים הבאים יש צורך לבחון ולהגדיר מהו גודל האוכלוסייה של המזיק המהווה סיכון שכזה ובאילו תנאים עשויה להתפתח אוכלוסייה כזו.

ממצאים משנת מחקר זו ומשנות מחקר קודמות מהשטח ומהמעבדה מחזקים את ההשערה כי נקבת הכחליל נמשכת לגוון הירוק. אולם, כאשר נפרסה בפני הנקבות מניפת גווני ירוק היא לא נמצאה אטרקטיבית להטלה. ייתכן כי לא נמצא הגוון הנכון ויתכן כי החומר ממנו עשויה מניפת הצבעים דחה את הנקבה. אולם ייתכן גם כי הצבע הוא רק גורם אחד וחלקי בהחלטת הנקבה היכן להטיל. סימוכין לכך ראינו במטע, נצפתה העדפה ברורה להטלה על רימון ירוק אך היתה הטלה רבה גם על חנטים אדומים.

נראה, אם כן, כי גורם הצבע אינו הגורם היחידי בבחירת אתר ההטלה. לפיכך, ניסינו במעבדה לבחון את השפעתם של גורמי בחירה נוספים ויצרנו אתרים עם מיצויים ונדיפים של רימונים. בשלב הראשון ניסינו להפיק שמן אתרי בשיתוף עם מעבדתו של דר' נתיב דודאי, אולם לא יצא שמן מקליפות הרימון, לכן השתמשנו במיץ שהופק מקליפות רימון בשלבי התפתחויות שונים. בניסוי שבדק מיצוי מקליפות רימון ירוק בלבד נראתה העדפה להטלה על צלוחית עם המיצוי מרימון ירוק בשילוב מי סוכר. בניסוי שבחן האם יש הבדל בהעדפת הטלה בין מיצויים מצבעים שונים של רימונים ראינו כי היתה הטלה על מיצויים מהשלבים השונים, אולם כשנבחנה בחירה מרובה הועדפה ההטלה על גבי הרימון שהוצע בקופסא. גם בשנה זו נמצא כי במשך הזמן הנקבה עוברת בין אתרי ההטלה וכי הרימון אטרקטיבי על-פני תמציות הרימונים. בניסוי ההקדמי שערכנו בבית רשת לא הצלחנו למשוך את הנקבות לצמחי הוידליה עליהם נראו בעבר הכחלילים כמקור צוף או אתר הזדווגות.

השאלות שנשארו פתוחות הן מהם הגורמים הנוספים העשויים למשוך את נקבת הכחליל. מעקב רציף אחר התנהגות הכחלילים יתן מידע מדויק יותר על סדר הפעולות הקובע את בחירת אתר ההטלה ע"י הנקבה. הפרקטיקה של השארת רימונים ירוקים בשטח כאתרי הטלה אטרקטיביים מחייבת גם היא בחינה של ההשלכות השונות על היבול וקביעת מידת ההשקעה בטיפול לעומת רמת הנזק לחקלאי.

תודות:

ישראל לובבסקי, הבעלים ויובל בר-צור, המרכז ממטע הרימונים הסמוך לחוות המטעים בעמק החולה
אדי מרכז מטע הרימונים חצור
יותם נוי, פרויקטנט בחוג למדעי הסביבה, מכללת תל-חי.
מעבדתו של דר' נתיב דודאי, נוה יער, מנהל המחקר החקלאי.