

***Bactrocera oleae* הדברה ביולוגית של זבוב הזית  
(Rossi) בישראל**

**עבודת גמר**

**מוגשת לפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית**

**האוניברסיטה העברית בירושלים**

**לשם קבלת תואר "מוסמך במדעי החקלאות"**

**על ידי**

**ארנון טביק**

**דצמבר 2008**

**רחובות**

**טבת תשס"ט**

עבודה זו נעשתה בהדרכתם של:

**ד"ר עינת צחורי פיין**

המחלקה לאנטומולוגיה,

מרכז מחקר נווה יער, מנהל המחקר החקלאי

משרד החקלאות

**פרופ' משה קול**

המחלקה לאנטומולוגיה,

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, ע"ש ר. ה. סמית

האוניברסיטה העברית בירושלים

## הוקרת תודה,

ראשית למנחיי: לד"ר **עינת צחורי פיין** על הגישוש המשותף בתחומים חדשים וטיכוס העצה, ההושעה בנבכי הלוגיסטיקה והבירוקרטיה, הנחישות להתגבר על קשיים, והחברה העליזה. לפרופ' **משה קול**, על העצות הטובות ועל רצון אמיתי וכן ללמד בדרך של התנסות.

לחברי המעבדה: **אלעד חיל**, **נטע מוזס דאובה**, **איילת פלוגר כספי**, **עמית ברונר יגאל**, **ואולגה לרקוב** על החברה הטובה ועל הנכונות התמידית לעזרה. תודה מיוחדת לאולגה על ההדרכה בהכנת הדגימות ל-HPLC, והליווי הצמוד עד לקבלת התוצאות וניתוחן.

לד"ר **יעל ארגוב**, **שגיא גבריאלי**, ד"ר **וולף קוסליצקי** וכל צוות המכון להזברה ביולוגית ע"ש כהן על העזרה השוטפת באספקת חרקים, כלובים ובטקסונומיה. תודה מיוחדת ל**יעל** על השותפות והליווי לכל אורך העבודה.

לכל אנשי נווה יער שסייעו – **חשמונאי מדאר** ז"ל על הציוד, **עוזי וולף** שפיזר עימי כלובים בשטח וד"ר **נורית קציר** שאפשרה לי להשתמש בזיתים שבשטח התחנה.

לד"ר **אלנה אסלסון** ופרופ' **ארי שפר** על ביצוע כרומטוגרפיית ה-HPLC וניתוח התוצאות.

לד"ר **פתחי עבד אלהאדי וראובן בירגר** שתרמו לי מניסיונם העשיר בשטח.

לכל מגדלי הזיתים, ובמיוחד ל**עמיעד לפידות** מכרם מהר"ל ו**אורן הכסטר** ממגל ששיתפו פעולה בשמחה.

לפרופ' **מושיק ענבר** ופרופ' **בועז יובל** על עצות חשובות.

לפרופ' **דן גרלינג** על אספקת מלכודות ה malaise, ול**ארנון אלוש** מ"כיו-בי מערכות ביולוגיות" על אספקת כלובי הרשת לניסוי.

לד"ר **אורן אוסטרזצר ופליקס שייע** על אספקת זרעי הקיקיון.

לד"ר **נטע דורצ'ין** על הגדרת היתוצים, ולד"ר **קים הולמר** על הגדרת הצרעות.

לפרופ' **ג'יי רוזנהיים** על העזרה בניתוח הצרעות ונטיעת המוטיבציה.

לכל חברי המעבדה של ד"ר **אריק פלבסקי**: **יונתן מעוז**, **טל חנוני**, **אלון לוטן** ו**שירה גל** על שכנות טובה ועזרה רבה.

למשפחתי - **אילת**, **איתי ואורי**, שטיילו איתי במטעי הזיתים, ניטרו איתי מלכודות, לכדו איתי צרעות, וקיבלו את זכוב הזית כזכוב הבית. תודה ל**אילת** שתפרה לי שרוולים לכלובים באישון ליל, תמכה, ודחפה.

לקרן ע"ש אליהו סבירסקי ז"ל ורחל על המלגות הנדיבות.

תודה לכל מחברי העבודות והמאמרים בישראל משנותיה המוקדמות של המדינה ולפניהן, שנהניתי מעבודתם היסודית ושפתם הציורית.

## תוכן העניינים:

1	תקציר
3	מבוא
	<b>פרק 1 – דינאמיקה עונתית של זבוב הזית ואויביו הטבעיים בנוכחות והיעדר פרי</b>
6	1.1 מבוא
9	1.2 שיטות
12	1.3 תוצאות
22	1.4 דיון
	<b>פרק 2 – מגבלה להזנה על סוכרים ב-<i>P. concolor</i> במטעי זיתים</b>
26	2.1 מבוא
30	2.2 שיטות
32	2.3 תוצאות
36	2.4 דיון
	<b>פרק 3 – איתור צמחים מספקי צוף ל-<i>P. concolor</i></b>
38	3.1 מבוא
40	3.2 שיטות
43	3.3 תוצאות
46	3.4 דיון
48	<b>דיון מסכם</b>
53	<b>רשימת ספרות</b>
I	<b>תקציר באנגלית</b>

## תקציר

זבוב הזית, *Bactrocera oleae*, הוא מזיק מפתח לגידול זיתים ברחבי העולם. האמצעים המקובלים בהגנת הצומח נגד הזבוב כוללים ריסוסים כימיים וטכניקות של לכידה המונית. למרות שהדברה ביולוגית של מזיק זה נחקרת ומיושמת באינטנסיביות מזה 80 שנה, ההצלחה מוגבלת, וההגנה המושגת אינה מגיעה לרמה הנדרשת.

מטרת העבודה הנוכחית היא לשפר אמצעי הגנת הצומח כנגד מזיק זה באופן ידידותי לסביבה, בדגש על הדברה ביולוגית. לשם כך כיוונתי ל: (1) תיאור הרכב ופנולוגיה גילדת הצרעות הטפיליות התוקפת את רימת הזבוב בישראל, ותיאור הפנולוגיה של הזבוב עצמו. (2) איתור גורמים מגבילים אפשריים להדברה הביולוגית של הזבוב. (3) ניסיונות לייעול ההדברה הביולוגית של הזבוב ע"י הסרת הגורמים המגבילים.

להשגת המטרה הראשונה, ערכתי סקר של צרעות טפיליות התוקפות את רימת הזבוב ע"י איסוף דגימות פרי במועדים שונים, וזיהוי החרקים המגיחים מהן. בתקופות בהן לא זמין פרי במטע, עקבתי אחרי גיחת זבובים בוגרים מהקרע ע"י שימוש בכלובי גיחה. נגיעות המזיק בפרי התאפיינה בשני שיאים, הראשון ביולי והשני באוקטובר. לפחות חמישה מיני צרעות טפיליות נמצאו תוקפים את רימת הזבוב ממשפחת ה-Braconidae (*Psytalia concolor* ו-*Diachasmimorpha kraussi*) ועל המשפחה Chalcidoidea (*Eupelmus urozonus*, *Pnigalio mediteraneus* ו-*Cyrtoptix latipes*). בעוד ששיעור הטפילות היה גבוה בשיא הנגיעות הראשון, הוא צנח בחדות בשיא הנגיעות השני, והצרעה היחידה שנמצאה אז היתה *P. concolor*. נראה לכן שקיים גורם המגביל את פעילות הצרעות הטפיליות בסתיו. בהיעדר פרי, זבובים הגיחו מהקרע מפברואר ועד תחילת אפריל. הזבובים נאלצו אם כך לשרוד לפחות שלושה חודשים כבוגרים עד להבשלת פירות חדשים המתאימים להטלה. ניתן לנצל דפוס הגחה זה לתזמון מיטבי של טיפולים כנגד הבוגרים, כגון לכידה המונית, כאשר אין פרי זמין לרביית הזבוב.

כדי לענות על המטרה השנייה של העבודה, בחנתי את ההשערה שצרעות טפיליות של זבוב הזית מוגבלות ע"י זמינותם של משאבי מזון סוכריים הדרושים לפעילות הבוגרים. ראשית, ניסוי מניפולטיבי בכלובי ענפים על עצי זית הראה כי בוגרי *P. concolor* שרדו יותר זמן כאשר סופק להם דבש בהשוואה לצרעות בכלובי ביקורת ללא דבש. שנית, אספתי פרטים מעופפים של *P. concolor* במטע זיתים, בחנתי את פרופיל הסוכרים בגופם באמצעות כרומטוגרפיית HPLC והשוויתי אותו לזה של צרעות מעבדה שהורעבו או ניזונו על דבש ללא הגבלה. לצרעות שנאספו במטע היו רמות נמוכות של כלל הסוכרים בדומה לאלה שבנקבות מעבדה מורעבות. הסוכר היחיד שהיה ברמות גבוהות בפרטים שנלכדו במטע היה גלוקוז. דבר זה עשוי להעיד על תזונה במטע ממקור סוכרי העשיר בגלוקוז, או לחילופין, פירוק מהיר של גליקוגן כפיצוי על זמינות סוכר נמוכה. שתי הגישות בפרק זה חיזקו את ההשערה שהצרעות מוגבלות ע"י זמינות הסוכרים במטע.

למטרת המחקר השלישית, ניסיתי לאתר צמח בעל צוף אשר יוכל לספק סוכר ל-*P. concolor*, מתוך מטרה להשתמש בו כגידול כיסוי צוף להגברת ההדברה הביולוגית בזיתים. השפעת נוכחות קיקיון מצוי (*Ricinus communis*), שומר פשוט (*Foeniculum vulgare*) ואספסת הגלבווע (*Medicago sativa*) על הישרדות *P. concolor* נבחנה במעבדה. נמצא שקיקיון מצוי האריך את חיי הצרעות בהשוואה לביקורת ללא צמחים. עם זאת, בניסוי המשך, שבו גישת צרעות לצופנים החוץ פרחיים של קיקיון הורשתה או נמנעה, לא נמצאו הבדלים בהישרדות הצרעות בין שני הטיפולים. נראה לכן שההשפעה החיובית של צמח הקיקיון על הישרדות הצרעות היתה דרך מנגנון אחר ולא ע"י אספקת צוף.

מן העבודה עולה כי זבובים מגיחים מהקרקע כבר בחורף, וכי צרעות טפילות מוגבלות ע"י כמות הסוכר הזמין להן במטע. בהתאם לכך נראה שיש לרכז (i) את מאמצי ההדברה לתקופת האביב בה ישנה כבר פעילות זבובים בוגרים אך אין במטע פרי מתאים לרביית המזיק, ו- (ii) את מאמצי עידוד פעילותן של הצרעות הטפילות, על ידי הוספת מקורות מזון סוכריים במטע.

## מבוא

### גידול זיתים בישראל:

הזית הוא גידול שמן עתיק, ומהווה גידול חקלאי מרכזי באגן הים התיכון. ב-1999 הוערך גידול הזיתים העולמי ב 82,000,000 דונם וב-10,000,000 טון זיתים בשנה (Civantos 1999). בישראל הוערך שטח הזיתים בשנת 2004 בכ-180,000 דונם זיתי שמן, ו 25,000 דונם זיתי מאכל. זהו השטח הגדול ביותר של מטעים מאותו המין בארץ, וגידול זה מפרנס חקלאים רבים (הורוביץ ובירגר 2004). בין פרוקי הרגליים התוקפים את הגידול מהווה זבוב הזית, *Bactrocera (Dacus) oleae* (Rossi), ממשפחת הפריזבוביים, מזיק מפתח, ופגיעתו נחשבת לחמורה ביותר בגידול הזיתים (Civantos 1999).

### פריזבוביים (Tephritidae):

הפריזבוביים (Diptera) הם משפחה גדולה הכוללת 481 סוגים וכ-4500 מינים (Friedberg 2005). בכל המשפחה מטילה הזבובה הבוגרת ביצה לרקמה צמחית, לרב לרקמת הפרי, שלוש דרגות הרימה מתפתחות בפונדקאי, וההתגלמות עשויה להתרחש בפרי או בקרקע. לאחר הגחת הבוגר דרושים מספר ימים להתבגרות מינית, בהם זקוקים הבוגרים למים וסוכר, ולנקבה דרוש חלבון להבשלת הביצים (Fletcher 1987).

למרות שרוב המינים בטבע הינם מונופאגים, רוב המינים המזיקים בחקלאות הם פוליפאגים (Fletcher 1987). מבחינה זו יוצא דופן זבוב הזית, שהוא מונופאג והזית הוא הפונדקאי היחיד בו מתפתחות רימות הזבוב (Robinson and Hooper 1989). לפיכך תלוי מחזור החיים של הזבוב בפנולוגיה העונתית של הזית, בנוכחות פרי ובמצבו.

### ביולוגיה של זבוב הזית:

מחזור החיים של הזבוב דומה לזה של פריזבוביים אחרים, הנקבה מטילה ביצה בפרי זית, ומן הביצה בוקעת הרימה הניזונה מציפת הזית. בסיום התפתחות מתגלמת הרימה בעיקר בפרי בתחילת העונה, אך עם התקדמות העונה עוזבת פרופורציה גדולה יותר של הרימות את הפרי ומתגלמת בקרקע, כאשר קרוב ל-100% מהרימות מתגלמות בקרקע בחודשי הסתיו (Kapatos & Fletcher 1983). התגלמות בפרי בחודשי הקיץ עשויה למנוע תמותת גלמים בשל טמפרטורה גבוהה בקרקע, ושיערו שההתגלמות בקרקע בחודשי הסתיו היא תוצאה של סלקציה נגד התגלמות בפרי בגלל סכנת המסיק בתקופה זו (Kapatos & Fletcher 1986).

במעבדה, תזונה סוכרית מסייעת לבוגרים בהישרדות, ושילוב תזונה סוכרית וחלבונת מגביר באופן משמעותי את ההטלה אצל נקבות ואת ההישרדות של שני הזוויגים. עם זאת הזכרים יכולים להבשיל חלק מתאי הזרע ללא תזונה חלבונתית (מור 1958). בניסויי הזנה, טל דבש של קמחית ההדר, *Pseudococcus citri*, שהתגלה כמכיל חומצות אמינו רבות, העלה את כשירות הזבוב, וכך גם מזונות

טבעיים נוספים כגון אבקות פרחי זית וגפן. עם זאת, תזונת הבוגר בטבע אינה ברורה. זכרים ונקבות נצפו מלקקים את המיץ הזב מפרי לאחר דקירת הנקבה, ובנוסף תועדה אכילה על פירות תאנים. במחקר ששילב תצפיות על ארבעה מיני *Bactrocera* אחרים באוסטרליה ולימוד מבנה ותפקוד גפי הפה במעבדה, נצפתה תזונה בעיקר על פני שטח הפרי הפונדקאי (Vijaysegaran 1995).

הפנולוגיה העונתית של זכוב הזית בארץ ובעולם מתאפיינת במס' גלים של נגיעות גבוהה כאשר ביניהם יורדת הנגיעות. בקורפו נמצאו ארבעה שיאים של לכידות בוגרים במשך השנה, שמתקבלים אחרי שיאים של הטלת ביצים לפרי. בישראל ערך אבידב (1958) מחקר רב שנתי בו עקב אחרי הזכוב ע"י לכידות בוגרים, והגיע למסקנה כי הזכוב מקים ארבעה דורות בשנה באזור שפלת החוף. ההטלות הראשונות במחקר זה התקבלו במחצית הראשונה של יוני, כאשר עד חודש מאי אחוז הנקבות שנמצאו ביצים בשחלותיהן היה 5-7%. לקראת הסתיו עלה אחוז הנקבות שהכילו ביצים ל-50-80%. תמונה דומה נצפתה בקורפו כאשר בתחילת הקיץ לא נמצאו נקבות שהכילו ביצים בשחלותיהן (Fletcher et al. 1978).

Fletcher וחבריו (1978) חקרו את המנגנונים המשפיעים על יצירת וספיגת ביצים בשחלות נקבות הזכוב בסדרת ניסויי מעבדה ושדה. מסקנותיהם היו כי יצירת הביצים מושפעת מאינטראקציה בין נוכחות פרי וטמפרטורה. בטמפרטורות מתונות ( $23^{\circ}\text{C}$ ) היתה יצירת ביצים גם ללא נוכחות פרי, ב- $26^{\circ}\text{C}$  הגבירה נוכחות פרי את יצירת הביצים, ב- $29^{\circ}\text{C}$  לא היתה יצירת ביצים ללא פרי, ונוכחות פרי הגבירה את יצירת הביצים אך במעט. היות שבטמפרטורות גבוהות ישנה תמותת ביצים גבוהה בפרי (Kapatos & Fletcher 1986), הציעו החוקרים כי השפעת הטמפרטורה על דינאמיקת השחלות עשויה להיות מנגנון אבולוציוני שמסייע לסיכויי הבקיעה וההתפתחות של הצאצאים.

תזמון הגחת הבוגרים מהקרקע נחקר בקורפו, ושם נצפו שני גלים בהגחת בוגרים מהקרקע, הראשון בין אוקטובר לדצמבר, והשני בין פברואר לאפריל. גידול הזיתים בקורפו ייחודי בכך שהפרי נשאר על העצים במשך כל החורף, ונושר באביב. כלומר רביית הזכוב אפשרית במשך כל השנה. לעומת זאת בישראל ובמקומות אחרים מוסקים את הפרי בחדשי הסתיו, החנטה בעונה הבאה מתרחשת רק בתחילת מאי, והפרי אינו רצפטיבי להטלה לפני יוני בד"כ (אבידב 1958), כך שלא מתאפשרת רבייה בין החודשים דצמבר-יוני. אבידב (1951) סבר כי הזכוב בישראל חורף כבוגר היות שישנן הגחות זכובים מפירות שנלקחו למעבדה בדצמבר, אולם במחקרו לא היה ניטור בין החדשים דצמבר ומרץ, כך שלא ניתן להסיק זאת בוודאות. פלאוט (1950) מצא עלייה בלכידות זכובים בחודש מאי, ושיער כי הדבר עשוי לנבוע מהגחת בוגרים מהקרקע לאחר דיאפאוזה, או מהגירה של בוגרים שחרפו מחוץ למטע בחזרה אל תוך מטע הזיתים לאחר חנטת הזיתים.

גורמי תמותה הפועלים על הדרגות הצעירות של הזכוב נחקרו באינטנסיביות ביוון. גורם התמותה העיקרי של ביצים ושל דרגת הזחל הראשונה היה טמפרטורה גבוהה בחדשים יולי-אוגוסט; דרגות הזחל השניה והשלישית הוטפלו ע"י צרעות מעל-משפחת ה-Chalcidoidea; גלמים בפרי סבלו מטרפה ע"י נמלים וציפורים; וגלמים בקרקע סבלו בעיקר מתמותה בשל גשם בחורף וגם מתמותה



תלויית חום בקיץ. בסה"כ הוערכה ההישרדות מביצה עד בוגר בין 16-26% בשנים שונות (Kapatos & Fletcher 1986). גורמי תמותה שפועלים על הבוגר לא כומתו ונותחו.

#### נזק הזכוב לחקלאות:

הנזק הכלכלי שגורם זכוב הזית לזיתי שמן מחולק לשלושה מרכיבים: פחיתת יכולת בשל נשירת פרי, ירידה במשקל הציפה בשל תזונת הרימה, וירידה באיכות השמן של פרי נגוע (Michelakis and Neuenschwander 1983). עיקר הנזק נגרם בשל נשירת פרי, היות שמעט נאכל מן הציפה, והשפעה של הנגיעות על האיכות יכולה להימנע ע"י תנאי האחסון של הזיתים לאחר המסיק. נשירת הפרי מתרחשת כתוצאה מירידה בכח הדרוש לניתוק פרי נגוע, כאשר עיקר הירידה מתרחשת לאחר עזיבת הרימה את הפרי, ועיקר הנשירה מתרחשת באוקטובר. העץ יכול לפצות על אובדן יכולת של עד כ-10% נשירה ע"י הגדלת משקל הפרי ותכולת השמן. גם מועד הנגיעות משפיע על הנזק, כאשר לנגיעות כחודש לפני המסיק יש השפעה מועטה על היכולת או איכותו (נסקר ב Kapatos 1989).

#### הגנת הצומח:

ריסוסים כימיים הם הפרקטיקה המקובלת בישראל להתמודדות עם זכוב הזית. החומר המקובל הוא הזרחן האורגני "רוגור" בריסוס חיפוי, אשר פועל גם על בוגרים וגם כנגד הרימות בפרי. חומרים נוספים בשימוש הם "סקסס" המכיל ספינוזאד ממקור בקטריאלי בתוספת פיתיון, והזרחן האורגני "מלתיון" בשילוב "בומינל" כפיתיון חלבוני. אפשרות אחרת בשימוש היא לכידה המונית של הזכוב. ישנם בארץ מס' יצרנים של מלכודות מסחריות ללכידת הזכוב, ובמקומות אחרים בעולם נהוג השימוש במלכודות המוכנות באופן ביתי. המושכנים הינם מגוונים וניתן למצוא בהם מלחי אמוניה, שמרים וסרדינים מתים. הדברה קולטורלית של הזכוב אפשרית ע"י סניטציה של פרי במטע בסוף העונה, ופגיעה מכנית בגלמים בקרקע, אולם אפשרויות אלה לא מקובלות. אפשרות נוספת היא שיטת הזכרים העקרים (SIT), אולם זו טרם יושמה בקנה מידה גדול בשל שיקולי כדאיות כלכלית. בהדברה ביולוגית של הזכוב הושקע מאמץ רב, בעיקר בשנות ה-60 של המאה העשרים, והתקבלה הפחתה ברמת הנגיעות של הזכוב, אולם לא עד לרמה הרצויה (נסקר ב Delanoue 1970). עניין מחודש בהדברה ביולוגית של הזכוב התעורר עם כניסת הזכוב לארצות הברית בשנת 1998 (Johnson and Daane 2007).

#### מטרות העבודה:

מטרת העל של עבודה זו היא לשפר את ממשק אוכלוסיות זכוב הזית במטעים באמצעים ידידותיים לסביבה. העבודה מתחלקת למטרות הביניים הבאות:

1. תיאור הפנולוגיה של הזכוב בישראל.
2. זיהוי האויבים הטבעיים העיקריים של רימת הזכוב בישראל, ולימוד הפנולוגיה שלהם.
3. זיהוי גורמים מגבילים להדברה הביולוגית של הזכוב.
4. שיפור ההדברה הביולוגית ע"י הסרת הגורמים המגבילים.

# 1. דינאמיקה עונתית של זבוב הזית ואויביו הטבעיים בנוכחות והיעדר פרי

## 1.1 מבוא

### 1.1.1 אויבים טבעיים של זבוב הזית:

היות שהדרגות השונות של זבוב הזית חיות בסביבה שונה זו מזו, חשופה כל דרגה לאויבים טבעיים אחרים. רימת יתוץ הזית, *Lasioptera berlesiana*, מזווחת על פי מספר מקורות כטורפת את ביצת הזבוב, אם כי הראיות לכך סותרות (Neuenschwander et al. 1983). בעבודה שנעשתה בישראל לא נמצאו ראיות לטריפת ביצים ע"י רימת היתוץ (גרזון 1962).

הדרגה שבאויביה הטבעיים בה רוכז המאמץ המחקרי הרב ביותר הינה הרימה השוכנת בפרי. מגוון צרעות טפיליות אנדופרזיטיות ממשפחת ה *Braconidae*, ואקטופרזיטיות מעל-משפחת ה *Chalcidoidea* מטילות בתוך או על הרימה, זחל הצרעה מתפתח וניזון מרימת או מגולם הזבוב, כאשר בגמר ההתפתחות מגיחה הצרעה הבוגרת מהחביונה. גורם תמותה ביוטי נוסף לרימות בפרי הוא טריפה ע"י נמלים, או אכילת הפרי השלם ע"י ציפורים (Neuenschwander et al. 1983).

הגולם חשוף לטריפה בפרי מהגורמים שצויינו קודם לגבי הרימה, ובנוסף גלמים בקרקע נטרפים ע"י חיפושיות מהמשפחות *Carabidae* ו *Staphylinidae*, וכן ע"י נמלים שונות (Neuenschwander et al. 1983). כמו כן עשויה להיות טריפת גלמים בקרקע ע"י ציפורים.

פחות מכל ידוע על אויבים טבעיים של דרגת הבוגר. ב *Tephritidae* אחרים דווחה טריפת בוגרים ע"י עכבישים. טורפים נוספים עשויים להיות ציפורים, אך אין דיווחים על תצפיות ישירות על טריפת בוגרים ע"י ציפורים (Fletcher 1987).

מאמצים רבים הושקעו במהלך המאה העשרים באיתור, מחקר ויישום של אויבים טבעיים לשלב הרימה של זבוב הזית. בשנת 1910 מצא Marchal את הצרעה הטפילית *Psytalia (Opus) concolor* (*Braconidae*) (Szépl) שהגיחה מזיתים בתוניס. בעשרים השנה הבאות ביצע האנטומולוג האיטלקי Silvestri מסעות חקר לחיפוש אויבים טבעיים לזבוב הזית באפריקה, ואיתר מינים רבים התוקפים את רימת הזבוב. עם זאת, נסיונות הגידול והאקלום של מינים אלה נתקלו בקשיים, ועיקר ההצלחה בתחום היה בגידול *P. concolor*. צרעה זו תוקפת גם את זבוב הים התיכון, *Ceratitis capitata*, כך שניתן היה לבסס את גידולה על הגידול ההמוני של זבוב הים התיכון, אשר פשוט ויעיל בהרבה מגידול זבוב הזית (נסקר ב Wharton 2005).

החל משנות העשרה של המאה העשרים ועד לשנות השישים שלה התבצעו נסיונות אינטרודוקציה אינטנסיבים של *P. concolor* באיטליה ע"י Monastero, אשר הסתכמו בהצלחות בהתבססות באזורים מסויימים, ויעילות שדווחה במקרים אחדים כ"מרשימה" (Ragusa 1974), אם כי לא מספיקה ללא פיזורים נוספים (Delanou 1970). בשנת 1998 הדר זבוב הזית לארה"ב, וחודש העניין באיתור אויבים טבעיים. בסקר שנערך ברחבי אפריקה ואסיה נמצאו מיני צרעות נוספים אשר

תוקפים את הזבוב, ואלה נמצאים כיום בניסויים לבדוק את כדאיות פיזורם ובמבחני ספציפיות. הצרעות הטפיליות לזבוב הזית שאותרו עד היום אינן ספציפיות לזבוב זה בלבד, ועשויות לתקוף זבובי פירות אחרים (Wharton 2005).

בישראל נאספו *P. concolor* ו- *Euplemus spp.* (Euplemidae) מזיתים ע"י בודנהיימר (1925). גם אבידב (1951) וגרזון (1962) מדווחים על גיחת *P. concolor* מזיתים בארץ, אך מאז לא נערך מחקר בתחום ההדברה הביולוגית של זבוב הזית בישראל.

בסביבה הקרובה לישראל, במזרח הים התיכון, התגלו הצרעות *P. concolor*, *Pnigalio agraulis*, *Eupelmus sp.*, *Macroneura sp.*, *Eurytoma martellii*, *Eurytoma sp.* ו- *Cyrtotypx latipes* במצריים (El-Khawas et al. 2000), *P. concolor*, *Eupelmus urozonus*, *Trichosteresis glabra* ו- *Tetrastichus sp.* (Mustafa and Al-Zaghal 1987) בירדן ו- *P. concolor*, *Pnigalio mediterraneus*, *Eupelmus urozonus*, *Cyrtotypx latipes* בכרתים (Neuenschwander et al. 1983). בתוניס ובכרתים דווח על דינאמיקה עונתית שבה נצפו הצרעות מעל משפחת ה- Chalcidoidea תוקפות את רימת הזבוב בחדשי הקיץ, אך לקראת הסתיו החליפה אותם *P. concolor* בנוכחותה (Arambourg 1962, Neuenschwander et al. 1983).

### 1.1.2 ביולוגיה של *P. concolor*

מחזור החיים של *P. concolor* נחקר בעיקר בגידול על גבי זבוב הים התיכון. הבוגרת מחפשת פונדקאים ע"י תיפוף עם המחושים על מצע ההטלה, אח"כ היא בוחנת את מצע ההטלה ע"י דקירה באמצעות צינור ההטלה למס' שניות, שבמקרה של הטלה מלווה בהטלה שאורכת כ- 30-40 שניות (Canale and Raspi 2000). הצרעה מטילה ביצה בתוך הרימה, כאשר היא מעדיפה להטיל בדרגה שנייה או שלישית (Canale and Loni 2006), אם כי כל הדרגות עשויות להיות מותקפות (Arambourg 1962). בדרגה הראשונה של הזבוב לא בוקעת ביצת הצרעה, אך היא עשויה לבקוע כבר בדרגת הזבוב השנייה. המשך ההתנשלות של זחל הצרעה מתרחש רק 24 שעות לאחר התגלמות הזבוב. זחל הצרעה עובר בסה"כ 3 דרגות, ומתגלם בחביונה שיצרה רימת הזבוב. מהתגלמות הזבוב ועד להגחת הצרעות חולפים ב- 25°C כ-17 יום, ההגחה אורכת כ-6-7 דקות, כאשר הזכרים מגיחים כיומיים-שלושה לפני הנקבות (Biliotti and Delanou 1959).

הבוגרים מזדווגים זמן קצר לאחר ההגחה, כאשר הנקבות רצפטיביות להזדווגות אחת בלבד, בעוד הזכרים מנסים להמשיך ולהזדווג. סופרפרזיטיזם נמצא הן במעבדה (עד ל-8 ביצים ברימת זבוב הים התיכון ועד ל-50 ביצים לפונדקאי אחד בזבוב הזית), והן במטע הזיתים (עד לשלוש ביצים לפונדקאי) (Biliotti and Delanou 1959, Arambourg 1962). עם זאת, מכל פונדקאי מגיחה צרעה בוגרת אחת בלבד, כאשר הלוות העודפות מחוסלות ככל הנראה בדרגה הראשונה ע"י הלווה הדומיננטית (Biliotti and Delanou 1959).

בצרפת נמצאה אינטראקציה בין *P. concolor* לצרעות טפיליות מעל-משפחת ה-Chalcidoidea. ברימות זכוב הזית שהוטפלו ע"י שני מינים בו זמנית, נמצא כי קלצידואידים, בעיקר *Eupelmus urozonus*, שניזון מרימת הזכוב כאקטופרזיטואיד, חיסלו גם רימות שהכילו לרוות של *P. concolor*. המחברים העלו את ההשערה שפעילות *P. concolor* היתה מוגבלת בתחילת הקיץ בשל התחרות עם האקטופרזיטואידים מעל משפחת ה-Chalcidoidea (Delanoue 1970).

במספר מחקרים על פנולוגיה הצרעות הטפיליות של הזכוב נצפתה עלייה בהטלת *P. concolor* בסתיו (Arambourg 1962, Neuenschwander et al. 1983). הטלות במטע פסקו בנובמבר (Canard et al. 1979) למרות נוכחות פירות וזבובים פונדקאים. בדומה נרשמה במחקר אחר ירידה ברמת ההטלה עם ירידת הטמפרטורות מתחת למוצק של  $10^{\circ}\text{C}$  (Arambourg 1962). גיחת צרעות מגלמים שנאספו מהקרקע והובאו למעבדה התקבלה עד ינואר, ולא נצפתה עדות לדיאפאוזה (Canard et al. 1979, al. 1962). בנוכחות פרי בחורף, התגלו צרעות בפירות שנקטפו במטע גם עד מרץ (Canard et al. 1979).

נוכחות פונדקאים לזכוב הזית וטפיליו משתנה בזמן. הזכוב זקוק לפרי מתאים להטלה על העצים כדי להתרבות, והצרעות הטפיליות זקוקות לפרי אשר יכיל רימות של הזכוב. מכאן שאוכלוסיית הזכוב, המנועה מרבייה במשך כחצי שנה בתנאי הארץ (דצמבר עד יוני בקירוב), מגבילה גם את רבייתן של הצרעות הטפיליות בתקופה זו, אם כי ייתכן מעבר לפונדקאים אחרים, היות שהן אינן ספציפיות לזכוב הזית.

מטרת פרק זה של העבודה היא להכיר את האויבים טבעיים הקיימים בארץ לרימת זכוב הזית, את הדינאמיקה בזמן של אוכלוסיותיהם ושל הזכוב בנוכחות ובהיעדר פונדקאים, ולאתר גורמים פוטנציאליים העשויים להגביל את ההדברה הביולוגית של הזכוב.

## 1.2 שיטות:

### 1.2.1 סקר צרעות טפיליות של רימת זבוב הזית בשנת 2006:

כדי ללמוד מי הם האויבים הטבעיים התוקפים את רימת זבוב הזית בישראל, התבצע סקר במטעים ובגינות פרטיות במהלך החודשים אוקטובר-דצמבר 2006. זיתים נקטפו ב-24 אתרים שונים, מכפר מנחם בדרום ועד ברעם בצפון, אשר בחלקם חזרו מס' פעמים בזמן או באותו אתר עפ"י גורמי סביבה שונים, כך שסה"כ התבצעו 64 דגימות. היות שמטרת הסקר בשנה זו היתה לייצג מס' רב ככל האפשר של אתרים, מס' הפירות והעצים שנדגמו בכל פעם נקבע עפ"י האפשרויות באתר הדגימה, ולא היה אחיד. במידת האפשר אופיינו הדגימות השונות עפ"י מיקום גיאוגרפי, אופן הגידול (מטע/גינה) ואופן איסוף הפרי (מהעץ/מהקרקע). הפירות שנקטפו הונחו בכלי גיחה מאווררים (10"ס"מX10"ס"מX7"ס"מ אXXג) והחרקים שהגיחו נספרו ונאספו מדי יום.

### 1.2.2 סקר צרעות טפיליות של רימת זבוב הזית בשנת 2007:

בשנת 2007 המשיך הסקר, אך כדי לחקור את הדינאמיקה בזמן של הזבוב ואויביו הטבעיים הוא נערך במבנה שיטתי: הדגימות החלו במאי, ונערכו אחת לשלושה שבועות. אתרי הדגימה היו במטע מגל בחלקה אורגנית מזן "פיקואל", בחלקה קונבנציונלית של הזן "סורי", ובמטע אורגני במושב כרם מהר"ל מזן "פיקואל" ו"ברנע". בכל חלקה נבחרו בכל תאריך חמישה עצים באקראי, ומכל עץ נבחרו 50 פירות באקראי.

בנוסף לדגימות אלה, נערך החל מחודש ספטמבר מעקב במטע סמוך למושב שדה אילן. במטע זה נבחרו שמונה חלקות, מכל חלקה נבחרו באקראי חמישה עצים, ומכל אחד נקטפו 20 פירות. הדגימות מכל חלקה קובצו לדגימה אחת בת 100 פירות.

הפירות שנקטפו נלקחו למעבדה כפי שהתבצע ב-2006, אך בשנה זו הספירה לא היתה יומית, אלא התבצעה לאחר שמתו כל החרקים שהגיחו בקופסא.

צרעות טפיליות הוגדרו במידת האפשר עפ"י האתר <http://hymenoptera.tamu.edu/paroffit/?olivefly> (Wharton 2005), ובמקביל נשלחו מספר פרטים מכל טקסון להגדרה ע"י ד"ר קים הולמר בארה"ב, ועפ"י הגדרות אלה התבצעה ההגדרה בהמשך. בשנת 2007, צרעות שזוהו כשייכות לעל משפחת ה-Chalcidoidea הועברו לזיהוי ע"י ד"ר וולף קוזליצקי במכון להדברה ביולוגית ע"ש כהן. יתוצים נשלחו להגדרה ע"י ד"ר נטע דורצ'ין באוניברסיטת בקנל בארה"ב.

### 1.2.3 הגחת זבובים וצרעות טפיליות מהקרקע בהיעדר פרי על העצים:

כדי לאמוד את תזמון הגיחה של זבוב הזית ושל *P. concolor* מהקרקע, הונחו כלובי גיחה בשני מטעי זיתים, כרם מהר"ל ושדה אילן, ב-4/2/08 וב-10/2/08 בהתאמה. בכל מטע הונחו 5 מסגרות פח (20X60X80 ס"מ אXXג), אשר כוסו ברשת 25 מש. בתוך כל מסגרת נתלתה מלכודת צהובה שנחתכה לחצי (על מנת להתאים למידות הכלוב), וכמו כן נתלתה מלכודת דבק צהובה על העץ שמעל

למלכודת (איור 1.1). כל המלכודות נוטרו אחת לשבועיים-שלושה בתחילת הניטור, ואחת לחודש במשך הקיץ. זבובים וצרעות שנלכדו נספרו עפ"י זוויג, והוסרו מן המלכודת. המעקב המשיך בשדה אילן עד סוף מאי, ובכרם מהר"ל עד ספטמבר.



איור 1.1: כלוב ללכידת זבובי זית וטפיליהם המגיחים מהקרקע. הכלוב מכיל מלכודת דבק צהובה, ומלכודת דומה תלויה על העץ שמעל המלכודת.

### ניתוח הנתונים:

כיוון שבתוך רימה אחת של הזבוב מסוגלת להתפתח רק צרעה אחת (Biliotti and Delanou 1959), הרי שכל צרעה שהגיחה התפתחה על חשבון זבוב אחד. מכאן, תחת ההנחה שתמותת הרימות בפרי נמוכה (עפ"י גורמי התמותה שכומתו ע"י Kapatos and Fletcher 1986), שהמספר ההתחלתי של רימות הזבוב (לפני הטפלה) בכל דגימה שווה בקירוב לסכום מספר הזבובים שהתפתחו בדגימה ומספר הצרעות שהתפתחו בדגימה לפי

$$N_{\text{initial flies}} = N_{\text{wasps}} + N_{\text{E. oleae}} \quad 1:$$

מפיקך, על מנת להעריך את מס' הזבובים ההתחלתי לפרי (מידת הנגיעות) חולק מספר הזבובים ההתחלתי בדגימה במס' הפירות באותה דגימה.

$$\% \text{Infestation} = \frac{N_{\text{initial flies}}}{N_{\text{fruits}}} * 100 \quad 2:$$

אחוז הזבובים שנקטל על ידי הצרעות שווה למס' הצרעות שהתפתחו בדגימה, מחולק לאוכלוסיית הזבוב ההתחלתית בה, כלומר ל:

$$\% \text{parasitism} = \frac{N_{\text{wasps}}}{N_{\text{initial flies}}} * 100 \quad \text{משוואה 3}$$

יחס הזוויגים (זכרים/סה"כ פרטים) בפועל הווהוה ליחס הזוויגים הצפוי של 0.5 עפ"י מבחן פירסון (JMP 7, SAS institute).

#### השפעת אתר האיסוף (מטע/גינה) ומיקום הפרי (עץ/קרקע) על מס' הצרעות לפרי

כיוון שבחלק מאתרי הסקר ב-2006 לא יוצגו באופן מאוזן הגורמים הנ"ל, נותחה השפעתם רק באתרים בהם ניתן היה להשוות באופן מאוזן שתי רמות של גורם נבחן. היות שהשונוה לא היתה הומוגנית בין טיפולים שונים בוצעה ההשוואה בחלק מהמקרים ע"י מבחן Wilcoxon rank sum test (JMP 7, SAS institute).

#### משך התפתחות מאיסוף הפרי ועד ההגחה

בדגימות בהן די נתונים, נבחנה עבור כל דגימה בנפרד ההשערה שהתפלגות הגיחה של החרקים בזמן היא נורמלית עפ"י מבחן שפירו ווילקס (JMP7). כמו כן, חושב ערך הקורטוזיס<sup>1</sup> בעקומות שבהן היו די נתונים, על מנת לתת מדד כמותי לצורת העקומה. השפעת הזוויג על משך ההתפתחות (הזמן מדגימת הפירות ועד להגחה) נותחה ע"י ניתוח הישרדות עבור כל דגימה בנפרד (Kleinbaum and Klein 2005), וע"י ניתוח שונות דו כיווני שבו נכללו הגורמים זוויג, דגימה (כגורם אקראי) והאינטראקציה זוויגXדגימה (JMP 7, 2007).

#### הקשר בין צפיפות הזבובים (רמת הנגיעות) וצפיפות הצרעות

בדגימות בהן היו נתונים לגבי מספר הפירות, נותחה הקשר בין צפיפות הזבובים (מספר הזבובים המגיחים חלקי מספר הפירות בדגימה) וצפיפות הצרעות (מספר הצרעות המגיחות למספר הפירות בדגימה), וכן בין צפיפות הזבובים לאחוז הטפילות ע"י רגרסייה לינארית. כל הנתונים נותחו בעזרת התכנה JMP7 (2007).

<sup>1</sup> ערך הקורטוזיס הוא מדד המתאר צורת התפלגות. ערך של 0 מעיד על התפלגות נורמלית בצורת פעמון. ערכים חיוביים מעידים על סטייה מנורמליות כך שישנן יותר תצפיות במרכז ההתפלגות, וערכים שליליים מעידים על סטייה מנורמליות כך שיש יותר תצפיות בשוליים, כלומר לכיוון התפלגות אחידה (Sokal and Rohlf 1981).

### 1.3 תוצאות

#### 1.3.1 סקר 2006:

##### זהות החרקים

מתוך 64 דגימות הפרי בשנה זו, הגיחו זבובים מ-39 דגימות (61%). משבע מהדגימות בהן הגיחו זבובים, הגיחו גם צרעות טפיליות (18% מהדגימות שהכילו זבוב). לא היתה גיחת צרעות מדגימות אשר מהן לא הגיחו זבובים. מ-16 דגימות הגיחו יתוצים (25% מהדגימות).

בסה"כ נאספו בסקר בשנה זו 3177 פירות, 345 פרטים של זבוב הזית, 16 צרעות טפיליות ו-60 יתוצים. 15 צרעות טפיליות הוגדרו כ *P. concolor* וצרעה אחת מעל משפחת ה *Chalcidoidea*. היתוצים הוגדרו כ *Lasioptera berlesianae* ו *Asynapta spp.* מאפייני האתרים שמהם הגיחה הצרעה הטפילית *P. concolor* מופיעים בטבלה 1.1.

יחס הזוויגים של כלל הזבובים שנאספו היה 1:1. יחס הזוויגים של *P. concolor* היה 28% זכרים, ולא נבדל מ-50% באופן מובהק ( $\chi^2 = 2.57, DF = 1, p=0.1088$ ). אחוז הטפילות בסקר היה בין 0 ל-28.57%. ממוצע ההטפלה היה 2.66% בשקלול כל הדגימות, ו-14.8% בהתעלם מן הדגימות בהן לא היו צרעות כלל.

**טבלה 1.1: מאפייני האתרים שבהם נמצאה הצרעה הטפילית *P. concolor* בשנת 2006. אחוז**

**הטפילות מחושב כמס' צרעות/(מס' צרעות + מס' זבובים)\*100.**

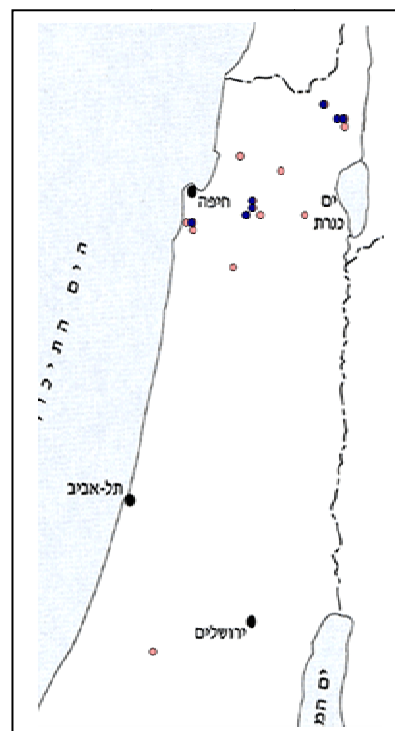
ת. דגימה	מיקום	סוג האתר	פירות	זבובים	<i>P. concolor</i> ♂	<i>P. concolor</i> ♀	סה"כ <i>P. concolor</i>	% טפילות
13/10	קרית טבעון	גינה 1	79	10	0	1	1	9.09
13/10	קרית טבעון	גינה 2	74	3	0	1	1	25.00
24/10	שדה אליעזר	גינה	85	13	1	0	1	7.14
24/10	ברעם	מטע	51	21	1	2	3	12.50
26/10	יסוד המעלה	גינה	179	6	1	0	1	14.29
05/11	קרית טבעון	גינה 3	48	10	2	2	4	28.57
13/11	כרם מהר"ל	מטע	156	53	0	4	4	7.02



### השפעת אתר האיסוף (מטע/גינה) ומיקום הפרי (עץ/קרקע) על מס' הצרעות לפרי:

צרעות טפיליות נמצאו הן בגינות והן במטעי זיתים מסחריים; חמישה אתרי דגימה מהם הגיחו צרעות היו בגינות פרטיות, ושניים במטעים (טבלה 1.1, איור 1.2). התוצאות המופיעות הן עבור האתרים ובהם מס' הזבובים והצרעות היה שונה מ-0.

איור 1.2. אתרים בהם נמצא זבוב הזית, *Bactrocera oleae*, בדגימות פרי ממטעי זיתים. באתרים מסומנים בכחול נמצאה הצרעה הטפילית *P. concolor*, ובאתרים המסומנים בוורוד היא לא נמצאה.



### מקום האיסוף עץ/קרקע

השוואה בנגיעות בזבוב בין פרי על העץ ועל הקרקע היתה אפשרית בשישה אתרים. מתוכם, רק בברעם נמצא הבדל מובהק באחוז הנגיעות בין העץ והקרקע עפ"י מבחן פירסון (41.17% נגיעות לעומת 9.23% בהתאמה,  $\chi^2 = 16.33$ ,  $DF = 1$ ,  $p < 0.0001$ ). באתרים האחרים היה אחוז הנגיעות נמוך מ-2%, ולא נמצאו הבדלים מובהקים בנגיעות. ניתוח משולב של כל האתרים יחד לא הראה הבדל מובהק בין אחוז הנגיעות בפרי ובקרקע ( $t_6 = -1.4$ ,  $p > |t| = 0.21$ ). במטע קיבוץ ברעם נדגמו פירות מהקרקע ומהעץ, אך צרעות הגיחו רק מדגימת העץ (3 פרטים). ההבדל במס' הצרעות לפרי, בין העץ לקרקע היה מובהק עפ"י מבחן פירסון ( $\chi^2 = 3.925$ ,  $DF = 1$ ,  $p = 0.0476$ ). לא נמצאה אף דגימה בסקר שבה הגיחה צרעה מפירות שהיו על הקרקע.

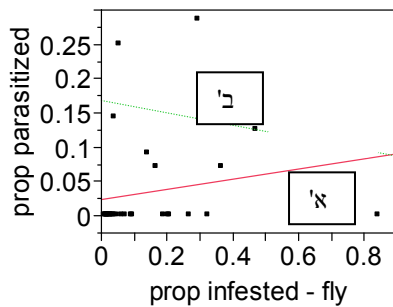
בבחינת הנגיעות בזבוב בסוגי האתרים לא נמצאה השפעה מובהקת לסוג האתר על הנגיעות בזבוב עפ"י מבחן Wilcoxon א-פרמטרי (גינות 7.79%, מטעים 8.82%,  $p > 0.3$ ). בגינות נמצאו יותר צרעות לפרי מאשר במטעים, (0.009 ו-0.005 בהתאמה), אך הבדל זה לא היה מובהק עפ"י ניתוח שונות לפרי כ Covariate (טבלה 1.2), נמצאה השפעה מובהקת למס' הזבובים, אך לא לסוג האתר, או לאינטראקציה בין מס' הזבובים לסוג האתר.

**טבלה 1.2: השפעת סוג אתר האיסוף (גינה/מטע), מס' הזבובים לפרי והאינטראקציה ביניהם על מס' *P. concolor* לפרי בסקר 2006.**

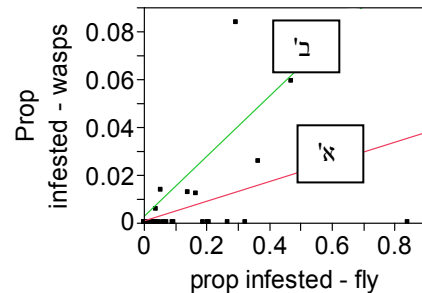
מקור השונות	DF	SS	F ratio	P value
סוג האתר	1	0.001	0.993	0.324
מס' זבובים לפרי	1	0.002	8.413	<b>0.006</b>
סוג האתר X מס' זבובים לפרי	1	0.001	2.257	0.14
שגיאה	46	0.01	-	-

הקשר בין צפיפות הזבוב לצפיפות *P. concolor* ולאחוז הטפילות

התקבל קשר חיובי ומובהק, אך חלש בין מספר הזבובים לפרי ומספר הצרעות לפרי בכל דגימה (איור 1.3 א'). קשר חזק יותר, אך במובהקות גבולית התקבל עבור אותו קשר אך רק בדגימות שבהן נמצאו צרעות (איור 1.3 ב'). קשר חלש ולא מובהק התקבל בין מספר הזבובים לפרי ואחוז הטפילות, גם כאשר נכללו כל הדגימות, וגם כאשר נכללו אך ורק הדגימות שמתוכן הגיחו צרעות (איור 1.4).



איור 1.4: הקשר בין מספר הזבובים לפרי (ציר ה-X) ואחוז הטפילות (ציר ה-Y) שהתקבל בדגימות פרי שונות בסקר 2006. א' - בהכללת כל הדגימות האפשריות ( $N=31$ ,  $R^2=0.03$ ,  $p=0.33$ ), ב' אך ורק עפ"י הדגימות מהן הגיחו צרעות ( $N=7$ ,  $R^2=0.03$ ,  $p=0.72$ ).

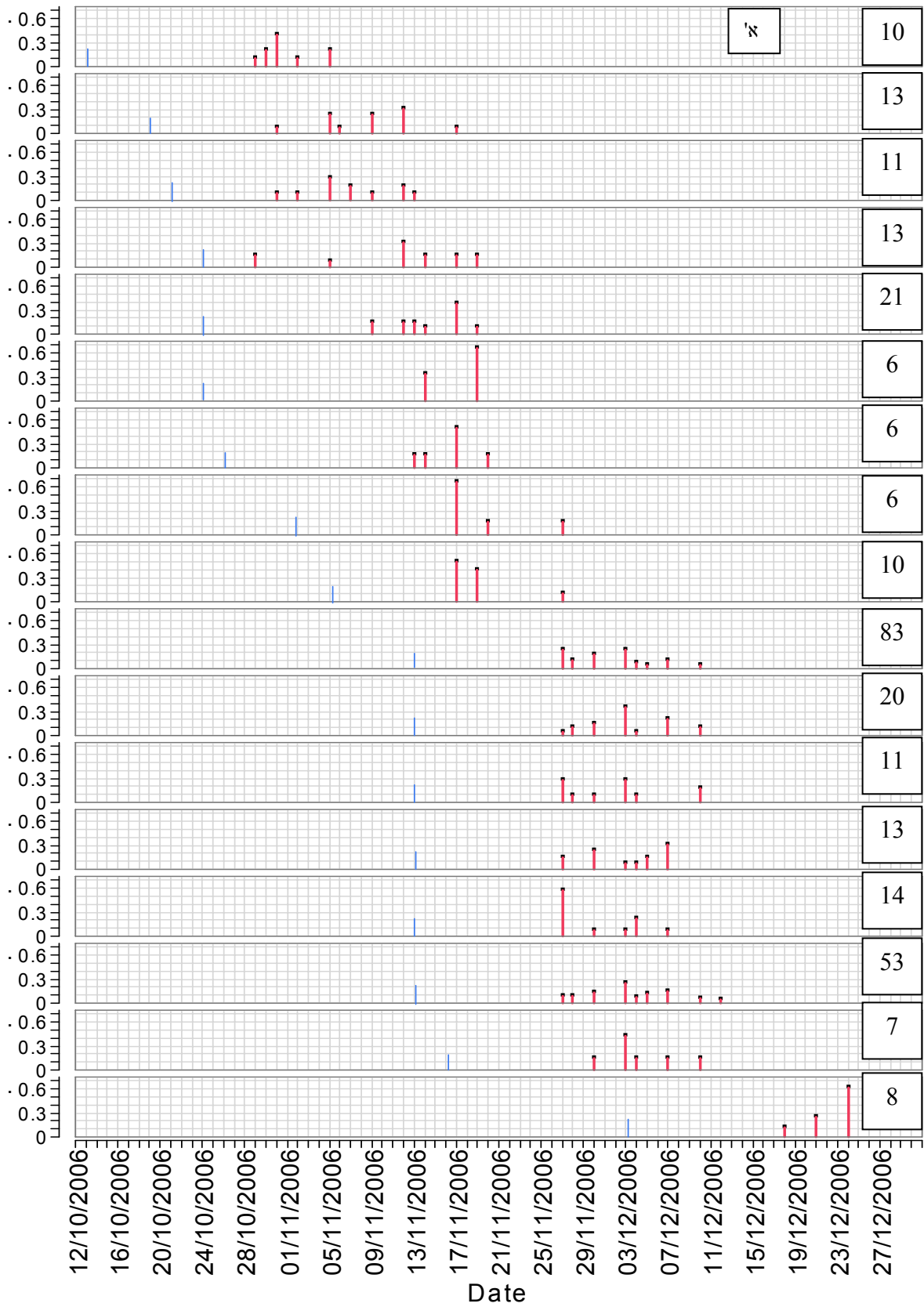


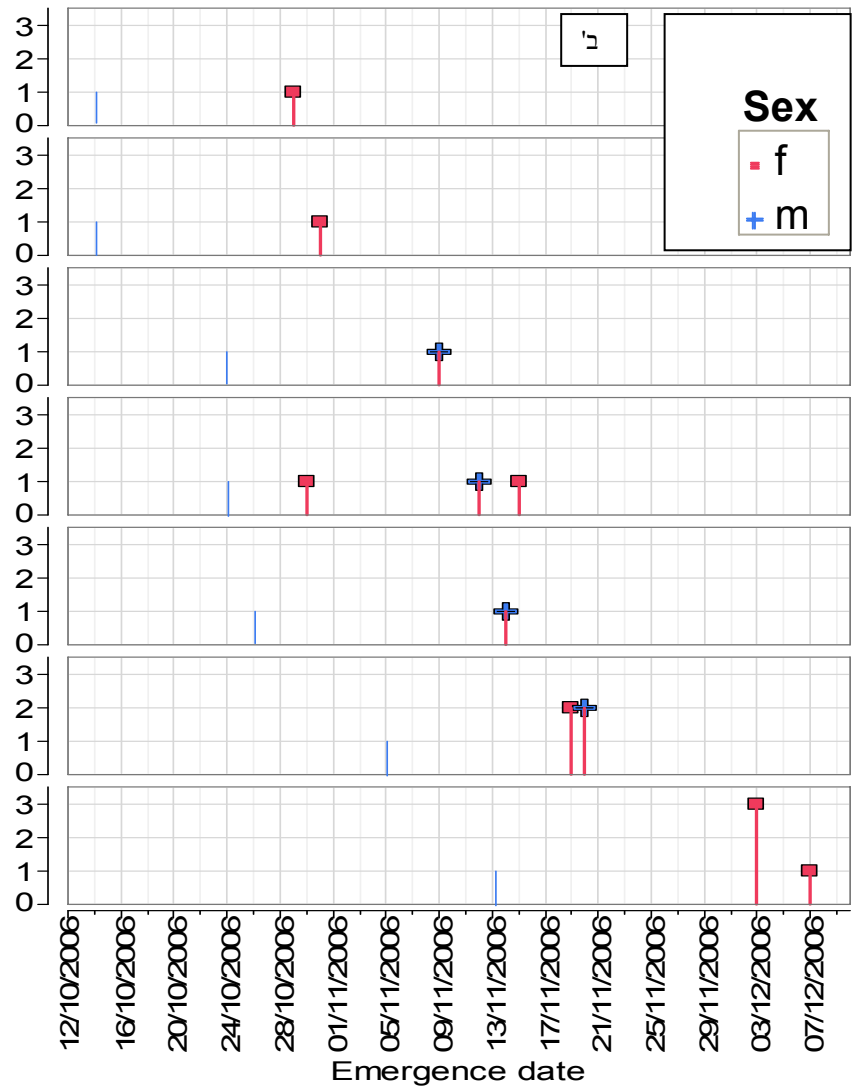
איור 1.3: הקשר בין מספר הזבובים לפרי (ציר ה-X) ומס' הצרעות לפרי (ציר ה-Y) שהתקבל בדגימות פרי שונות בסקר 2006. א' - בהכללת כל הדגימות האפשריות ( $N=50$ ,  $R^2=0.18$ ), ב' אך ורק עפ"י הדגימות מהן הגיחו צרעות ( $N=7$ ,  $R^2=0.48$ ,  $p=0.0829$ ),  $p=0.0018$ .

### התפלגות גיחת הזבובים והצרעות בזמן

גיחת הזבובים המוקדמת ביותר בסקר התקבלה חמישה ימים לאחר הדגימה, והמאוחרת ביותר 29 ימים לאחר הדגימה. התפלגות הגיחה בזמן בכל דגימה בנפרד נראתה בדרך כלל כהתפלגות פעמון שטוחה. ב-13 מתוך 18 הדגימות בהן ניתן היה לחשב את ערך הקורטוזיס, הוא היה שלילי. ב-11 מ-24 הדגימות בהן ניתן היה לבחון את נורמליות ההתפלגות, נדחתה השערת הנורמליות ( $p < 0.05$ ). התפלגות הגיחה בזמן של הדגימות שמהן הגיחו לפחות שישה זבובים מופיעה באיור 1.5 א'.

גיחת *P. concolor* התקבלה בין 6-24 ימים לאחר הקטיף. לא היו די פרטים על מנת לנתח סטטיסטית הבדלים בזמן ההגחה בין זכרים ונקבות, ולא נראו הבדלים בדפוס הגיחה (איור 1.5 ב'). בשתי הדגימות שבהן הגיחו גם זכרים וגם נקבות של *P. concolor* לא היו די פרטים לניתוח סטטיסטי, ולא נראתה מגמת הבדל בזמני ההגחה של הזויגים.

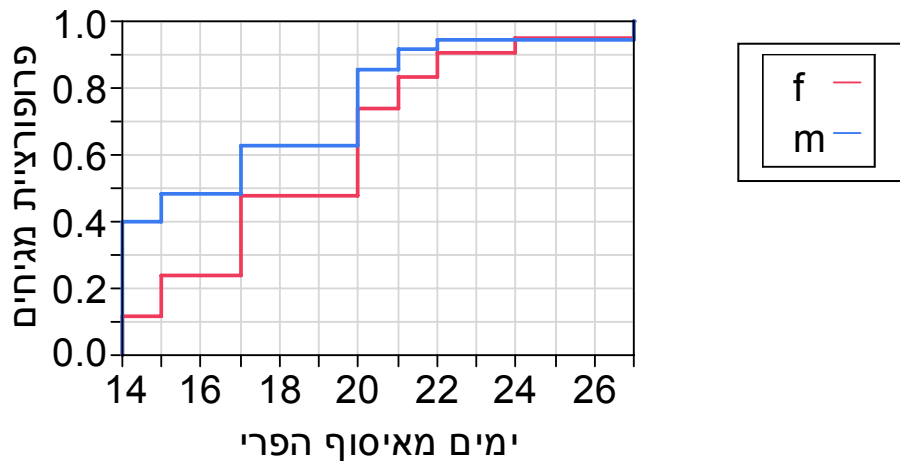




איור 1.5: דפוסי הגיחה של זבוב הזית (א) ו *P. concolor* (ב) בתאריכים שונים מדגימות פרי שנלקחו למעבדה בשנת 2006. הדגימות המיוצגות בזבוב הזית הן רק כאלה שמהן הגיחו לפחות שישה זבובים. כל שורה מייצגת דגימת פרי שונה. המספר בצד ימין מציין את מס' הזבובים בדגימה, הקו הכחול מציין את התאריך שבו נקטפו הפירות, והקווים האדומים את התאריכים שבהם הייתה גיחת חרקים. ציר ה-Y בכל שורה מייצג את פרופורציית הזבובים שהגיחה ביום מסויים מסך כל הזבובים שהגיחו מאותה דגימה (א) או את המספר המוחלט של *P. concolor* שהגיחו עפ"י הזווית (ב).

### השפעת זווית החרק על זמן ההגחה

בניתוח שונות של כלל הדגימות בסקר, לא נמצאו הבדלים בזמן הגיחה של זבובים נקבות לעומת זכרים (20.02- ו 20.25 ימים לאחר הדגימה, בהתאמה;  $p > 0.5$ ). עם זאת, כאשר נבחנה כל דגימה בנפרד בניתוח הישרדות, נמצא הבדל מובהק בין זמן גיחת הזכרים והנקבות בדגימה שבה היה מספר הפרטים הרב ביותר (מבחן Wilcoxon לניתוח הישרדות,  $\chi^2 = 5.12$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.0237$ ; איור 1.6).



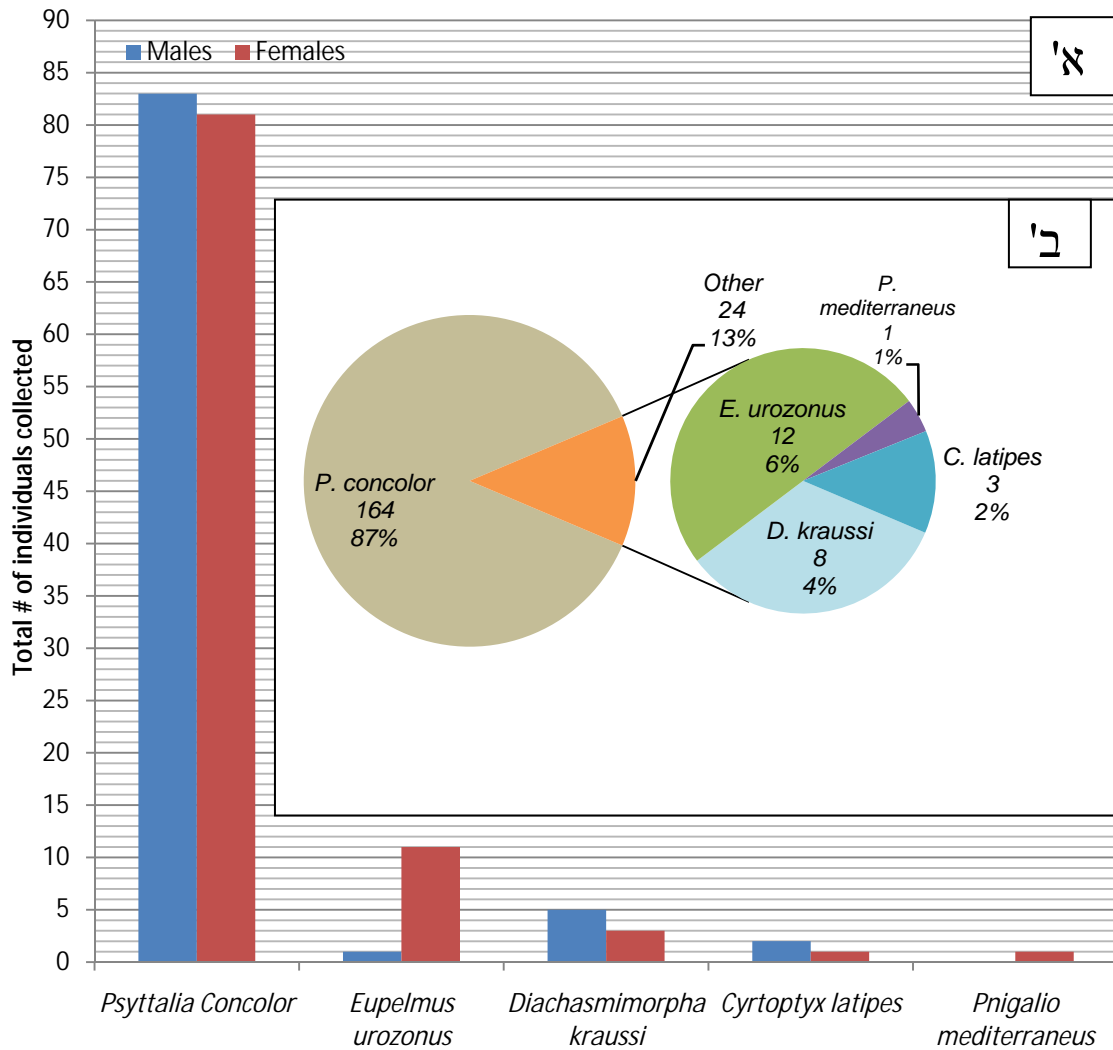
איור 1.6: דוגמה לדגם הגיחה בזמן של זכרים ונקבות של זבוב הזית מדגימה יחידה של פרי קטוף. ציר ה-X מייצג את הזמן שחלף מדגימת הפרי, וציר ה-Y את פרופורציית הפרטים המצטברת שהגיחו בכל זווית. ת. דגימה – 13.11.2006, אתר - כרם מהר"ל, זן – פיקואל, מס' זכרים - 35, מס' נקבות - 42.

### 1.3.2 סקר 2007:

#### זהות החרקים

מ- 79 מתוך 187 דגימות הפרי בשנה זו הגיחו זבובים (42% מהדגימות), ומ-39 מתוכן הגיחו צרעות טפיליות (49.37% מהדגימות שהכילו זבוב). בסה"כ נאספו בסקר בשנה זו 12150 פירות, 1265 פרטים של זבוב הזית ו-187 צרעות טפיליות. מגוון הצרעות בשנה זו היה רחב מהמגוון ב-2006, גם בשנה זו היתה הצרעה הדומיננטית *P. concolor*, אך בנוסף אליה נמצא המין *Diachasmimorpha kraussi* ממשפחת ה-Braconidae, והמינים *Eupelmus urozonus*, *Cyrtotypx latipes* ו-*Pnigalio mediterraneus* מעל משפחת ה-Chalcidoidea (איור 1.7).

יחס הזוויגים של כלל הזבובים שנבדקו בשנה זו היה 47% זכרים (n=627). הרכב מיני הצרעות ויחס הזוויגים של כל מין מופיעים באיור 1.7, המין היחיד בו נבדל יחס הזוויגים במובהק מ-0.5 הוא *E. urozonus* (יחס זוויגים 8.3% זכרים, n=12,  $\chi^2 = 8.33$ , df=1, p=0.0039). בנוסף לזבוב הזית וטפיליו, נמצאו פרטים של עש הזית, *Prays oleae*, שהגיחו מהפירות בכרם מהר"ל, מגל ושדה אילן החל מאמצע ספטמבר. זחלי העש התגלמו בפקעת לבנה מחוץ לפרי. בדגימות רבות שבהן הופיעו פקעות הופיעה גם צרעה טפילית ממשפחת ה-Braconidae. צרעה זו הופיעה רק בתקופה בה הופיעו פקעות על הזיתים, ובמקרים רבים בדגימות שמהן לא הגיחו זבובים, כך שהגיחה ככל הנראה היתה מזחלי העש.

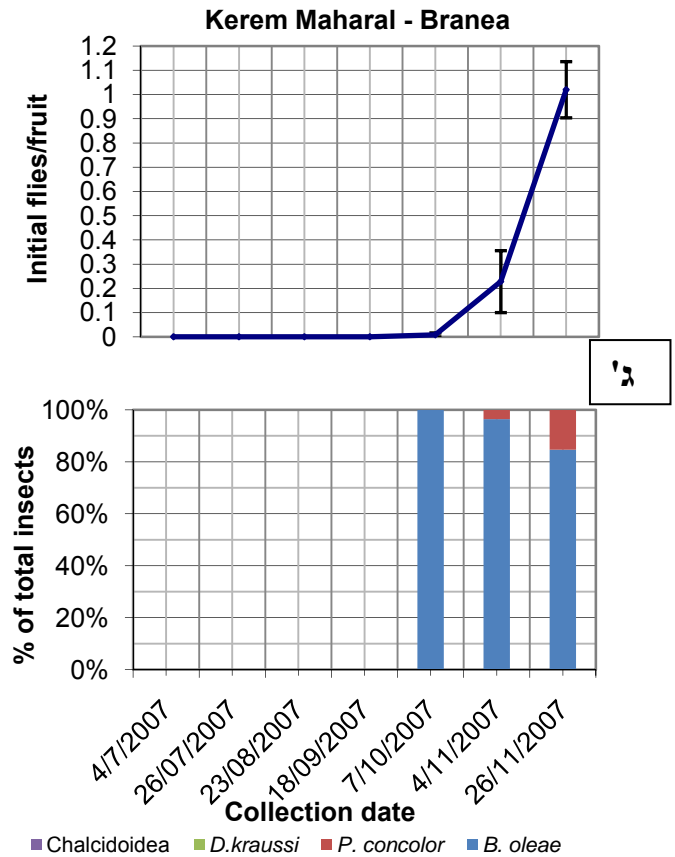
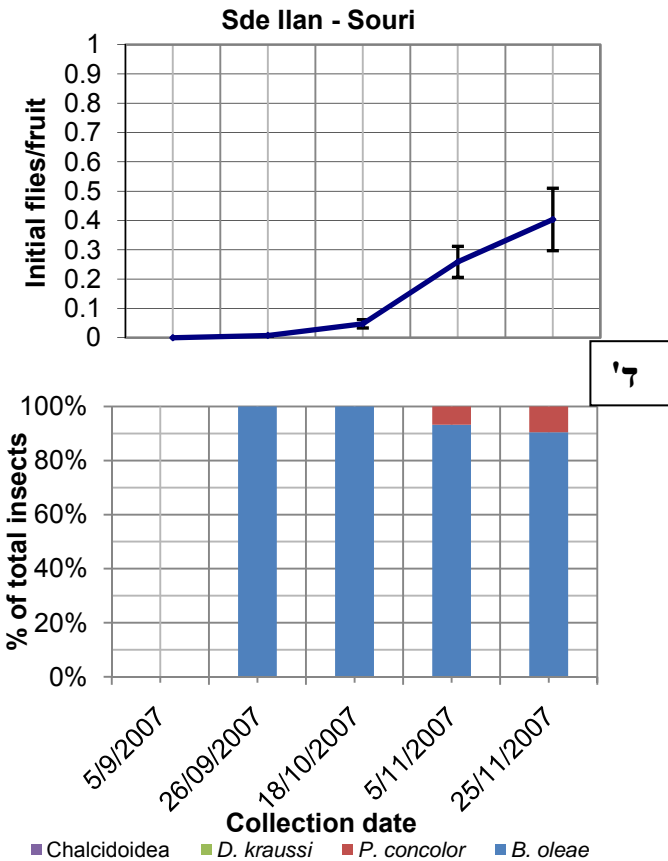
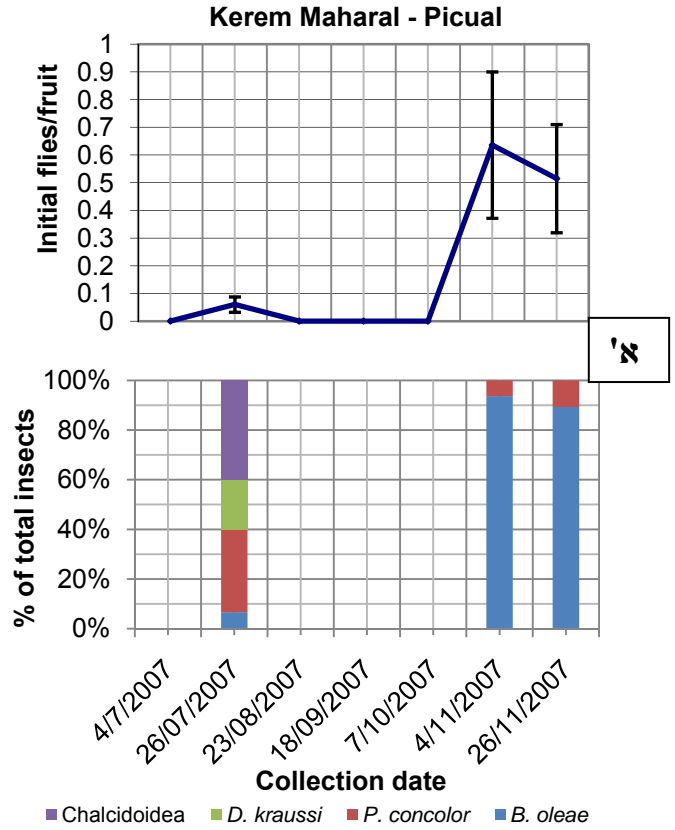
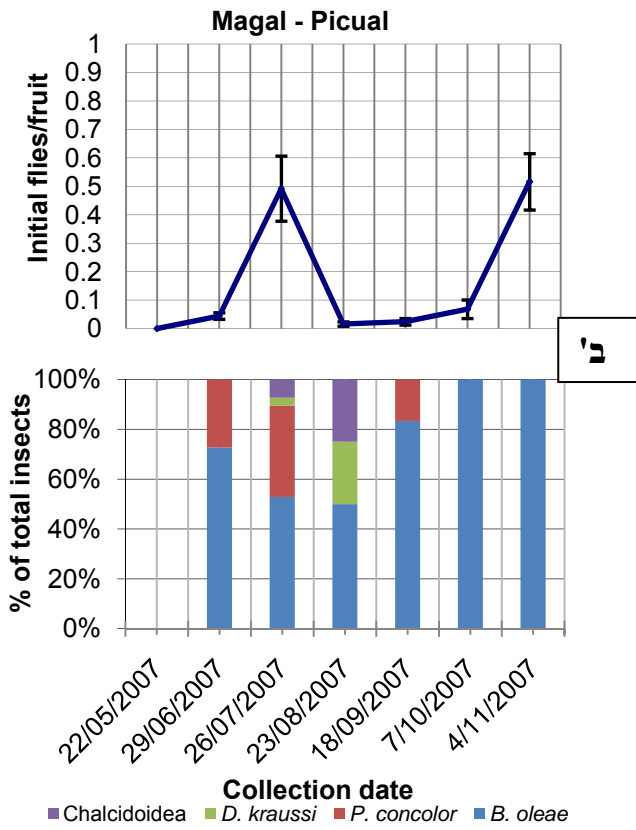


איור 1.7: א) מס' צרעות טפיליות שנאספו מדגימות זיתים בשנת 2007 מחולקות עפ"י מין וזוויג. ציר ה-Y מציין את מס' הפרטים הכולל שנאספו מכל מין וזוויג בשנת 2007. ב) נציגות יחסית של כל מין (מספר פרטים ואחוזים) בסקר.

### דינאמיקה של הזבוב בזמן

בזן "פיקואל" שפירותיו גדולים ורגישים לזבוב הזית, לנגיעות בזבוב היו שני שיאים, הראשון ביולי, והשני מאוקטובר ואילך. דפוס זה הופיע הן במטע במגל, והן במטע בכרם מהר"ל. במטע בכרם מהר"ל היתה הנגיעות ביולי נמוכה, והגיעה לרמה גבוהה בשיא השני. במגל לעומת זאת הנגיעות היתה גבוהה בשני השיאים. בין שני הגלים היתה הנגיעות במגל נמוכה מ-5%, ובכרם מהר"ל לא נמצאה כלל (איור 1.8 א', ב').

בזן "ברנע" בכרם מהר"ל, לא הגיחו זבובים בחודש יולי, אך אחר כך נצפתה מחודש אוקטובר עלייה בנגיעות במקביל לזו שהופיעה בפיקואל עד לשיא נגיעות של 1.02 זבובים לפרי, גבוה מהנגיעות שנמצאה בזן פיקואל באותו מטע בשלב זה. בזן "סורי" במטע שדה אילן, החל הניטור רק בחודש ספטמבר, והנגיעות בזבוב הופיעה מחודש אוקטובר ואילך עד לרמה של 0.4 זבובים לפרי (איור 1.8 ג', ד').



איור 1.8: דינאמיקה של הנגיעות בזבוב הזית ואויביו הטבעיים בשנת 2007 עפ"י הגחת חרקים מדגימות פרי שונים בארבעה מטעים. בגרף העליון בכל מטע מוצגת פרופורציית הפירות הנגועים המחושבת עפ"י סכום הזבובים והצרעות שהתקבלו מהדגימה מחולק במס' הפירות בה. בגרף התחתון בכל מטע מוצגת התפלגות זבובי הזית והצרעות הטפיליות שהגיעו מהזיתים.



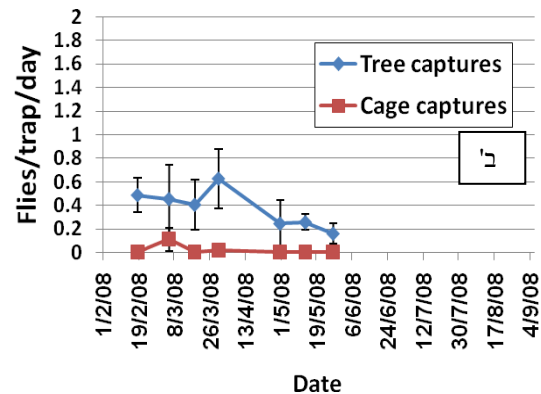
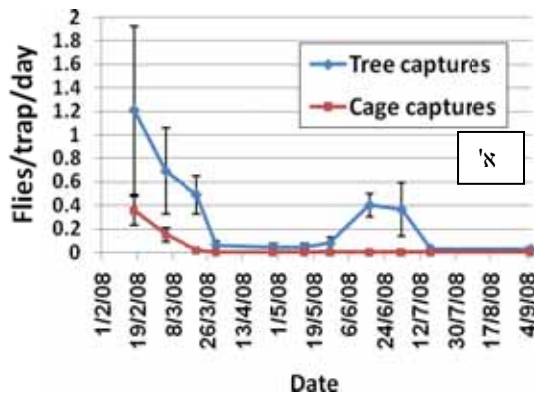
### דינאמיקה של אויביו הטבעיים של הזבוב בזמן

בזן פיקואל שבו היו שני שיאי נגיעות בעונה, רימות רבות שנאספו בחודש יולי הותקפו ע"י אויבים טבעיים במגל ובכרם מהר"ל (47.15%-ו 93% טפילות בהתאמה), כאשר הצרעה השלטת במגל היתה *P. concolor*, ובכרם מהר"ל היו הצרעות השונות בייצוג דומה (איור 1.8 א', ב'). למרות הנוכחות הגבוהה של צרעות בתחילת העונה, בהמשך העונה לא נמצאה טפילות במגל. בכרם מהר"ל המשיכה *P. concolor* להטפיל את רימות הזבוב, אך באחוזים נמוכים, ולא נמצאו צרעות אחרות. בזנים "ברנע" בכרם מהר"ל ו"סורי" בשדה אילן, הופיעו פרטים של *P. concolor* בדגימות הופיעה בהן היתה נגיעות בזבוב. הטפילות בסוף העונה במטעים אלו הגיעה ל 15%-ו 9.5%, בהתאמה. לא נמצאו מיני צרעות נוספים באיסופים אלה (איור 1.8 ג', ד').

### 1.3.3 הגחת זבובים וצרעות טפיליות מהקרקע בהיעדר פרי על העצים

גיחת זבובים מהקרקע נראתה מייד עם הניטור הראשון בחודש פברואר, ודעכה במשך שני הניטורים הבאים. ההגחה האחרונה שנרשמה בכרם מהר"ל היתה ב-20.3.08, ומאז לא נצפתה עוד הגחת זבובים מהקרקע. (איור 1.9). בשדה אילן נלכדו פחות זבובים. הגחת זבובים נצפתה לראשונה ב-5.3.08, והגיחה האחרונה נראתה ב-2.4.08. בסה"כ נלכדו בכרם מהר"ל 36 זבובים שהגיעו מהקרקע, ובשדה אילן עשרה.

לכידות על העץ הראו מגמה דומה ללכידות מהקרקע, כאשר הלכידה הלכה ודעכה עד לתחילת אפריל, עתה ביוני, וירדה שוב ביולי (איור 1.9).



איור 1.9: לכידת זבוב הזית בלוחיות דבק צהובות שהוצבו בכלובי גיחה על הקרקע או ניתלו על העץ. מוצגים מס' זבובים נלכדים ליום (מוצע  $\pm$  ש.טק) בכרם מהר"ל (א') ושדה אילן (ב').

## 1.4 דיון

המסקנה הראשונה העולה מתוצאות הסקר היא כי רמת הטפילות ברימות זבוב הזית אינה קבועה, ובעלת שונות רבה. פעילות צרעות טפיליות בשנת 2006 נמצאה רק בחלק קטן מהאתרים, ואחוז הטפילות היה בעל שונות גבוהה. אף עפ"י שחלק משונות זו מוסבר ע"י צפיפות שונה של רימות הזבוב באתרים שונים, רב השונות אינה מוסברת ע"י גורם הצפיפות (איור 1.3); גורמים אחרים שעשויים להשפיע על פעילות הצרעות לא אותרו בשנת 2006. יש לציין כי בשנה זו החל הסקר רק בחודש אוקטובר, כך שאיננו יודעים מה היה הרכב מיני הטפילים בחודשים המוקדמים יותר.

בשנת 2007 נמצא מגוון רחב בהרבה של צרעות, ובנוסף ל *P. concolor* ו *E. urozonus* שנמצאו בעבר בארץ (בודנהיימר 1925), נמצאו גם הצרעות *D. kraussi*, *C. latipes* ו *P. mediterraneus* אשר לא תוארו בעבר מזבוב הזית בישראל. בשנים האחרונות פוזרה הצרעה *D. kraussi* שמקורה באוסטרליה, כנגד זבוב הים התיכון במטעים שונים בישראל. למרות שהצרעה התבססה כנגד מזיק זה, לא דווחה בעבר בארץ נוכחותה בזבוב הזית. בהנחה שמקור הצרעה הוא בפיזורים היזומים, העובדה שהופיעה בשני מטעי זיתים בסקר, אשר לא בוצעו בהם פיזורים, מלמדת על יכולת התפשטות מהירה, ועל יכולת מעבר לפונדקאי חדש. במטעי זיתים אחרים אשר בוצעו בהם פיזורים נמצאה *D. kraussi* בתדירות דומה לזו של *P. concolor* (יעל ארגוב – תקשורת אישית). באיסוף צרעות מעופפות במטע מגל בקיץ 2008, אספתי יותר *D. kraussi* מאשר *P. concolor* (ראה פרק 2). נראה שצרעה זו מתפשטת במהירות, ותיתכן אינטראקציה בינה לבין הצרעות האחרות. ל- *D. kraussi* מספר יתרונות על פני *P. concolor*: צינור ההטלה ארוך באופן משמעותי (4 מ"מ לעומת 2.6 מ"מ, בהתאמה), כך שהיא יכולה להטיל ברימות הנמצאות בעומק הפרי מעבר לטווח הגעתה של *P. concolor*; מספר הצאצאים גבוה יותר (300 צאצאים לנקבת *D. kraussi* במעבדה לעומת 156-44 ביצים ב *P. concolor* עפ"י דיווחים שונים (Stavraki-Paulopoulou 1966, Ragusa 1974), יעל ארגוב – תקשורת אישית); וייתכן כי היא בעלת יתרון תחרותי בשלב הזחל.

במחקר שבדק תחרות בשלב הזחל בין הצרעות הטפיליות *Fopius ceratitivorus* לבין *P. concolor*, ובין *F. ceratitivorus* לבין *D. kraussi* בזבוב הים התיכון, מצאו Wang et al. (2008) כי ביצי *P. concolor* לא בקעו כאשר נמצאו באותו פונדקאי עם זחלים של *F. ceratitivorus*, אך ביצים של *D. kraussi* בקעו, והזחל שהתפתח מהן גרם למותם של זחלי ה- *F. ceratitivorus*. אף על פי שמחקר זה לא בדק תחרות ישירה בין *P. concolor* ו- *D. kraussi* באותו פונדקאי, הוא מעיד על יכולות תחרותיות שונות של שני מינים אלה בשלב הזחל. כיוון שנראה כי *D. kraussi* נמצאת בתהליך התפשטות בזבוב הזית בישראל, ניתן יהיה ללמוד רבות על יחסי הגומלין בין הצרעות הנ"ל ועל השפעת כניסת מין חדש למערכת אקולוגית ע"י מעקב אחרי הרכב מיני הצרעות בשנים הקרובות.

מתוצאות הסקר בשנת 2007 עולה כי פעילות הצרעות משתנה לא רק במרחב, אלא גם בזמן. בין שני גלי הנגיעות הגבוהה, ניכר שינוי הן בהרכב חברת הצרעות, אשר נשלטת ע"י *P. concolor*, והן באחוז הטפילות. היעלמות הצרעות הקלצידואידיות לאחר חדשי הקיץ עולה בקנה אחד עם הממצאים

מכרתים (Neuenschwander et al. 1983) ומתונים (Arambourg 1962). Arambourg and Pralavorio (1974) טענו שהקלצידואידים עוברים לפונדקאים אחרים בסתיו (מצוטט ב Kapatos and Fletcher 1986). גם בישראל ישנם צמחים שעשויים לאכלס זבובי פירות אחרים שמשמשים כפונדקאים לחלק מצרעות אלה. טיון דביק למשל, *Dittrichia viscosa*, מאכלס את הזבוב *Myopites stylata*, המשמש פונדקאי ל *E. urozonus* (Neuenschwander et al. 1983). בשלב זה לא ניתן לקבוע את סיבת היעלמותם של הקלצידואידים. יתכן שעברו לפונדקאים אחרים, נותרו במטע והפחיתו פעילות, או שמתו.

בבחינת שינוי אחוז הטפילות בזמן בסקר 2007, באתרים ובזנים שבהם הופיעו שני גלי נגיעות, אחוז הטפילות ירד בגל הנגיעות השני. במגל לא נמצאו כלל צרעות טפילות בגל השני, ובכרם מהר"ל בזן "פיקואל" נמצאה רק *P. concolor* באחוז טפילות נמוך. גם באתרים ובזנים שבהם נרשם רק גל הנגיעות המאוחר, היה אחוז הטפילות נמוך בהרבה מזה שהתקבל באתרים האחרים בגל הראשון. אחוזי הטפילות בגל השני היו דומים לאלה שנרשמו בתקופה המקבילה ב- 2006. בנוסף ניתן לראות כי למרות אחוזי טפילות גבוהים בגל הראשון, התקבלה נגיעות גבוהה בזבוב בגל השני.

השאלה העולה מתוך נתונים אלה היא מהו הגורם שהביא לירידה בפעילות הצרעות בחדשי הסתיו. מעיון בנתוני הדינאמיקה של צפיפות הזבוב בפירות, עולה כי בחודשים אוגוסט-ספטמבר הצרעות נדרשו להתמודד עם צפיפות פונדקאים נמוכה עד אפסית. בתקופה שכזו תהיה רביית הצרעות שהתפתחו בפרי ביולי נמוכה ביותר אם בכלל, ועל מנת שצרעות אלה תטלנה ברימות הגל השני, הן צריכות לשרוד חדשיים במטע. אפשרות אחרת היא מעבר להטלה בפונדקאים אחרים במטע או מחוצה לו, התפתחות צרעות בפונדקאים החליפיים, וחזרה להטלה בזבוב הזית כאשר עולה צפיפות הפונדקאים בגל השני.

בין אם הצרעות נשארו במטע, או עברו לפונדקאים אחרים, צפיפות נמוכה של פונדקאים בין שני גלי הנגיעות עשויה להיות אחד הגורמים שהביאו לירידה בפעילות הצרעות בסוף העונה. גורם נוסף אפשרי הוא הבדל בכושר הריבוי של הצרעות והזבוב. במעבדה מטילה *P. concolor* כ-44-156 ביצים בממוצע במהלך חייה (Stavraki-Paulopoulou 1966, Ragusa 1974), ונקבת זבוב הזית יכולה להטיל 197.6 ביצים בממוצע במעבדה (מור 1958). סופרפרזיטיזם יכול להביא ל"זבוב" של ביצים רבות של הצרעה כפי שנמצא ע"י Arambourg (1962). אף על פי שהטלת הזבוב והצרעות תלויה באופן חזק בדיאטת הבוגר, ואיננו יודעים כמה מצליחים הבוגרים להיזון במטע, יכול הבדל בכושר הריבוי להוות גורם מגביל נוסף. עם זאת, יש לשים לב שבמגל היתה צפיפות הזבוב דומה בשני הגלים, ואחוז הטפילות ירד לאפס בגל השני, כלומר לא רק כושר הריבוי היווה גורם מגביל במקרה זה.

גורם אפשרי נוסף הוא מיעוט מקורות מזון סוכריים לצרעות בתנאי המטע; ידוע שדיאטה המכילה מקור סוכרי חשובה ביותר להישרדות ופוריות של *P. concolor* (Stavraki-Paulopoulou 1966), וצרעות טפילות בכלל (Quicke 1997). מטע הזיתים כמעט שאינו מכיל מקורות צוף בעונה זו, הן בשל ניכוש עשבים, והן בשל מיעוט מיני צמחים המספקים צוף בקיץ ובסתיו. מקור סוכרי אפשרי נוסף

הוא טל דבש של חרקים ניזוני שיפה, אשר לא ברור בשלב זה כמה הוא זמין במטע. הצורך במזון סוכרי עשוי להיות חריף במיוחד לאור הצורך של הצרעות לשרוד כחודשיים בקיץ עד למציאת פונדקאים.

בעוד שנתוני הסקר מתארים שינויים בצפיפות הפונדקאים במהלך עונת הזיתים, הרי שבהעדר פרי על העצים, מנועים הזבובים מרבייה לחלוטין, והצרעות מנועות מרבייה על זבוב הזית. מטרת ניסוי כלובי הגיחה היתה לבחון כיצד מתמודדים הזבובים והצרעות עם תקופה זו של מחסור בפונדקאים. שיא גיחת הזבובים מהקרקע היה בפברואר, ונמשך עד מרץ בכרם מהר"ל, ועד תחילת אפריל בשדה אילן. אם ישרדו, יעברו הזבובים את רוב התקופה שבה אין פירות פונדקאים כבוגרים. הניטור החל אמנם רק בפברואר, כך שייתכן שהיתה גיחת בוגרים אף קודם לכן, אך גם זבובים אלה יעברו את התקופה בדרגת הבוגר.

פלאוט (1950) שם לב כי ישנה סתירה בין ההנחה הרווחת כי הזבוב חורף כגולם בקרקע וימי המעלה הדרושים לגולם הזבוב עד להתבגרות. עפ"י חישובי ימי מעלה צפוי הזבוב להתבגר בתוך כשישה שבועות מהמסיק. כלומר, במידה והגלמים הם ששורדים את החורף, הרי שצריכה להיות דיאפאוזזה. בנוסף, הראו נתוני עלייה בלכידות הזבוב החל מחודש מאי. מסקנותיו היו כי העלייה בלכידות עשויה לנבוע מהגחת גלמים שעברו דיאפאוזזה, או מהתקבצות בוגרים זקנים כלשונו, שחרפו מחוץ למטע הזיתים וחזרו למטע עם התפתחות הפרי. בתצפיותיו הוא מצא בהדשי הסתיו זבובים מחוץ למטע הזיתים במטעי תפוחים נגועים בכנימות עלה, על פירות הדר שהתפקעו ובפריחת ססק. בנוסף, לא נמצאה דיאפאוזזה של גלמים במעבדה, כך שאפשרות חריפת הבוגרים נראית כסבירה יותר.

הממצאים מהעבודה הנוכחית מאששים את ההשערה שהעלה פלאוט לגבי הישרדות זבובים בוגרים במשך חדשי החורף. יש לציין כי עלייה בלכידות עשויה לנבוע מהגירה למטע כפי שציין, אולם הסבר נוסף עשוי להיות נעוץ בהתנהגות הזבוב. לכידה אינה תלויה אך ורק בצפיפות האוכלוסייה, אלא גם בהתנהגות הפרטים. עלייה בלכידה, אשר נצפתה גם בעבודה זו מחודש מאי (איור 1.9), עשויה לנבוע אפוא גם מהגברת פעילות של זבובים שנמצאים בתוך המטע, או מעלייה במשיכתם לגירויי ריח או גירויים ויזואליים הקיימים במלכודת.

מבחינה אבולוציונית, מעניין כי הזבובים לא עברו סלקציה להמתנה בשלב הגולם עד לנוכחות פרי. הדבר יכול לנבוע מכך שההישרדות בגולם אינה גבוהה מההישרדות בשלב הבוגר. התמותה בשלב הגולם בקרקע אמנם גבוהה (Kapatos and Fletcher 1986), אך אין בידינו נתונים על שיעורי ההישרדות של הבוגר לשם השוואה. אפשרות אחרת היא שנוכחות או היעדר פירות פונדקאים אינה אחידה. פירות אשר לא נמסקים עשויים להישאר במשך כל האביב על העץ, ובקורפו למשל, אין מוסקים בסתיו אלא ממתנים לנשירת הפרי בסוף האביב. מכאן שנוכחות או היעדר פרי אינה קבועה בחדשים מסויימים ומשתנה עפ"י אזורים ודרכי העיבוד החקלאי, כך שהיא איננה גורם סלקציה אחיד.

אם מתקיימת רוב האוכלוסייה בחורף ובאביב בדרגת הבוגר, הרי שניתן לכוון אמצעי הגנת הצומח כנגד הבוגרים בתקופה זו. פגיעה בבוגרים בשלב זה תקטין את האוכלוסייה כאשר היא מנועה מרבייה במשך זמן ארוך, ועשויה להקטין משמעותית את מספר המטילות הפוטנציאליות כאשר יהיה פרי

רצפטיבי בעונה הבאה. אסטרטגיה שכזו עשויה להיות יעילה במיוחד בשיטות הדברה אשר השפעתן על האוכלוסייה איטית יחסית כמו לכידה המונית ו-SIT. כדאיות השקעת משאבים בשיטה זו תלויה במקור אוכלוסיית הבוגרים אשר מטילה את ביצי הדור הראשון בפירות השנה הבאה.

הנתונים על משך הזמן עד לגיחה מהסקר ב-2006 הראו גיחה רצופה ואחידה של זבובים לאורך הזמן. מכאן ניתן להסיק ראשית, כי התקיים רצף אחיד של הטלה בחדשי הסתיו בשנה זו, ושנית כי גיחת הזבובים בשטח צפויה להיות רציפה כל עוד האקלים נשאר דומה. היות שישנו רצף אחיד של התפתחות, סביר להניח כי בחדשי הסתיו, שבהם קופצות הרימות לקרקע, גם קפיצת רימות להתגלמות בקרקע תהיה אחידה. מכאן שהגורמים החשובים שיכתיבו את מועד גיחת הבוגרים מהקרקע הם מועד המסיק, שיקבע את גיל הגלמים המינימלי הנמצא בקרקע, והאקלים. (Kapatos and Fletcher (1983) חישבו את ימי המעלה הנחוצים להתפתחות הגולם, והגיעו למסקנה כי באקלים של קורפו, מרימות אשר קופצות לקרקע עד אוקטובר יגיחו הבוגרים עד ינואר, ומרימות שקופצות מאוחר יותר יגיחו הבוגרים רק באביב.

כיום, איננו יודעים אם הזבובים המגיחים בשלהי החורף שורדים את האביב כבוגרים, והם אלה שמייסדים את הדור הראשון בפירות העונה הבאה, או שמא הזבובים המייסדים הם צעירים יותר, שהתפתחו בפירות שלא נמסקו במשך האביב במטעים נטושים. כאשר הפרי לא נמסק, תיתכן אוכלוסייה המתרבה גם באביב (יעל ארגוב – תקשורת אישית), וייתכן שמטעים כאלה משמשים מפלט לרביית הזבוב בחדשי האביב. אפשרות נוספת היא הגעה מאזורים מרוחקים אשר בהם נמצא פרי זמין להטלה במשך כל השנה (קורפו למשל). המחקרים אשר העריכו את תנועת הזבוב במרחב מצאו תנועה של כמה מאות מטרים ועד לעשרה קילומטרים (Robinson and Hooper 1989), כך שנראה כי אפשרות זו לא סבירה. הישרדות הזבוב מאידך עשויה להגיע למס' חודשים הן במעבדה (מור 1958) והן בכלובי שדה, כך שיתכן שאכן הזבובים שהגיחו מהקרקע שורדים עד לנוכחות פרי רצפטיבי להטלה. מחקר אשר יתמקד במקור אוכלוסיית הזבוב בראשית העונה ובגורמים שמשפיעים על מקורה יוכל לקדם אסטרטגי הדברה המנצלת את רגישות אוכלוסיות המזיק בראשית האביב.

בניסוי הגיחה מהקרקע נתפסו שני פרטים של *P. concolor* בלבד. נקבה אחת נלכדה בכלוב גיחה בחודש פברואר בכרם מהר"ל, ואחת בשדה אילן במלכודת על עץ בחודש זה. לא ניתן להסיק רבות מכך על דפוסי הגיחה של הצרעות מהקרקע, אך נראה שתיתכן גיחת צרעות מפונדקאים בקרקע בחודש פברואר. בעוד שהזבובים המגיחים מנועים מרבייה עד לנוכחות פרי על העצים, הרי הצרעות, שאינן ספציפיות לזבוב הזית, עשויות להתרבות בפונדקאים אחרים בתקופה זו. הבנה טובה יותר של הישרדות הצרעות, מעבר הצרעות בין אזורים ופונדקאים, והגורמים שמשפיעים על מעברים כאלה, תוכל לסייע לשימוש מושכל יותר של הדברה ביולוגית כנגד זבוב הזית, וזבובי פירות נוספים הנתקפים ע"י אותן צרעות.

## 2. מגבלה להזנה על סוכרים ב- *P. concolor* במטעי זיתים

### 2.1 מבוא

אחד הגורמים שהוצעו בפרק הקודם כמגבילים את יעילות ההדברה הביולוגית של זבוב הזית, הוא מחסור במקורות סוכר לצרעות הטפיליות התוקפות את הרימה במטע. בעבודה המתוארת בפרק זה בחנתי את ההשערה שכשירות הצרעה הדומיננטית של זבוב הזית בארץ, *P. concolor*, מוגבלת ע"י כמות הסוכר הזמינה עבורה במטע.

הרעיון כי אויבים טבעיים בשטחים חקלאיים מוגבלים ע"י כמויות המזון האלטרנטיבי העומד לרשותם מעבר לתזונה מהמזיקים הוצע ע"י Illingworth בשנת 1921. שתי הקבוצות העיקריות הנכנסות לקטגוריה זו הן טורפים, הניזונים גם ממקורות צמחיים שונים (אומניבורים), וטפילים, הניזונים בשלב הבוגר ממקורות סוכר כמו צוף וטל דבש. למגבלה שכזו יש גם חשיבות מעשית, כיוון שאם היא קיימת, תוספת של מקור מזון אלטרנטיבי עשויה להביא לשיפור בהדברה ביולוגית. תוספת אבקת פרחים למשל עשויה לתרום לכשירות טורף, אך להפחית מהטריפה הישירה, כך שקשה לחזות כיצד מניפולציה של תוספת אבקה עבור טורפים תשפיע על ההדברה הביולוגית. בצרעות טפיליות, לעומת זאת, תזונה מסוכר אינה באה בדרך כלל על חשבון ההטפלה, אלא מגבירה אותה, כך שתוספת סוכר הינה מניפולציה בעלת פוטנציאל ליעול ההדברה הביולוגית, ונחקרה רבות (נסקר ב Heimpel and Jervis 2005).

תזונה מסוכר עשויה להשפיע על כשירות פרזיטואידים בעיקר ע"י השפעה על משק האנרגיה של הצרעה. מנגנונים אפשריים הם הארכת משך החיים, זירוז קצב הבשלת הביצים, מניעת או הפחתת ספיגת ביצים, אספקת אנרגייה לתנועה, ושמירה על מאזן אנרגטי גבוה, כך שלפידיים יכולים להיות מופנים ליצירת ביצים, ולא מנוצלים לצרכי אנרגיה (נסקר ב- Heimpel and Jervis 2005). בפרפראים, יכול להיות ניצול ישיר של הפחמימות שנקלטו כחומר גלם בביצים. O'Brien et al. (2005) מצאו ע"י סימון צוף באיזוטופים יציבים כי בפרפרים המקור של 40-80% מהפחמן בביצה היה בצוף שנצרך ע"י הבוגרת. ייתכן כי גם בצרעות טפיליות ישנו שימוש של סוכר שנקלט כחומר גלם לבנייה ולא רק לצרכים אנרגטיים, אך הנושא טרם נחקר דיו.

מעבר להשפעות הפיזיולוגיות הנ"ל עשויה תוספת סוכר להשפיע גם על התנהגות. צרעות שניזונו מסוכר עשויות להראות תגובה מוגברת לסימני פונדקאים, יעילות חיפוש גבוהה יותר וסלקטיביות מוגברת בבחירת הפונדקאי (נסקר ב Lee and Heimpel 2007). עם זאת, מצאו Lee and Heimpel (2007) כי במעבדה, דווקא צרעות מורעבות נכנסו יותר לכתמים בהם היו פונדקאים מאשר צרעות שניזונו לאחרונה, וכמו כן בילו הצרעות המורעבות זמן רב יותר בכתם. ההשפעה של מקור סוכר נעשית מסובכת יותר במרחב, כאשר מקורות הסוכר והפונדקאים אינם מפורזים באופן אחיד. במחקר שבדק השפעה של נוכחות ערוגות פרחים על טפילות זחל העש,

*Thyridopteryx ephemerae*, בשטחים עירוניים, נמצא כי לא רק שנוכחות פרחים העלתה את אחוז הטפילות, אלא שאחוז הטפילות פחת כפונקציה של המרחק מערוגות הפרחים במטרים בודדים. למקור הסוכר במקרה זה היה אפקט מקומי ביותר (Ellis et al. 2005). מקור הסוכר עשוי ליצור תמונה מורכבת במרחב, ולהשפיע לא רק על כשירות הפרזיטואידים, אלא גם על פיזורם במרחב ע"י השפעה על המשיכה למיקום מסויים, ועל ה-Arrestment, משך ההישארות במקום (Heimpel and Jervis 2005).

במחקרים רבים שבהם נערכה מניפולציה של הוספת מקור סוכר בשדה נמצאה עלייה בצפיפות אויבים טבעיים, ירידה בצפיפות ההרביבור, או ירידה בהרביבוריה. במחקר שבחן השפעת צוף על כשירות *Diadegma semiclausum*, מצאו Winkler et al. (2006), כי צרעות שהיו בכלובי שדה שבהם נמצאו פרחי כוסמת כמקור צוף, הטפילו 390 פונדקאים במשך חייהן, לעומת 3.7 בלבד באהלי הביקורת שבהם לא נמצא מקור סוכרי. כמו כן משך ההטפלה היה 27.8 יום לעומת 0.8 יום. Jacob and Evans (1998) ריססו שדות אספסת בתמיסת סוכר, ומצאו כי צפיפות הצרעה הטפילית *Bathylectes curculionis*, התוקפת את החדקונית, *Hypera postica*, עלתה בהם בעקבות הריסוס לעומת חלקות ביקורת. כמו כן מצאו המחברים אינטראקציה בין הטיפול לצפיפות כנימות עלה בחלקה; קשר חיובי בין צפיפות כנימות לצפיפות הצרעה נמצא רק בחלקות שבהן לא ניתן סוכר. המחברים משערים כי הדבר נובע מתרומת טל דבש לצרעה, אשר היתה בעלת חשיבות כאשר לא ניתן מקור סוכר נוסף. ריסוס שדות תירס בתמיסת סוכר, הביא לעלייה של 70% באויבים הטבעיים בחלקה, לירידה של 18% בנגיעות בזחלי פרודניה, ולהפחתת שטח העלה הניזוק ב-35% (Cañas and O'Neil 1998). לדוגמאות נוספות ראה סקירה ב-Heimpel and Jervis 2005.

עם זאת, לא כל המחקרים שבחנו השפעת סוכר הגיעו לתוצאות חד משמעיות. Lee et al. (2006) למשל, ערכו מחקר רב שנתי שבחן השפעת צמחי כוסמת כספקי צוף על טפילות עש גב היהלום, *Plutella xylostella*, בחלקות כרוב. בחלקות שבהן נמצאו פרחי כוסמת לא נמצא אחוז טפילות גבוה יותר באופן מובהק מאשר בחלקות הביקורת, למרות שכוסמת הינה מקור מזון איכותי לצרעות אלה. המחברים מציעים שחוסר ההשפעה יכול לנבוע מתנועה של צרעות בין חלקות הטיפול וחלקות הביקורת, וטריפה של צרעות בשלב חיים מוקדם, בטרם נצפתה השפעת הסוכר.

מלבד מניפולציות של תוספת סוכר, התפתחה גישה מחקרית אחרת לבירור מגבלת הסוכר בשדה, שאומצה ממחקר על האקולוגיה התזונתית של זבובאים: זו מתבססת על לכידה של אויבים טבעיים בשדה, וניתוח ההסטוריה התזונתית שלהם ע"י אנליזות כימיות. סוכר חשוב המשמש בשיטות אלה הוא פרוקטוז, היות שהחרק אינו מסנתז אותו, ריכוזו בחרקים שלא ניזונו ממקור חיצוני הוא אפסי, וכך נוכחותו יכולה לשמש ראייה לתזונה ממקור חיצוני (נסקר ב- Heimpel et al. 2004). שיטה אחת המקובלת בתחום זה היא ע"י שימוש בריאגנט אנתרון (Anthrone), המשנה את צבעו בנוכחות סוכר. שינוי הצבע מתרחש בטמפרטורה שונה בתגובה עם סוכרים שונים, כך שניתן לבחון נוכחות סוכרים שונים ע"י ריאקציה בטמפרטורה שונה (נסקר ב- Heimpel et al.

2004). השיטה השנייה הנמצאת בשימוש היא הפרדת סוכרים שונים ע"י שימוש בכרומטוגרפיית HPLC, מדידת הריכוז ע"י גלאי הרגיש לסוכרים, וזיהוי הסוכר ע"י זמן היציאה מהקולונה (Steppuhn and Wäckers 2004). השימוש בשיטות אלה אפשר במקרים מסוימים לא רק את קביעת המצב התזונתי של הצרעות, אלא גם את מקור התזונה, כלומר טל דבש או צוף (למשל Lee et al. 2006).

Wäckers and Steppuhn (2004) בצעו אנליזת HPLC לצרעה *Cotesia glomerata* במעבדה בטיפולי הרעבה, האכלה בעודף, והרעבה לאחר האכלה. מסקנותיהם היו כי ניתן להבדיל בין צרעות מורעבות לכאלה שניזונו לאחרונה ע"י השוואת סה"כ ריכוזי הסוכרים. יתרה מזאת, ניתן היה להבחין בין צרעות רעבות שניזונו בעבר לבין צרעות מורעבות שמעולם לא ניזונו ע"י היחס פרוקטוז/(פרוקטוז+גלוקוז), אשר נשאר גבוה בצרעות שניזונו בעבר. ריכוזי הסוכרים שהתקבלו מצרעות מעבדה מורעבות ושבעות היו דומים לאלה שהתקבלו מצרעות שגודלו בכלובי שדה בהיעדר ובנוכחות סוכר, בהתאמה. כך נראה שהשיטה מתאימה להערכת מצבם התזונתי של פרזיטואידים שנאספו בשדה. אולם במחקר מאוחר יותר (Hogervorst et al. 2007), שבחן באופן דומה את יכולת השיטה להעריך מצב תזונתי של צרעה טפילית (*Aphidius spp.*), זבוב רחף וארינמל ירוק, נמצא כי המדד (פרוקטוז/פרוקטוז+גלוקוז) לא היה יעיל להערכת הסטוריה של אכילה בחרקים אלה, היות שגם בחרקים שאכלו בעבר ירדו רמות הפרוקטוז, והיחס פרוקטוז/(פרוקטוז+גלוקוז) לא נשמר גבוה בהרעבה.

ביישום אנליזות כימיות להערכת מצב תזונתי נמצא כי 80% של *Cotesia glomerata* ו-55% של *Microplitis mediator* שנאספו בשדה כרוב סווגו ככאלה שניזונו לאחרונה מטל דבש (Wäckers and Steppuhn 2003). תשעים וארבעה אחוזים מצרעות *Aphidius spp.* שנאספו בשדות חיטה סווגו ככאלה שניזונו מסוכר, ו-56% מתוכם סווגו כניזונות טל דבש, אם כי אמינות הסיווג לא היתה חד משמעית (Hogervorst et al 2007). הצרעות הלכודות הכילו בממוצע רמות סוכרים גבוהות פי 3.1-3.5 לעומת צרעות מורעבות במעבדה, אך נמוכות פי 4.3-5 מצרעות שקיבלו מזון ללא הגבלה במעבדה.

בצרעות *Diadegma insulare* שנאספו בשדות כרוב בנוכחות ובהיעדר פרחי כוסמת, 42.9-71% מהאוכלוסייה ניזונו על סוכרים בשנים שונות ללא הבדלים מובהקים בין הטיפולים. מתוכן אחוז הצרעות שניזונו מצוף (לעומת טל דבש) הוערך ב 46% לעומת 51% (חלקות ביקורת לעומת חלקות פורחות, בהתאמה) בשלוש מתוך ארבע שנים, כאשר בשנה אחת היה ההבדל מובהק (Lee et al. 2006). ב-*Aphelinus albipodus* רק 20% מהאוכלוסייה ניזונו בסוכר, בעוד שב-*D. insulare* בשדות כרוב ניזונו יותר מ-85% מהאוכלוסייה (נסקר ב Heimpel et al. 2004). בסך הכל מראות התוצאות שונות גדולה, ונראה כי תזונה מסוכר עשויה להיות נפוצה או נדירה בהתאם למערכת הספציפית. מעבר לזיהוי מקור הסוכר עפ"י אנליזות הכימיות, משערים רוב המחקרים כי מקור הסוכר היה בעיקר טל דבש, וזאת עפ"י מאפייני המערכות החקלאיות בניסויים הנ"ל. אולם



תזונה מטל דבש עשויה להיות נחותה מאשר תזונה מצוף (Wackers 2000), כך שגם במקרים בהם אחוז גבוה מהאוכלוסייה ניזון, ייתכן כי עדיין מהווה איכות הסוכר גורם מגביל.

מקורות מזון אפשריים בטבע לצרעות טפיליות הינם צוף, טל דבש, לשלשת ציפורים והפרשות עליהם, אולם העיקריים הם צוף וטל דבש (Heimpel and Jervis 2005). אלה נמצאים בזמינות משתנה בזמן ובמרחב. נוכחות צוף תלויה בנוכחות צמחים מספקי צוף ובעונת הפריחה. נוכחות טל דבש תלויה בדינאמיקת האוכלוסיות של ניזוני שיפה בתקופות שונות. יש לציין כי צוף (Baker and Baker 1983) וטל דבש (מור 1958) מכילים חומרים נוספים מלבד סוכרים, כגון חומצות אמינו בריכוז נמוך, שעשויות אף הן להשפיע על כשירות הצרעות.

ב-1992, Jervis et al. העלו את הרעיון שלאויבים טבעיים יש מחסור בסוכר במטעי זיתים בספרד. בתנאי הארץ, ישנה פריחה מועטה ביותר של צמחים בעלי צוף בחדשי הקיץ והסתיו שבהם תוקפות הצרעות את זבוב הזית, וכמו כן ברוב המטעים כמעט ואין צמחים נוספים מלבד זיתים (תצפיות אישיות). מור (1958) סקר נוכחות טל דבש כמקור מזון לזבוב הזית עצמו, ביצע אנליזות כימיות לנוכחות חומצות אמינו בטל דבש, ובחן את השפעת התזונה מטל דבש על כשירות זבוב הזית. למרבה העניין, מוקד המחקר במקרה זה לא היה הסוכר, אלא חומצות האמינו שבטל דבש. במחקרו נמצאו ארבעה מפרישי טל דבש: לכנוס הגלעיניים, *Pterochloroides persicae*, כנימת הזית *Euphyllura* השחורה, *Saisetia oleae*, קמחית ההדר, *Pseudococcus citrri*, ופסילת הזית, *olivina*. בכל טלי הדבש מלבד של פסילת הזית נמצאו גם חומצות אמינו, ובניסוי הזנה עם טל דבש של קמחית ההדר, נמצא כי טל דבש שנמהל במים העלה את כשירות הזבוב ל-59.6 ביצים לנקבה לעומת 13.7 בתמיסת סוכרוז.

עבור *P. concolor*, תוספת סוכר האריכה את משך החיים מ-5.3 ל-19 יום במעבדה (Stavraki Paulopoulou 1966) ואת ההטלה מ-1.3 ביצים ל-42.54. כפי שנראה בפרק הקודם, צרעה זו נדרשת להתמודד עם זמינות פונדקאים משתנה, וניכרות בה מספר התאמות פיזיולוגיות למצב זה. *P. concolor* ממשיכה להבשיל ביצים במשך חיי הבוגרת (סינאוביגנית), ויש לה יכולת לספוג ביצים בהיעדר פונדקאי (Stavraki-Paulopoulou 1966), תכונות אשר מקנות גמישות בזמן הרבייה ויכולת להתאים את ההטלה לזמינות הפונדקאים (נסקר ב-Jervis et al. 2001). לא ידוע רבות על מקורות המזון הטבעיים לצרעה זו, אך מקורות מזון שונים נחקרו עבור הצרעה *Diachasmimorpha longicaudata*, השייכת לאותה תת משפחה ותוקפת זבובי פירות. נמצא כי צוף, טל דבש, מיץ תפוזים ועיסת תפוזים נצרכו והעלו את הישרדות הצרעות באופן שהיה שקול לזה של דבש, אולם לשלשת ציפורים וחומרים הנמצאים על פני שטח העלה לא השפיעו על כשירותן, וככל הנראה לא נצרכו על ידן (Sivinski et al. 2006). ב-*P. concolor*, כמו בכל הברקונידים מתת משפחת ה-Opiinae שתוקפים זבובי פירות, לא ידוע על תזונה טורפנית מהפונדקאי (Host feeding) (נסקר ב-Sivinski et al. 2006). הפרסום היחיד המוכר לי בדבר מקורות מזון טבעיים ל-*P. concolor* הוא בדו"ח אמריקאי שפורסם ב-2007, בו מוצג כי טל דבש העלה את הישרדות

*P. concolor* מ-5 ל-14 יום לעומת מים בלבד, אולם אין פירוט לגבי מקור טל הדבש (Johnson and Daane 2007).

על מנת לבחון את ההיפותיזה ש *P. concolor* מוגבלת ע"י נוכחות נמוכה של סוכר במטעי זיתים בוצעו בפרק זה ניסויים מניפולטיביים של תוספת סוכר לצרעות בכלובי שדה, וניתוחי HPLC לצרעות שנלכדו במטע על מנת לבחון את ההיסטוריה התזונתית שלהן.

## 2.2 שיטות

### 2.2.1 מגבלת סוכר ל *P. concolor* בעץ הזית.

כדי לבחון אם הישרדות הצרעה הטפילית *P. concolor* מוגבלת ע"י כמות הסוכר הזמין לה בנוף עץ הזית, התבצע ניסוי בכלובי שדה במרכז המחקר נווה יער של מנהל המחקר החקלאי. הניסוי התבצע בקבוצה של 14 עצי זית המקבלים טיפול אחיד ללא קוטלי חרקים. שתי קבוצות ענפים שונות על כל עץ, המייצגות טיפולים שונים, נסגרו בנפרד בכלוב רשת במהלך חודש יולי, כאשר לא היו סימני נגיעות בזבוב הזית בפירות. הכלובים הורכבו מרשת 50 מ"מ (4'X2' מ') אשר קופלה לחצי. הדפנות נסגרו בעזרת וולקרו והפתח נסגר ע"י קשירה (איור 2.1). למחצית מהכלובים (אחד על כל עץ) הוכנס מקור סוכר בצורת ריבוע נייר ספוג בדבש (2 ס"מ X 2 ס"מ) מודבק על פוליגל צהוב (8 ס"מ X 8 ס"מ), אשר נתלה על אחד הענפים בעזרת חוט ברזל. במחצית השנייה של הכלובים נתלה פוליגל צהוב באותו האופן, אך ללא נייר דבש. כדי למנוע סילוק של הדבש ע"י נמלים, נמרח בסיס חוט הברזל בדבק רימפוט, ובנוסף נמרח בדבק הענף המרכזי מחוץ לכלוב. מקור הסוכר שנבחר היה דבש, ולא תמיסת סוכר, על מנת למנוע התייבשות של התמיסה. הצבע הצהוב נבחר בשל משיכתם של חרקים רבים לצהוב. מקור החרקים לניסוי זה היה קבוצת גיל אחת מגידול *P. concolor* במכון להדברה ביולוגית ע"ש כהן, שהועברה לנווה יער בשלב הגולם. בשל ההבדלים במשך ההתפתחות בין זכרים ונקבות של *P. concolor* גיחת הזכרים והנקבות לניסוי לא היתה בו זמנית, ופרטים בני 0-24 שעות הוכנסו לכלובי הניסוי בימים שונים. בתאריך 24.8.08 שוחררו בכל כלוב חמישה זכרי *P. concolor*. למחרת שוחררו בנוסף להם בכלובים על מחצית מן העצים חמישה זכרים וחמש נקבות בכל כלוב, ויום לאחר מכן שוחררו ביתר העצים עשר נקבות בכל כלוב. בסה"כ שוחררו בכל כלוב בניסוי 15 פרטים של *P. concolor*, אם כי יחס הזוויגים לא היה זהה בכל הכלובים (1/3 או 2/3 זכרים). הצרעות לא קיבלו מקור סוכר טרם כניסתן לכלובי הניסוי.



איור 2.1: כלובי רשת על ענפי זיתים במרכז המחקר נווה יער. בכל כלוב שוחררו 15 פרטים של *P. concolor* והוערכה הישרדות עם וללא מקור סוכר ע"י לכידה במלכודות דבק צהובות.

כדי להעריך את הישרדות הצרעות עם וללא דבש במשכי זמן שונים, הוכנסה לכלובים שעל מחצית מן העצים מלכודת דבק צהובה ב-1.9.08 (6-7 ימים לאחר שחרור עיקר האוכלוסיה), ולמחצית השנייה ב-3.9.08 (8-9 ימים לאחר שחרור עיקר האוכלוסיה), תחת ההנחה שאף על פי שלא כל הצרעות החיות נתפסות במלכודת, מייצג מס' הלכודות את מס' הצרעות החיות ברגע הכנסת המלכודת. מספר וזוויג הצרעות שנלכדו על מלכודות אלו נבדקו שישה ימים לאחר הכנסת המלכודת אל הכלוב.

### 2.2.2 מצבן התזונתי של צרעות טפיליות לזבוב הזית במטע.

כדי ללמוד את פרופיל הסוכרים של צרעות שניזונו בסוכר לעומת כאלו שלא ניזונו בסוכר, נערך ניסוי מקדים. מאות צרעות מהמין *P. concolor* (מקור – המכון להדברה ביולוגית ע"ש כהן) גודלו בשתי קופסאות פלסטיק (10X40X30 ס"מ), האחת בנוכחות והאחת בהיעדר דבש. על מנת ללמוד את פרופיל הסוכרים של צרעות שניזונו ואח"כ הורעבו, הועברו 10 נקבות ו-10 זכרים מטיפול הדבש לאחר 6 ימים לקופסא חדשה והורעבו למשך יומיים. לאחר 8 ימים מתחילת הניסוי נלקחו מכל קופסא 10 נקבות ו-10 זכרים אשר מייד הוקפאו ונשמרו ב- $80^{\circ}\text{C}$  עד לניתוח הכימי.

על מנת להשוות את פרופילי הסוכר של צרעות בר לאלה של צרעות המעבדה, נערכו איסופי צרעות במטע הזיתים. בתאריכים 30.7.08, 5.8.08 ו-17.8.08 נאספו צרעות טפיליות מהמינים *P. concolor* ו-*D. kraussi* במטע מזן "פיקואל" בקיבוץ מגל. צרעות אשר נצפו בנוף העץ, נשאבו ע"י אספירטור ונשמרו בקירור בשטח, עד להעברה להקפאה במעבדה. בנוסף נפרשו במטע מלכודות "Malaise" לאיסוף חרקים מעופפים, אך מלכודות אלה לא לכדו צרעות טפיליות של הזבוב. נקבות שנתפסו הופרדו למינים על פי אורך צינור ההטלה, אך לא נעשתה הפרדה בין שני המינים עבור הזכרים. 8 פרטים של נקבות *P. concolor* ו-3 פרטים של *D. kraussi* נשלחו לאנליזה הכימית. הפרטים של *P. concolor* שנלכדו בשדה נותרו בשגגה למשך לילה אחד מחוץ להקפאה, ולכן חולקה קבוצת הביקורת

של הנקבות שהאכלו ואז הורעבו לשניים: 4 נקבות נותרו בהקפאה, ו-4 הושארו למשך לילה מחוץ להקפאה כדי לבחון אם דחיית ההקפאה משפיעה על פרופיל הסוכרים.

#### ניתוח כימי של הצרעות ע"י HPLC:

מיצוי סוכרים באלכוהול - כל צרעה הוכנסה לאפנדורף (1 מ"ל) ונכתשה ע"י מקל פלסטיק ב-100µl של אתנול 80%. אחר כך הועברו המבחנות לסוניקטור למשך שעה, ונותרו באלכוהול למשך 24 שעות. בהמשך נטבלו המבחנות באמבט חם (70-75°C) למשך 40 דקות, עורבלו בוורטקס, וחזרו לאמבט ל-40 דקות נוספות, ופעם נוספת לוורטקס. בהמשך הוכנסו המבחנות לצנטריפוגה (15000 rpm) למשך 10 דקות, ועברו סינון דרך מסנן מזרק ניילון (13-17mm, 0.22µm) בשסתום HPLC, ונשמרו בקירור ב-20°C.

הרצת HPLC – ההרצה התבצעה במכשיר מסוג Shimadzu, וסוכרים מסיסים זוהו ע"י גלאי Refraction index. הקולונה היתה מסוג Alltech 700 CH carbohydrate column 300x6.5mm (מס' קטלוגי 70057), עם פרה-קולונה (מס' קטלוגי 96109). לפאזה הניידת שימשו מים מזוקקים פעמיים ברמת HPLC בקצב זרימה של 0.50 ml/min, בטמפרטורת 90°C. נפח ההזרקה היה 100-150 µl.

#### ניתוח הנתונים:

היות שהשונות בטיפולים בניסוי הכלובים לא היתה הומוגנית, בוצעה טרנספורמצית  $y = \arcsin \sqrt{x}$  לפרופורציית הצרעות שנלכדה בכל כלוב, כך שהתקבלה שונות אחידה יותר בתוך הטיפולים, והתקיימו ההנחות לניתוח שונות. אחר כך בוצע ניתוח שונות שבדק את השפעת הטיפול, תאריך הכנסת המלכודת, האינטראקציה ביניהם, והשפעת העץ כגורם אקראי על פרופורציית הצרעות הלכודות לאחר טרנספורמציה. בנוסף, בכל תאריך הכנסת מלכודת נפרד נבחנה השפעת הטיפול על פרופורציית הלכודות ע"י השוואות אורתוגונליות (Sokal and Rohlf 1981). באחד העצים נפל הכלוב שלא קיבל תוספת דבש, כך שלא היה ניתן לנתח את השפעת העץ על הכלוב שנותר, והוא לא נכלל בניתוח זה.

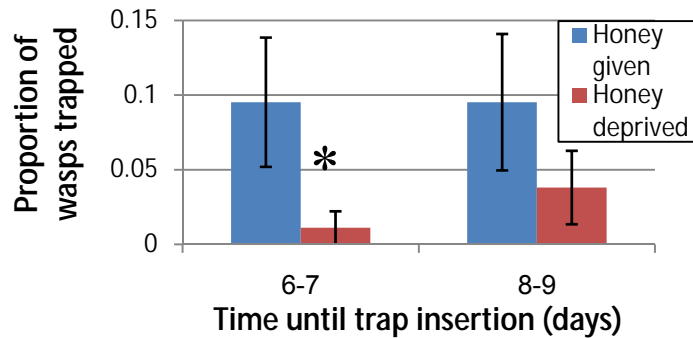
כיוון שבחלק גדול מהכלובים לא נלכדו צרעות כלל, נותחה בנוסף השפעת הטיפול על מס' הכלובים שבהם נלכדו צרעות. לשם כך קובצו הנתונים (pooling) בהתעלם מתאריך הכנסת המלכודת, ונבחנה השפעת הטיפול על פרופורציית הכלובים שבהם נלכדו צרעות ע"י מבחן פירסון וקירוב להתפלגות חי בריבוע. בניתוח זה נכללו כל הכלובים בניסוי.

## 2.3 תוצאות

### 2.3.1 מגבלת סוכר ל *P. concolor* בעץ הזית.

ככלל, פרופורציית הצרעות שנלכדה בניסוי היתה נמוכה (<10%). שיעור הלכידה המירבי היה 33% (5 צרעות) באחד מהכלובים שקיבלו דבש. בסה"כ נלכדו בניסוי 9 זכרים ו-16 נקבות. בכלובים

שבהם ניתן דבש, נלכדה פרופורציה גבוהה יותר של צרעות באופן מובהק (איור 2.2). אפקט הטיפול היה מובהק ( $F_{1, 11} = 5.807, p=0.0346$ ), אך אפקט תאריך הכנסת המלכודת, האינטראקציה בין תאריך ההכנסה לטיפול ואפקט העץ לא היו מובהקים. בהשוואות אורתוגונליות בין טיפולים באותו תאריך נמצא הבדל על גבול המובהקות רק בתאריך הלכידה הראשון. פרופורציית הכלובים שבהם נלכדו צרעות היתה גבוהה באופן מובהק בטיפול הדבש (9/14 לעומת 3/13 בהתאמה,  $\chi^2_1=4.636, p=0.0313$ ).



איור 2.2: פרופורציית הפרטים שנלכדו בכלובי רשת על זיתים מסך *P. concolor* שהוכנסו לכלוב, במלכודות שהכנסו לכלוב 6-7 או 8-9 ימים לאחר הכנסת הצרעות בנוכחות ובהעדר דבש. מוצגים ממוצעים ושגיאות תקן ללא טרנספורמציה. כוכבית מייצגת הבדל על גבול המובהקות עפ"י השוואות אורתוגונליות בין הטיפולים באותו תאריך ( $F_{1, 12}=4.83, p = 0.048$ ).

### 2.3.2 מצבן התזונתי של צרעות טפיליות של זבוב הזית במטע.

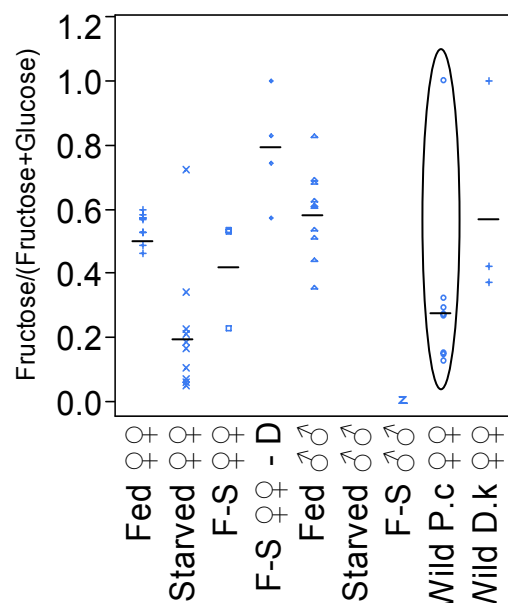
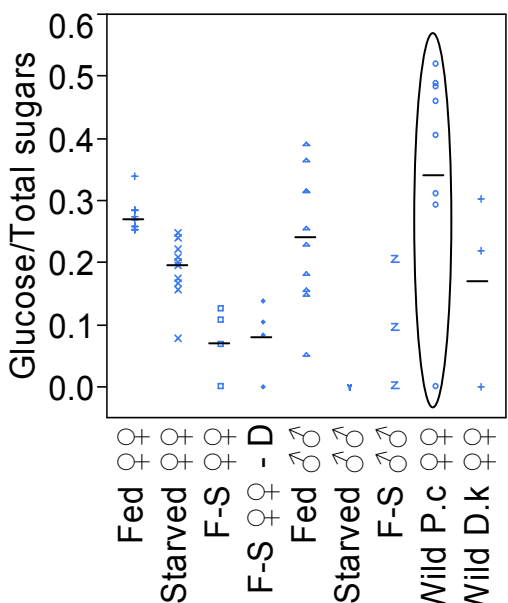
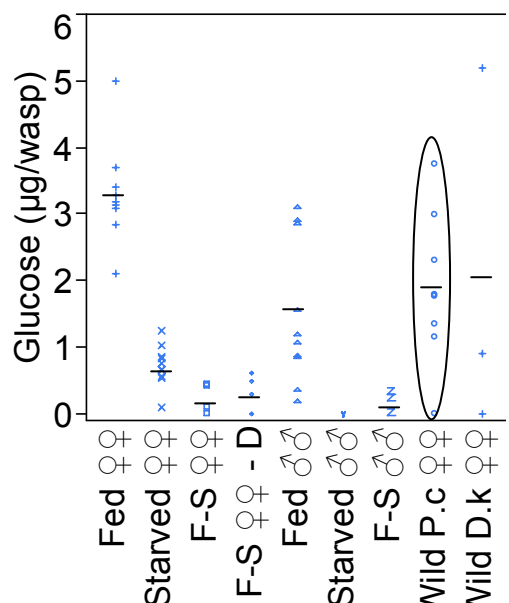
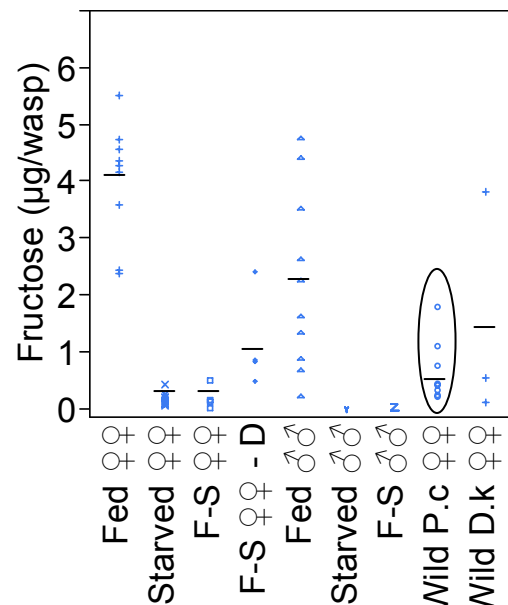
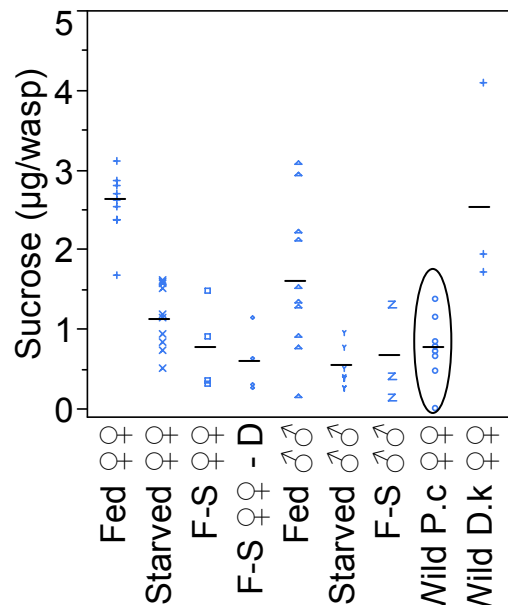
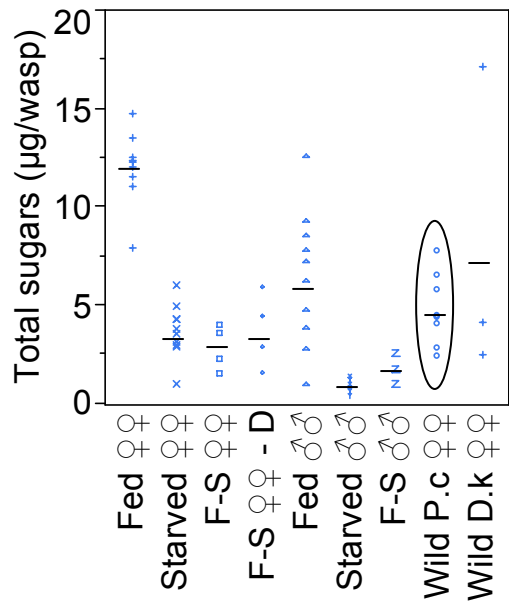
צרעות טפיליות של זבוב הזית מן המינים *P. concolor* ו *D. kraussi* נלכדו במשך כל שעות היום בנוף העץ במטע קיבוץ מגל בשני תאריכי הדגימה הראשונים, בתאריך השלישי נלכדו נקבות רק מהמין *D. kraussi*. מס' גבוה יותר של נקבות נלכד מהמין *D. kraussi*, מאשר מן המין *P. concolor*, ומס' גבוה יותר של זכרים מנקבות (טבלה 2.1).

טבלה 2.1. מס' פרטים מהמינים *P. concolor* ו *D. kraussi* שנאספו מנוף העץ ע"י אספירטור במטע זיתים בקיבוץ מגל, זן פיקואל, קיץ 2008. הזכרים לא הופרדו למינים.

	<i>P. concolor</i> ♀♀	<i>D. kraussi</i> ♀♀	Unidentified ♂♂
30/07/2008	7	7	27
05/08/2008	1	4	8
17/08/2008	0	3	10

פרופיל הסוכרים של נקבות וזכרים שקיבלו דבש לעומת מורעבים נבדל באופן מובהק (איור 2.3). ההבדל היה בולט ביותר בסוכרוז, פרוקטוז, גלוקוז, וסה"כ סוכרים ( $\text{student t test}, p<0.001$ ) עבור כל אחד מהסוכרים הנ"ל). בנקבות אשר הורעבו לאחר קבלת דבש היו ריכוזי הסוכרים דומים לאלה של נקבות מורעבות, אך רמות הפרוקטוז היו מעט גבוהות יותר, והיחס פרוקטוז/(פרוקטוז+גלוקוז) היה גבוה בהן יותר. פרופיל הסוכר של נקבות שהופשרו היה דומה לזה של נקבות אשר נשארו בהקפאה, למעט ריכוז הפרוקטוז, שהיה מעט גבוה יותר בנקבות המופשרות (איור 2.3).

נקבות הבר של *P. concolor* הראו פרופיל סוכרים דומה לשל נקבות מורעבות בהשוואת סוכרוז, וסך כל הסוכרים. רמות הפרוקטוז גם הן היו נמוכות, אך עבור שלוש צרעות מתוך השמונה שנבדקו היו רמות הפרוקטוז ברמות ביניים, מעל לאלו של צרעות מורעבות, ומתחת לאלה של צרעות שקיבלו דבש. דבר זה מרמז לתזונה מסוימת מסוכר במטע, אם כי מועטה. גלוקוז בצרעות הבר לעומת זאת, היה בריכוזים דומים לאלה שנמצאו בנקבות שקיבלו דבש. מתוך 8 נקבות הבר של *P. concolor*, ל-3 היו ריכוזי גלוקוז דומים לזה שבנקבות מורעבות, ול-3 היו ריכוזים דומים לאלה שבנקבות שאכלו. לשתי נקבות נוספות היו ריכוזי גלוקוז ברמות ביניים. היחס גלוקוז/סה"כ סוכרים היה הגבוה ביותר בצרעות שנאספו במטע לעומת כל קבוצות הצרעות האחרות (איור 2.3). המספר המצומצם של פרטים שנבדקו של *D. kraussi*, והמחסור בביקורת למין זה אינם מאפשרים הסקת מסקנות לגבי צרעות אלה.



איור 2.3 ריכוזי סוכרים שונים ויחסים בין סוכרים בצרעות מעבדה ובר בודדות מהמין *P. concolor* ( $\mu\text{g/wasp}$ ). בצרעות שניזונו (fed), הורעבו (starved), הורעבו לאחר האכלה (F-S), הורעבו לאחר האכלה והופשרו (F-S-D) לעומת *P. concolor* (Wild P.c) ו-*D. kraussi* (Wild D.k) שנלכדו במטעי זיתים. ריכוזי הסוכר של נקבות *P. concolor* שנלכדו במטע מוקפים באליפסה. כל נקודה על הגרפים מייצגת את ריכוז הסוכר בפרט בודד בקבוצה מסויימת. קווים אופקיים מייצגים את ממוצע הקבוצה.

## 2.4 דיון

ניתן לחלק את מקורות הסוכר העומדים לרשות צרעות טפיליות של זבוב הזית למקורות הנמצאים על עץ הזית עצמו, ולמקורות אחרים. על העץ עשוי להימצא טל דבש, וכמו כן ייתכן שצרעות ניזונות מהפרשות

של פרי הזית. מחוץ לעץ הזית עשויות הצרעות להיזון מצוף של צמחים אחרים, או מטל דבש שנמצא על צמחים אחרים במטע. הניסויים שתוארו בפרק זה נועדו לבחון את ההשערה שזמינות סוכר נמוכה מהווה גורם מגביל לצרעה הטפילית *P. concolor*. יש לשים לב כי בעוד שניסוי הכלובים שנערך בפרק זה מוגבל למקורות הסוכר הנמצאים על העץ עצמו, הצרעות שנאספו במטע לשם ניתוח סוכרים היו חופשיות להיזון מכל מקור סוכר זמין במטע או מחוצה לו.

בניסוי הכלובים נלכדו באופן מובהק יותר צרעות בכלובים בהם היתה אספקת דבש, כך שהיתה תמיכה בהשערה שהצרעות מוגבלות בסוכר הזמין להן בנוף העץ. יש לציין כי ההישרדות בניסוי זה לא נבחנה ישירות, אלא הוערכה ע"י לכידה. לכידה היתה עשויה לעלות לא רק בשל הישרדות מוגברת, אלא גם ע"י הגברת תנועת הצרעות, או ע"י יצירת התנייה לצבע צהוב. עם זאת, גם עלייה בפעילות הצרעות עשויה להוות סימן לתרומת מזון סוכרי. האפשרות להתנייה מקשה על פירוש חד משמעי של תרומת הסוכר לכשירות הצרעות, ולכן ננקטה שיטת המחקר הנוספת של הערכת רמות סוכרים בצרעות בר.

הרמות הנמוכות של סך כל הסוכרים שנמצאו בנקבות *P. concolor* שנלכדו בבר מרמזות כי גם צרעות החפשיות לנוע ברחבי המטע אינן מגיעות לריכוזי סוכר גבוהים. באיסופי הצרעות ראיתי את הצרעות נעות בעיקר בתוך נוף העץ, ולא ראיתי תנועה שלהן כלפי העשבייה שהיתה קיימת במקומות מסויימים במטע. נראה לכן שעיקר השיחור על ידי הצרעות נעשה בנוף העץ.

עפ"י ריכוזי הפרוקטוז שנמצאו בצרעות הבר, נראה כי חלק מהן אכן ניזון מסוכר ברמה מסויימת, אך נמוכה. ריכוזי הגלוקוז הגבוהים יחסית שנמצאו ב *P. concolor* שנאספו בבר, והיחס הגבוה של גלוקוז/סה"כ סוכרים הינם תוצאה בלתי צפויה. הסבר אפשרי אחד הוא כי הצרעות במטע ניזונו ממקור סוכר עשיר בגלוקוז, ועני בסוכרים אחרים. אפשרות אחרת היא כי בתנאי המטע מוטה המטבוליזם של צרעות אלה ליצירה מוגברת של גלוקוז, למשל ע"י פירוק גליקוגן. כמות הגליקוגן לא כומתה בעבודה הנוכחית, וכדאי יהיה לבדוק גם את המשתנה הזה בעתיד.

בעבודות אחרות שהעריכו את פרופיל הסוכרים של צרעות טפיליות בבר אין פרסום המוכר לי לגבי גלוקוז, כך שקשה לדעת אם מגמה זו התקבלה גם בעבודות אחרות. כל העבודות אשר נסקרו במבוא לפרק זה נעשו בשדות של גידולים חד שנתיים, ואינני מכיר עבודות שעסקו בפרופילי סוכר של צרעות במטעים. Casas et al. (2003) העריכו רמות סוכרים וליפידים של צרעות *Venturia canescens* ששיחרו בין עצי פרי, אך הם השתמשו במבחני אנתרון, ומדדו סה"כ סוכרים, כך שאין פירוט לגבי הרכב הסוכרים של הפרטים שנאספו. במחקרם עלו רמות הסוכרים המסיסים ורמות הגליקוגן של צרעות ששחררו במצב תזונתי ידוע לאחר שחרורן. המחברים הסיקו כי הצרעות ניזונו בסוכר במטע. מצב זה



שונה מזה שבעבודה הנוכחית, היות שבניגוד לממצאים ממחקרם, רמות סך הסוכרים המסיסים של צרעות בר במחקר הנוכחי היו דומות לאלו של נקבות מורעבות.

מגמת תוצאות ניסויי המעבדה תואמת את זו של Steppuhn and Wackers (2004). גם כאן צרעות מורעבות הראו רמות נמוכות של סה"כ סוכרים, וצרעות שהואכלו ואז הורעבו שמרו על יחס פרוקטוז/(פרוקטוז+גלוקוז) גבוה, אך לא ברמה אחידה מספיק בשביל להשתמש ביחס זה כקריטריון סיווג למצב התזונתי של צרעות שנאספו מן הבר.

מסקנה עקיפה מאיסופי הצרעות שנעשו בפרק זה, אף כי לא זו היתה מטרתם, היא כי בהתאם למסקנות מהפרק הראשון, *D. kraussi* היא צרעה טפילית חשובה של זבוב הזית. *D. kraussi* נמצאה מעופפת במטע הזיתים במספרים גבוהים משל *P. concolor*, וייתכן כי חשיבותה אף תעלה בעקבות המשך תהליך התבססותה בישראל. ניתן ורצוי להעמיק במנגנונים המגבילים צרעה זו באופן ספציפי. אף על פי שלא נבדקו ביקורות ל *D. kraussi*, ריכוזי הסוכר הנמוכים שנמצאו בשתיים מתוך שלוש הנקבות שנתחו במין זה מרמזים כי הסוכר עשוי להיות גורם מגביל אף עבורה. העובדה שבפרט אחד נמצאו כמויות סוכר גבוהות בהרבה מבשני הפרטים האחרים, ומהביקורות של *P. concolor*, מראה כי שתי הנקבות עם הריכוזים הנמוכים הכילו מעט מקיבולת הסוכר הפוטנציאלית שלהן.

בעוד שהניסויים בפרק זה לא כיוונו לזיהוי מקור הסוכר ממנו ניזונו הצרעות במטע, ריכוזי הפרוקטוז שנמצאו בצרעות מן הבר מרמזים כי התרחשה תזונה מסויימת מסוכר. מקור הסוכר הסביר ביותר במטע הזיתים הוא טל דבש, היות שצמחים פורחים הם נדירים ביותר, בעיקר בתקופה בה התבצע האיסוף. המשך עבודה שתתחקה אחר מקורות הסוכר אותם מנצלות צרעות אלה עשוי לשפר את הבנתנו בנוגע למערכת זו. עבודה דומה לזיהוי מקורות המזון הטבעיים לזבוב עצמו ולא רק לאויביו הטבעיים, עשויה לפתוח כיוונים חדשים להגנת בצומח מושכלת בגידול זיתים.

בסך הכל מראים שני קווי החקירה שננקטו בפרק זה מסקנות דומות, ושניהם תומכים בהיפותיזה שצרעות טפיליות של זבוב הזית מוגבלות ע"י כמות הסוכר הזמינה להן במטעי זיתים. ניסוי הכלובים אף הראה כי עבור צרעות המוגבלות לאזור העץ, מניפולציה של תוספת סוכר תרמה להארכת תוחלת החיים. מניפולציה של תוספת סוכר לצרעות במטע היא אפוא אפשרות מעניינת לשיפור בהדברה ביולוגית של זבוב הזית, והדרך בה ניתן לבצע מניפולציה שכזו היא נושא של הפרק הבא בעבודה.

### 3. איתור צמחים מספקי צוף ל *P. concolor*

#### 3.1 מבוא:

בנוסף להדברה ביולוגית קלאסית והדברה ביולוגית ע"י תגבור, מתפתח בשנים האחרונות תחום ההדברה הביולוגית ע"י שימור. גישה זו אינה עוסקת בפזורה של אויבים טבעיים במערכות חקלאיות, אלא בתמרון גורמים שונים בבית הגידול כך שייווצרו תנאים עדיפים לפעולת אויבים טבעיים הקיימים כבר בשדה (Debach and Rosen 1992). אחד הצעדים הבסיסיים בנושא זה הוא הפחתת שימוש בחמרי הדברה על מנת לא לפגוע באויבים טבעיים. שיטות אחרות מכוונות לעידוד פעיל של אוכלוסיות האויבים הטבעיים. בין אלה ניתן למצוא מגוון שיטות להעשרת המונוקולטורה במיני צמחים נוספים כדי לספק לאויבים טבעיים מחסות, פונדקאים וטרף אלטרנטיבי ואתרי רבייה. שיטות אחרות כוללות ריסוס בתמיסות מזון או אבקת פרחים כדי לספק מקורות מזון נוספים לאויבים טבעיים (Gurr et al. 2004). כדי לבחור אסטרטגיית שימור יש להכיר את האויבים הטבעיים הקיימים במערכת, ולהבין את הגורמים המגבילים את פעילותם.

עבור זבוב הזית, ידוע לי על עבודה אחת בלבד אשר עסקה בנושא שימור אויבים טבעיים. Warlop (2006) זרע בסמוך למטעי זיתים תערובות של צמחים שונים כדי לסייע להדברה הביולוגית של הזבוב. המטרה במקרה זה הייתה לספק לצרעות הטפיליות, שאינן ספציפיות לזבוב הזית, צמחים שעשויים לשאת פונדקאים אלטרנטיביים. זהו מחקר רב שנתי, וטרם התקבלו תוצאות מעבודה זו (F. Warlop, תקשורת אישית).

היות שבפרק הקודם של העבודה נמצאו חיזוקים להשערה כי צרעות טפיליות של רימת זבוב הזית מוגבלות ע"י זמינות סוכרים במטע, מתמקד הפרק הנוכחי בניסיונות מניפולציה לאספקת סוכר לצרעות אלה. אחת הדרכים לספק סוכר היא ע"י צמחי כיסוי המתווספים לגידול המטרה, ומספקים צוף לאויבים טבעיים. גם בפרק זה ההתמקדות היא בצרעה הדומיננטית שנמצאה בסקר, *P. concolor*.

על מנת שצמח יהווה מקור צוף המעלה כשירות צרעות טפיליות צריכים להתקיים מספר תנאים: הצרעה צריכה להימשך אל הצמח, הצוף צריך להיות נגיש להזנתה, ותזונה מן הצוף צריכה לתרום לכשירותה (Wäckers 2004). צמחים שונים יכולים לענות על חלק מהדרישות, אך לא בהכרח על כולן. Wäckers (2004) בחן את המשיכה של הצרעות *Cotesia glomerata*, *Heterospilus prosopidis* ו-*Pimpla turionellae* לנדיפים מ-11 מיני צמחים ובחן את נגישות הצוף באותם מינים לצרעות. הוא מצא כי ברוב המקרים לא היתה חפיפה בין ההימשכות לנדיפים מהצמח ונגישות הצוף. רק שני מיני צמחים, *Aegopodium podagraria* ו-*Origanum vulgare* הראו הן משיכה והן נגישות צוף. נגישות הצוף בפרח נגזרת ממורפולוגיית הפרח (רוחב ועומק) והצרעה (רוחב הראש ואורך גפי הפה) (Jervis et al. 1993). יכולת אספקת הצוף תלויה אפוא בצירוף טקסון הצמחים וטקסון הצרעות המסוימים, אך ישנן גם משפחות צמחים אשר באופן כללי בעלות צוף נגיש יחסית

לעומת משפחות אחרות. צמחים ממשפחות הסוככיים (Apiaceae) והחלבוביים (Euphorbiaceae) הם בעלי צוף נגיש באופן כללי, ואלו ממשפחת הפרפרניים (Fabaceae) הינם בעלי צוף חבוי אליו יכולות להגיע בעיקר דבורים בעלות גפי פה ארוכים (Jervis et al. 1993).

ניסיונות רבים נעשו לאיתור צמחים המתאימים להזנת צרעות טפיליות וליישומם בשדה. צמח אשר נעשה בו שימוש רב הוא כוסמת, *Fagopyrum esculentum*, (למשל Lee et al. 2006) וציטוטים שם). צמחים נוספים נפוצים הם סוככיים למיניהם. על מנת לשלב צמח בגידול חקלאי, הוא צריך, בנוסף למילוי התנאים שהוזכרו לעיל, גם לספק צוף בעונה הרלוונטית לעידוד הטפיל ולהיות בעל אפשרות לשילוב אגרוטכני.

לאור הדרישות שהוזכרו לעיל נבחנה בפרק זה תרומתם של שלושה צמחים לכשירות *P. concolor*, אשר כל אחד מהם עומד בחלק מהקריטריונים הנ"ל. (1) קיקיון מצוי, *Ricinus communis*, ממשפחת החלבוביים הוא בעל צופנים חוץ פרחיים כך שאין מגבלת נגישות הנובעות ממבנה הפרח או ממועד פריחה. (2) שומר פשוט, *Foeniculum vulgare*, שייך למשפחת הסוככיים, כך שישנה סבירות גבוהה שהצוף שהוא מפיק זמין לצרעות טפיליות. כמו כן צמח זה פורח בקיץ ובתחילת הסתיו, המועד בו עשויות להתפתח רימות של זבוב הזית בפרי. (3) אספסת תרבותית, *Medicago sativa* שייכת אמנם למשפחת הפרפרניים, כך שהסיכוי לצוף נגיש נראה נמוך, אולם גם היא פורחת בקיץ, והיא מהווה צמח כיסוי מקובל במטעים לצורך מניעת סחף קרקע (יונתן אברהמס – תקשורת אישית), כך שהסיכוי לשילוב אגרוטכני שלה במטע נראה טוב.

מטרת הניסויים המתוארים בפרק זה היא לבדוק תרומה של צוף מהצמחים הנ"ל לכשירותה של *P. concolor* במעבדה. במידה שיימצא צמח מתאים, ניתן יהיה לבחון אם הוא משפיע על כשירותה בשדה, ואם הוא ניתן לשילוב בגידול הזית כחלק מאפשרויות הגנת הצומח כנגד זבוב הזית.

## 3.2 שיטות

### 3.2.1 אספקת צוף ל *P. concolor* ע"י צמחים שונים

על מנת לבחון השפעת נוכחות צמחים שונים על כשירות *P. concolor*, הועמד ניסוי בו גודלו צרעות במשך כל חיי הבוגר בנוכחות אחד הצמחים: קיקיון מצוי *R. communis*, שומר פשוט *F. vulgare* ואספסת תרבותית *M. sativa*, או בנוכחות אחת מהביקורות, דבש או הרעבה, ונאמדו משך חיי הצרעות ומספר הצאצאים.

יחידת הניסוי היתה קופסת פלסטיק שקופה (25X20X17 ס"מ אXXג). בתחתית הקופסא ובשלוש דפנות נקדחו חורים עגולים בקוטר 10 ס"מ. לשני חורים בדפנות חוברו שרוולי בד, והחור הנותר נסגר ברשת 50 מש. החור התחתון שימש להכנסת עציץ לקופסא (איור 3.1). לכל קופסא הוכנסה כוסית פלסטיק מלאה מים, שבמכסה שלה הושחל צמר גפן לאספקת לחות ומי שתיה לצרעות. כוסית נוספת שמשה כיחידת הטלה (ראה פירוט מטה).

בניסוי נבחנו הטיפולים הבאים בחמש חזרות:

1. צרעות בנוכחות קיקיון מצוי *R. communis* (חלבוביים): צמחים מהקו Svena-1 (סופק ע"י ד"ר אורן אוסטרזר, מכון וולקני) גודלו מזרעים בחדר מבוקר אקלים ( $T = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH} = 70\%$ , 16L:8D). לניסוי נבחרו חמישה צמחים בני שלושה שבועות, בגובה נמוך מ17 ס"מ ובעלי לפחות שני עלים. כל צמח הוכנס בעציץ לחור התחתון בקופסת הניסוי.
  2. צרעות בנוכחות שומר פשוט *F. vulgare* (סוככיים): תפרחות של צמחי שומר פשוט נקטפו בכניסה לישוב בית לחם הגלילית פעמיים בשבוע, ונשמרו בצנצנת מים. כל תפרחת הוכנסה לעציץ מלא באדמה שהיה בתחתית קופסת הניסוי, והוחלפה פעמיים בשבוע.
  3. אספסת תרבותית *M. sativa* (פרפרניים): תפרחות אספסת תרבותית, מזן "גלבו" נקטפו ממתע אבוקדו סמוך לקיבוץ כברי. פרוטוקול השימוש באספסת היה זהה לזה של השומר.
  4. צרעות ללא צמח בנוכחות נייר דבש.
  5. הרעבה - צרעות ללא צמח וללא נייר דבש.
- כל הצמחים בניסוי הושקו פעמיים בשבוע ממגש הניקוז של העציץ.

#### צרעות:

מקור הצרעות היה גידול *P. concolor* מהמכון להדברה ביולוגית ע"ש כהן, בו משמש זכוב הים התיכון *Ceratitis capitata* כפונדקאי. כדי למנוע מהצרעות להזדווג טרם תחילת הניסוי, בודדו גלמים מוטפלים של זכוב הים התיכון בקפסולות ג'לטין, והתבצע מעקב אחר הגחת הצרעות. לניסוי נלקחו 25 זכרים ו-25 נקבות בני פחות מ-24 שעות לאחר הגחה. כל זוג ( $\text{♀}+\text{♂}$ ) הוכנס לקופסא אחת באחד מן הטיפולים והתבצע מעקב אחרי משך חיי הצרעות.

### יחידת הטלה:

יחידת ההטלה בניסוי הורכבה מכוס פלסטיק ( $5=0$  ס"מ,  $6=0$  ס"מ) בעלת מכסה לחיץ. במכסה נפתח חור עגול ( $4=0$  ס"מ), ובכוס נפתחו שני פתחים מלבניים. כפונדקאים בניסוי שמשו רימות של זכוב הים התיכון. 20 רימות בנות 8 ימים הונחו על 12 גר' מצע מזון סטנדרטי המשמש במכון להדברה ביולוגית ע"ש כהן. מצע המזון נעטף בבד רשת, ונסגר בין המכסה לכוסית כך שהצרות יכלו להטיל דרך הרשת אל תוך הרימות מלמעלה ומלמטה. יחידת ההטלה הוכנסה לקופסא למשך 24 שעות בכל פעם, 4-5 פעמים בשבוע. לאחר השהיה בקופסא הועברו הרימות מיחידת ההטלה לצלוחית פטרי בתוך קופסת פלסטיק שקופה בעלת מכסה לחיץ, ונשארו למעקב עד להגחת צאצאי הצרות. התבצע מעקב אחרי מספר הצאצאים וזוויגם.

### ניתוח הנתונים:

משך חיי הצרות, נותח ע"י ניתוח הישרדות (Kleinbaum and Klein 2005). שיטת ניתוח זו מאפשרת התמודדות עם נתונים חלקיים כגון היעלמות או פגיעה בטעות בצרעה במהלך הניסוי. עבור כל טיפול נבנתה עקומת Kaplan Meier, והבדלים בין עקומות נותחו ע"י מבחן Log-Rank (JMP7). כדי להשוות בין זוגות ספציפיים של טיפולים נערכה האנליזה לכל זוג טיפולים בנפרד. יחס הזוויגים בכל טיפול הושווה ליחס הצפוי 0.5 ע"י מבחן  $t$ , כאשר כל נקבה מטילה שמשה חזרה. הבדלים ביחס הזוויגים בין הטיפולים בוצעו ע"י ניתוח שונות חד כיווני. כל הניתוחים התבצעו בתכנה JMP 7.



איור 3.1: יחידת ניסוי ובה קיקיון מצוי, כוסית מים ויחידת הטלה.

### **3.2.2 בחינת מנגנון ההשפעה של קיקיון מצוי על *P. concolor***

כיוון שצרות שגודלו בנוכחות קיקיון בניסוי מס' 1, היו יותר מצרות הביקורת, הועמד ניסוי נוסף על מנת לבדוק אם התוספת למשך החיים נבעה מצריכת הצוף, או מגורם אחר הקשור בצמח, כגון השפעה על הלחות או הסביבה המרחבית. בניסוי זה הצמח היחיד ששימש היה הקיקיון, עפ"י הטיפולים הבאים:

1. צרעות בנוכחות קיקיון (6 חזרות).
  2. צרעות בנוכחות קיקיון אשר הגישה לצופניו נחסמה (6 חזרות).
  3. צרעות בנוכחות קיקיון אשר הגישה לצופניו נחסמה, אך בתוספת דבש (5 חזרות).
  4. צרעות ללא צמח וללא דבש (6 חזרות).
- חסימת הצופנים נעשתה ע"י מריחתם בדבק סיליקון אלמרוס. דבש סופק על גבי ריבוע נייר כפי שפורט בפרק הקודם. על מנת להימנע מעיפוש שהתקבל בניסוי מס' 1 (ראה להלן) בקופסאות הצאצאים, לאחר התגלמות הרימות בקופסאות הפלסטיק, הוצא מהקופסא מצע המזון של הרימות.

#### ניתוח הנתונים:

הנתונים נותחו כמו בניסוי 1, למעט מס' הצאצאים שנותח ע"י ניתוח הישרדות.

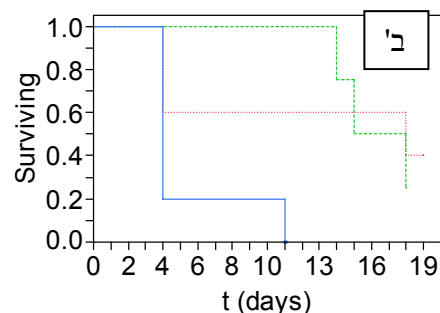
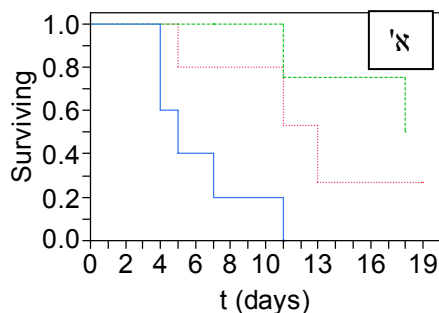
### 3.3 תוצאות:

#### 3.3.1 אספקת צוף ל *P. concolor* ע"י צמחים שונים

##### הישרדות:

הן עבור זכרים, והן עבור נקבות, עקומת ההישרדות הגבוהה ביותר התקבלה בנוכחות קיקיון מצוי, ולאחריו בדבש (איור 3.2), כאשר ההישרדות בנוכחות שומר פשוט, אספסת הגלבוץ או בהרעבה היו נמוכות יותר (חציון 5, 4 ו-4 יום בהתאמה לזכרים, 5, 5 ו-4 בהתאמה לנקבות).

בהשוואה של כל טיפול לטיפול ההרעבה התקבלו הבדלים מובהקים בהשוואת טיפול הקיקיון להרעבה (זכרים  $\chi^2 = 7.01, df = 1, p = 0.0081$ , נקבות  $\chi^2 = 8.15, df = 1, p = 0.0043$ ), אך לא בהשוואת טיפול הדבש להרעבה. טיפולי השומר והאספסת לא נבדלו מביקורת ההרעבה.



איור 3.2 פרופורציית הזכרים (א') והנקבות (ב') השורדים בצרעה הטפילית *P. concolor* בתנאי הרעבה (קו רציף כחול), בנוכחות דבש (קוקו עדין אדום) ובנוכחות צמחי קיקיון מצוי (קוקו גס ירוק). לא כל הקווים יורדים עד ל-0 כיוון שחלק מהצרות נפגעו בשגגה, ונתונייהם נותחו רק עד לשלב זה (Censored data), כמקובל בניתוח הישרדות (Kleinbaum and Klein 2005)

##### מס' צאצאים:

במצע הגידול של ביצים שהוטלו לאחר יום הניסוי הראשון חל עיפוש שפגם בהתפתחות הרימות המוטפלות, כך שלא ניתן היה להשוות את סך כל הצאצאים לצרעה בטיפולים השונים, וההשוואה התאפשרה רק ביום הניסוי הראשון. ביום זה, הטילו ארבע נקבות בטיפול ההרעבה, אחת בטיפול האספסת, ואף אחת בטיפולים האחרים.

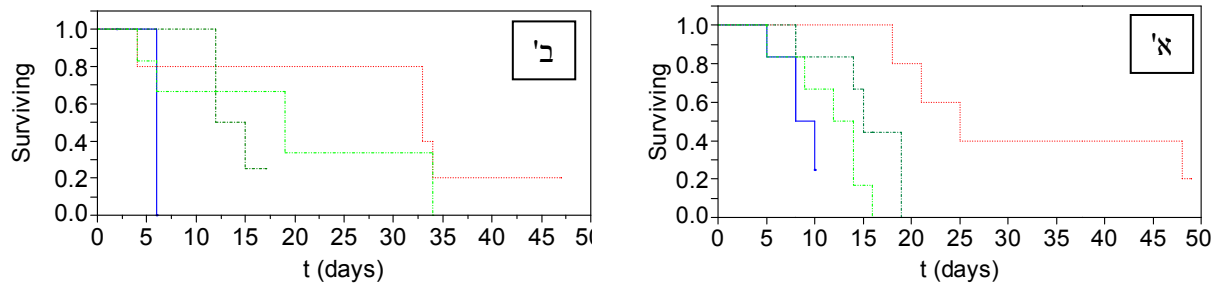
### יחס זוויגים:

יחס הזוויגים בניסוי נע בין 0-33% זכרים/סה"כ צאצאים (בחישוב בנפרד לכל מטילה).  
בשקלול כל הצאצאים בניסוי היה יחס הזוויגים 15% זכרים, ונבדל באופן מובהק מ-0.5 ( $t_{11}=-8.34$ ),  
לא נמצאו הבדלים מובהקים ביחס הזוויגים בצאצאים שהתקבלו בין טיפולים שונים  
( $p>|t|=0.0001$ ).  
( $F_{3,8}=1.84$ ,  $p=0.22$ ).

### **3.3.2 בחינת מנגנון ההשפעה של קיקיון מצוי על *P. concolor***

#### הישרדות:

הן עבור זכרים, והן עבור נקבות, ההישרדות הגבוהה ביותר התקבלה בנוכחות דבש, והנמוכה ביותר ללא צמח. המודל בכללותו היה מובהק עבור הזכרים ( $\chi^2 = 4.1$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.0429$ ), אך לא עבור הנקבות. עקומות ההישרדות של הטיפולים, שבהם ניתנה ונחסמה גישה לצופנים ללא דבש לא נבדלו באופן מובהק זו מזו (איור 3.3).

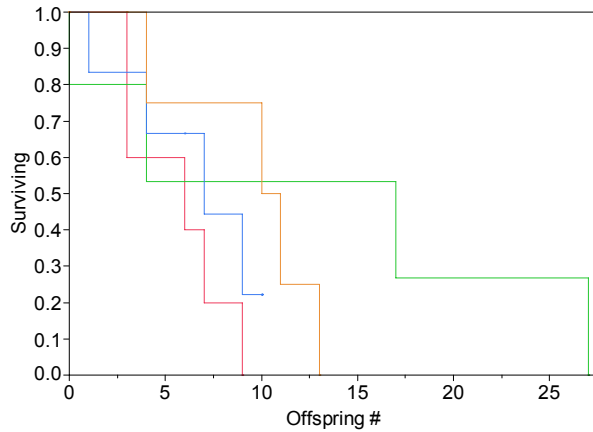


איור 3.3 פרופורציית הזכרים (א') והנקבות (ב') השורדים בצרעה הטפילית *P. concolor* בהרעה —, בנוכחות קיקיון מצוי עם צופנים חסומים —, בנוכחות קיקיון מצוי עם צופנים גלויים —, ובנוכחות קיקיון מצוי ודבש —. לא כל הקווים יורדים עד ל-0 כיוון שחלק מהצרעות נפגעו בשגגה, ונתוניהם נותחו רק עד לשלב זה (Censored data), כמקובל בניתוח הישרדות (Kleinbaum and Klein 2005).

### מס' צאצאים:

השונות במס' הצאצאים לצרעה היתה גבוהה בתוך הטיפולים, ולא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בסה"כ צאצאים לנקבה. ארבע צרעות מכלל ה-23 בניסוי לא הטילו כלל בניסוי. מס' הצאצאים הממוצע לצרעה היה 6.69 והטווח 0-27 (איור 3.4).





איור 3.4. פרופורציית נקבות *P. concolor* (בציר ה-Y) שהגיעו למספר צאצאים מסויים (בציר ה-X) בהרעבה (אדום), בנוכחות קיקיון מצוי עם צופנים חסומים (כתום), בנוכחות קיקיון מצוי עם צופנים גלויים (כחול) ובנוכחות קיקיון מצוי ודבש (ירוק). העקומה הכחולה למשל מתארת 82% הישרדות עד לצאצא אחד, כלומר צרעה אחת מתוך השש מתה לאחר שהטילה צאצא אחד. צאעה נוספת מתה לאחר שהטילה ארבעה צאצאים וכן הלאה. לא כל הקווים יורדים עד ל-0 כיוון שחלק מהצרות נפגעו בשגגה, ונתוניהם נותחו רק עד לשלב זה (Censored data), כמקובל בניתוח הישרדות (Kleinbaum and Klein 2005).

#### יחס זוויגים:

למעט נקבה אחת שהטילה אך ורק זכרים נע יחס הזוויגים בניסוי בין 0-45% זכרים/סה"כ צאצאים (בחישוב בנפרד לכל מטילה). בשקלול כל הצאצאים בניסוי היה יחס הזוויגים 35.71% זכרים, ונבדל באופן מובהק מ-0.5 ( $t_{18}=-2.72, p>|t|=0.0139$ ) לא נמצאו הבדלים מובהקים ביחס הזוויגים בין טיפולים שונים ( $F_{3,15}=0.67, p=0.5826$ ).

### 3.4 דיון

בעוד שבניסוי הראשון בפרק זה הסתמן קיקיון מצוי כצמח אשר עשוי להעלות את כשירות *P. concolor*, בחינה מדוקדקת של מנגנון העלאת הכשירות בניסוי השני, הראתה כי מנגנון אחר הקשור לנוכחות צמח זה הביא לעליה בתוחלת החיים של הצרעות, ולא אספקת הצוף, אף על פי שצוף נראה בבירור על פני הצופנים לא ניתן לדעת על פי תוצאות הניסוי מה היה המנגנון שהאריך את חיי הצרעות, אך מנגנונים אפשריים הם השפעה על מיקרו אקלים בסביבת הצמח והשפעה על הסביבה המבנית בתוך הכלוב, באופן שעשוי להשפיע על פעילות הליכה, תאורה וכדומה.

יש לציין, כי ייתכן שמלבד השפעה חיובית לתזונה מצוף ע"י אספקת סוכר, עשויות להיות לצוף גם השפעות שליליות. זרעי קיקיון מכילים חומרים רעילים, וישנם מקרים בהם נמצאים מטבוליים משניים בצוף צמחי (Adler 2000). אם גם בצמח הקיקיון מגיעים החומרים הרעילים לצוף, ייתכן כי תזונה מצוף קיקיון תביא לפגיעה בחרק הניזון.

בניגוד להשפעה על משך החיים, לא נמצאה בניסוי השפעה של הטיפול על מס' הצאצאים לצרעה. במספר מחקרים אחרים נמצאה השפעה של מזון סוכרי על משך החיים אך לא על מספר הצאצאים לנקבה (Lee et al. 2004 וציטוטים מתוכו). בניסויי הקיקיון היתה שונות גדולה במספר הצאצאים לצרעה, ומספר החזרות היה נמוך, כך שלא ניתן לדעת האם צוף הקיקיון באמת אינו משפיע על כשירות הצרעה, או שאין באפשרותו של הכח הסטטיסטי הנמוך לזהות השפעה כזאת. מעניין כי בניסוי הראשון, הצרעות המורעבות, הטילו יותר צאצאים ביום הראשון מאשר הצרעות האחרות בניסוי. במס' עבודות נוספות נמצאה הטלה גבוהה יותר ליום ע"י צרעות מורעבות, והדבר עשוי לנבוע מהתנהגות שונה שמטרתה להעלות את מספר הצאצאים הכולל בחיי הצרעה בהתחשב במשך החיים הקצר הצפוי לה בהרעה, או מכך שצרעות שנמצאות בקרבת מקור מזון מבלות יותר זמן באכילה, כך שהן מטילות פחות (Lee and Heimpel 2007).

למרות שלא נמצא בחלק זה של העבודה אף צמח כמועמד לאספקת צוף בשדה, אין פירושו שאף אחד מהצמחים שנבחנו אינו מתאים לאספקת צוף. בתנאי הניסוי כמשו פרחי השומר והאספסת באופן מהיר והיה צורך להחליפם פעמים רבות, ייתכן כי חוסר הצלחתם להעלות הישרדות הצרעות נבעה מסיבות של אופן העמדת הניסוי, וכי באופן העמדה אחר, ללא קטימת התפרחות ניתן יהיה לגלות השפעה של פרחים אלה. Wade and Wratten (2007) בחנו השפעה של אופן שימוש בצמח לניסויי אספקת צוף לצרעות טפיליות, והגישו ל-*Aphidius ervi* פרחים שונים בשני טיפולים: תפרחות קטומות או צמח שלם בעציץ. בשמונה מתוך תשעת מיני צמחים לא נראתה השפעה לאופן ההגשה. יוצא הדופן היה צמח הכוסברה ממשפחת הסוככיים, אשר בהגשה בצמחים שלמים העלה את תוחלת חיי הצרעות לערך כפול מחייהן על תפרחת קטומה. לא ניתן לדעת כרגע אם בניסוי היתה תופעה שכזו, אך ניתן לנסות ולחזור עליו באופן העמדה אחר.

צמד הניסויים שהתבצעו בחלק זה של העבודה מדגיש את חשיבותה של בחירת ביקורות שיבודדו את גורם הצוף בניסויי אספקת צוף להעלאת כשירות צרעות. בהתייחס לביקורת ללא צמח

שנמצאה בניסוי הראשון, העלה צמח הקיקיון את כשירות הצרעות, וניתן היה להגיע למסקנה השגויה שהדבר נבע מאספקת צוף. הניסוי השני הראה שנגישות לצופנים לא העלתה את כשירות הצרעות לעומת ביקורת בה נמצא צמח קיקיון בעל צופנים חסומים, כלומר לא הצוף היה הגורם לעליה במשך החיים. בניסויים רבים נבחנה השפעת צמחים מספקי צוף על כשירות צרעות לעומת ביקורת ללא צמח כלל (לדוגמא, Sivinski et al. 2006, Wade and Wratten 2007), כך שמסקנות לגבי תרומת הצוף עשויות להיות שגויות במקרים מסוימים. העלאת הכשירות במנגנונים אחרים, כמו השפעה על מיקרו אקלים ותאורה, מעניינת לכשעצמה, אולם אינה צפויה להיות בעלת אותה השפעה בשדה שבו קיים מגוון של נישות מיקרו אקלים בין צמחי גידול המטרה.

היות שלא נמצא צמח אשר יספק צוף ל *P. concolor*, ניתן לחשוב על דרכים אחרות בהן ניתן יהיה לספק סוכר לצרעה זו. ריסוס בתמיסת סוכר הוא דרך אחת, אולם זו עשויה להיות מסובכת בעצים שלהם מבנה מרחבי מורכב. אפשרות אחרת היא ע"י פיזור תחנות האכלה שיכילו תמיסת סוכר במטע. כדי שתחנת האכלה שכזו תהיה יעילה, היא צריכה להכיל מלבד מקור סוכר גם אותות ויזואלים או אולפקטורים שימשכו את הצרעות אליהם. מעט ידוע על האקולוגיה ההתנהגותית של *P. concolor*, ואופן איתור הפונדקאים ומקורות המזון שלה. איתור הפונדקאים בטווח קרוב מתבצע ככל הנראה ע"י תיפוף עם המחושים, ובחינת המצע בעזרת צינור ההטלה (Canale and Raspi 2000), אולם לא ידוע לי על עבודה שבדקה את משיכתה לגירויים שונים מטווח רחוק. מחקר על תגובת הצרעות הטפיליות של זבוב הזית לגירויים ויזואלים וכימים שונים, עשוי לסייע בקידום תכנית להדברה ביולוגית ע"י שימור צרעות אלה.

נסיונות אספקת סוכר לאויבים טבעיים עלולים להיטיב גם עם מזיק המטרה (Lavandero et al. 2006). היות שגם לזבוב הזית עצמו דרוש מזון סוכרי (מור 1958), התוספת האידיאלית תהיה כזו אשר הצרעות יכולות לנצל, אך הזבוב מנוע מלנצלן מסיבות מורפולוגיות, התנהגותיות או אחרות.

## 4. דיון מסכם

דינאמיקת האוכלוסיות של זבוב הזית ואויביו הטבעיים מושפעת מגורמים רבים. רשימה חלקית עשויה לכלול: תנאי אקלים, נוכחות פירות פונדקאים, נוכחות רימות בפרי, מזון זמין לבוגרי הזבוב והצרעות, תחרות תוך ובין מינית, תנועה של הבוגרים, התנהגות בוגרים ורימות ונוכחות פונדקאים חליפיים לצרעות. איור 4.1 מתאר את מחזורי החיים של הזבוב וצרעות התוקפות אותו, וחלק מהגורמים המשפיעים עליהם.

עבודה זו התמקדה בזיהוי האויבים הטבעיים של רימת הזבוב, מעקב אחרי הפנולוגיה שלהם ושל הזבוב, זיהוי גורמים מגבילים ונסיונות מניפולציה לייעול ההדברה הביולוגית. מהפרק הראשון של העבודה עולה כי מגוון רחב של צרעות, אשר נשלט ע"י *P. concolor*, תוקף את זבוב הזית בישראל. כמו כן נמצא כי הצרעה האקזוטית *D. kraussi*, אשר פיזורים יזומים שלה מתבצעים החל ממאי 2003, התבססה גם במטעים בהם לא פוזרה מעולם, כך שייכתן כי היא תמשיך בהתבססותה, וחלקה היחסי בין טפילי זבוב הזית בארץ יעלה בעתיד. בבחינת הפנולוגיה נמצאו שני שיאים של נגיעות פירות הזית ברימות הזבוב, בתחילת הקיץ ובסתיו, כאשר בתנאים מסויימים מופיע רק השיא השני. כמו כן נמצא כי פעילות הצרעות הטפיליות נמוכה בשיא הנגיעות השני מאשר בראשון. נמצא שישנה גיחת זבובים בוגרים מהקרע כבר בפברואר גם בהיעדר פרי על העצים, ושגיחה זו מפסיקה בתחילת אפריל. איור 4.2 מסכם את פנולוגיית הזית, זבוב הזית ואויביו הטבעיים כפי שהם מצטיירים מעבודה זו.

הפרק השני התמקד בהשערה שזמינות סוכר נמוכה במטע הזיתים מהווה גורם מגביל עבור הצרעה הטפילית *P. concolor*. נמצא כי תוספת סוכר על עץ הזית הביאה לעלייה לכידת צרעות. כמו כן, צרעות חופשיות שנלכדו במטע הזיתים הראו לרוב רמות סוכרים דומות לאלה של צרעות מורעבות. תוצאות אלו תמכו בהשערה שהצרעות מוגבלות ע"י זמינות הסוכר, ומכאן שתוספת סוכר במטע עשויה לתרום לשיפור ההדברה הביולוגית של הזבוב.

למרות נסיונות החיפוש שנעשו בפרק השלישי, לא נמצא צמח פוטנציאלי יעיל לאספקת סוכר ל-*P. concolor*. נסיונות אספקת סוכר עשויים להתבצע ע"י בחינת צמחים נוספים, או לחלופין פיתוח שיטה לאספקת סוכר שתתבסס על משיכה של הצרעות לגירוי מסויים בקרבת תחנת האכלה מלאכותית. בעוד שגורמים רבים מעורבים בדינאמיקת האוכלוסיות במערכת זו, הנזק החקלאי נגרם רק על ידי רימת הזבוב ומתרכז בפרי בלבד. כל דיון בדרכים להפחתת הנזק החקלאי מחייב לכן התייחסות להשפעת גורמים שונים על רימת הזבוב. היות שצרעות טפיליות לזבוב הזית מסיימות את התפתחותן לאחר התגלמות הרימה, הן אינן מונעות את הנזק לזית בטווח הקצר, ותרומתן מתבטאת בהפחתת הבוגרים בדור הנוכחי, דבר אשר עשוי להביא להפחתת ההטלה בדור הבא, ומכאן למספר נמוך יותר של רימות בדור הבא.

כיוון שבוגרי הזבוב עשויים לנוע בין מטעים, עלייה בטפילות באתר מסוים תביא להקטנת הנזק החקלאי רק אם מקור הבוגרים הורי הדור הבא הוא באותו אתר. אולם אם רוב הזבובים מגיעים מאתר אחר, הרי שלעלייה מקומית בטפילות תהיה השפעה מועטה על הנזק לפרי בדור הבא. על מנת להשתמש

בהדברה ביולוגית של זבוב הזית בצורה מושכלת, יש להעמיק את ההבנה בנוגע לאוכלוסיות המקור של הזבוב, המרחקים שנודדים הבוגרים, והגורמים שמשפיעים על הנדירה.

זבוב הזית הינו מונופאג המתפתח בפירות הזית בלבד, לרביית הזבוב ישנה אפוא תלות מוחלטת בנוכחות פירות פונדקאים. לעומת זאת, הצרעות הטפיליות התוקפות את הזבוב הינן כוללניות ועשויות להתפתח גם על זבובים אחרים. במערכת זו נוצר מצב מעניין בו יש לזבוב תלות בנוכחות פירות פונדקאים בעוד שלצרעות ישנה תלות כפולה, נוכחות פירות פונדקאים לרביית הזבוב, ונוכחות רימות לרביית הצרעה. מאידך יכולות הצרעות לעבור ולהתפתח בפונדקאים אחרים בהעדף רימות של זבוב הזית. בנוסף, על זבובי הזית להתמודד עם תקופה ארוכה ללא פונדקאים – מהמסיק ועד לנוכחות פרי רצפטיבי, ואילו הצרעות צריכות להתמודד עם שתי תקופות כאלה – התקופה ללא פרי, ותקופת הקיץ המאוחר בה אין רימות בפרי.

הזבובים עשויים להתמודד עם תקופת המחסור בפונדקאים ע"י שתי אסטרטגיות: (1) הישרדות ארוכה ללא רבייה בדרגת הגולם (בקרע) או הבוגר עד להופעת פירות פונדקאים. (2) איתור עצים שלא נמסו אם ישנם, והמשך רבייה עליהם. הצרעות עשויות להתמודד עם תקופת אלה ע"י שתי אסטרטגיות: (1) הישרדות ארוכה ללא רבייה עד לעלייה בזמינות רימות פונדקאיות. בתקופה בה אין פרי, הישרדות הצרעות יכולה להיות בדרגת הגולם בקרע או בדרגת הבוגר. בתקופת הקיץ המאוחר הצרעות יכולות לשרוד כבוגרים חפשיים. (2) מעבר לרבייה על פונדקאים אחרים, בתוך המטע או מחוצה לו (איור 4.2). מבחינה אבולוציונית, הגורמים אשר צפויים להכתיב את האסטרטגיה הם מחד עיתוי נוכחותם ומיקומם של פונדקאים חליפיים, ומנגד ההסתברות לשרוד תקופות ארוכות.

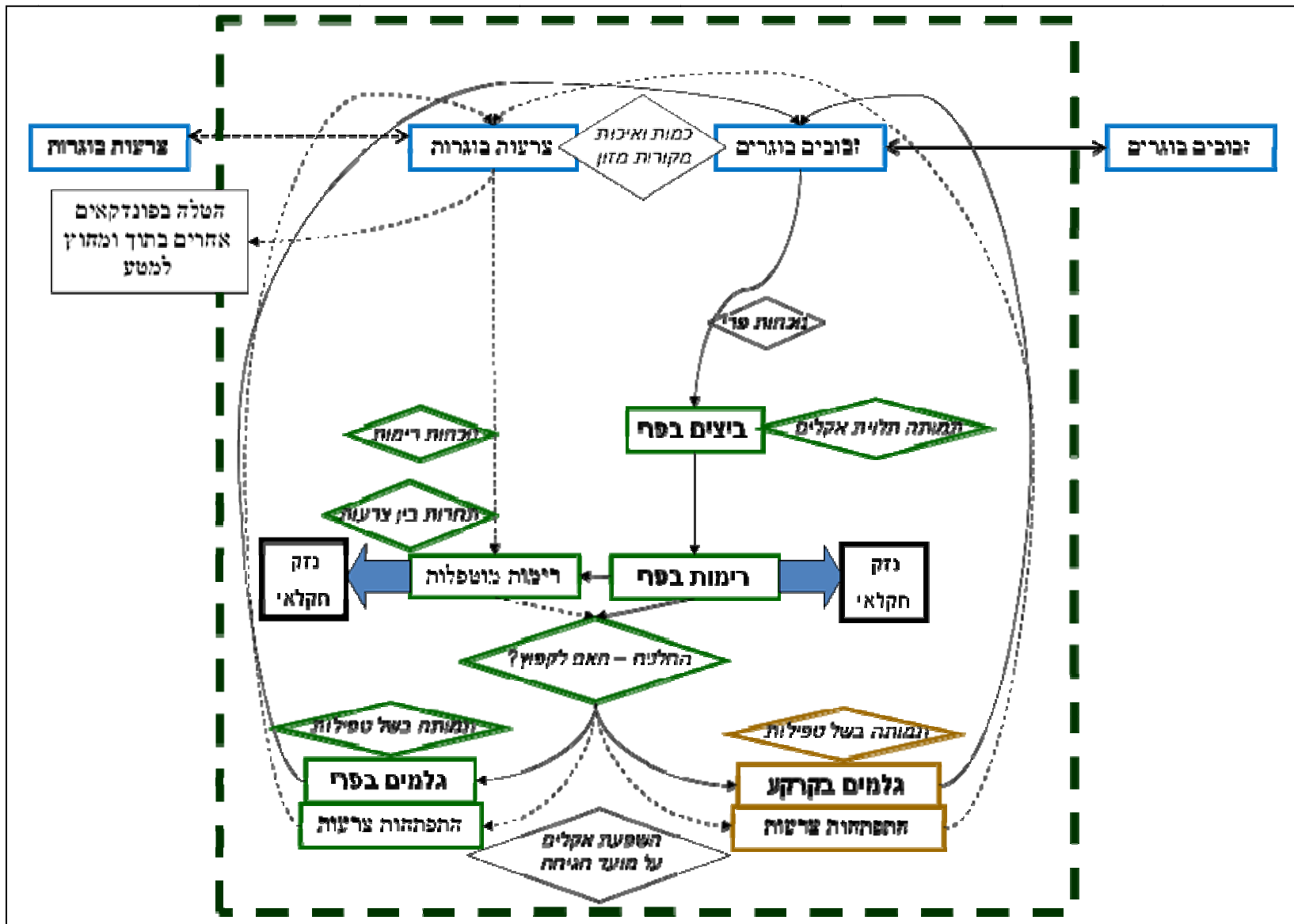
עבור הזבוב, נוכחות פונדקאים תיקבע ע"י מועד המסיק במטע בו הוא נמצא, מועד המסיק במטעים שכנים, ונוכחות פרי שלא נמסו בזיתים הנמצאים בבר או בגינות. הישרדות הזבוב בהיעדר פרי תיקבע עפ"י גורמי התמותה הפועלים על הגולם בקרע, ועל הבוגר. השיקולים האבולוציוניים לבחירת הדרגה בה יעברו הזבובים את התקופה ללא פונדקאים נידונו בפרק 1. עבור הבוגר צפויה להיות תזונה גורם חשוב בקביעת שיעור ההישרדות, ומחקר שיתמקד בתזונת הזבוב עצמו בשיטות דומות לאלו שננקטו בעבודה זו עם *P. concolor*, עשוי לקדם את ההבנה לגבי יכולת הזבוב לשרוד תקופות ארוכות ללא פונדקאים.

עבור הצרעות, באזורים שבהם נטועים שטחים נרחבים רצופים של זיתים (חלקים מיוון למשל), נראה שההסתברות למצוא פונדקאים חליפיים במקום זבוב הזית נמוכה. בתנאים שכאלה, תזמון נוכחות רימות בפרי הזית עשוי להוות לחץ סלקציה חזק על הצרעות, וייתכן שהצרעות עוברות התמחות להתאמה מייטבית לפנולוגיית הזבוב באזור. באזורים בהם מטעי הזיתים קטנים בהיקפם, יכולות הצרעות לעבור לגידולים אחרים או לצמחי בר ולמצוא שם פונדקאים אחרים. באזורים שכאלה, לחץ הסלקציה צפוי להיות חלש יותר והצרעות לא בהכרח יעברו התמחות מקומית להתאמה לפנולוגיית הזבוב.

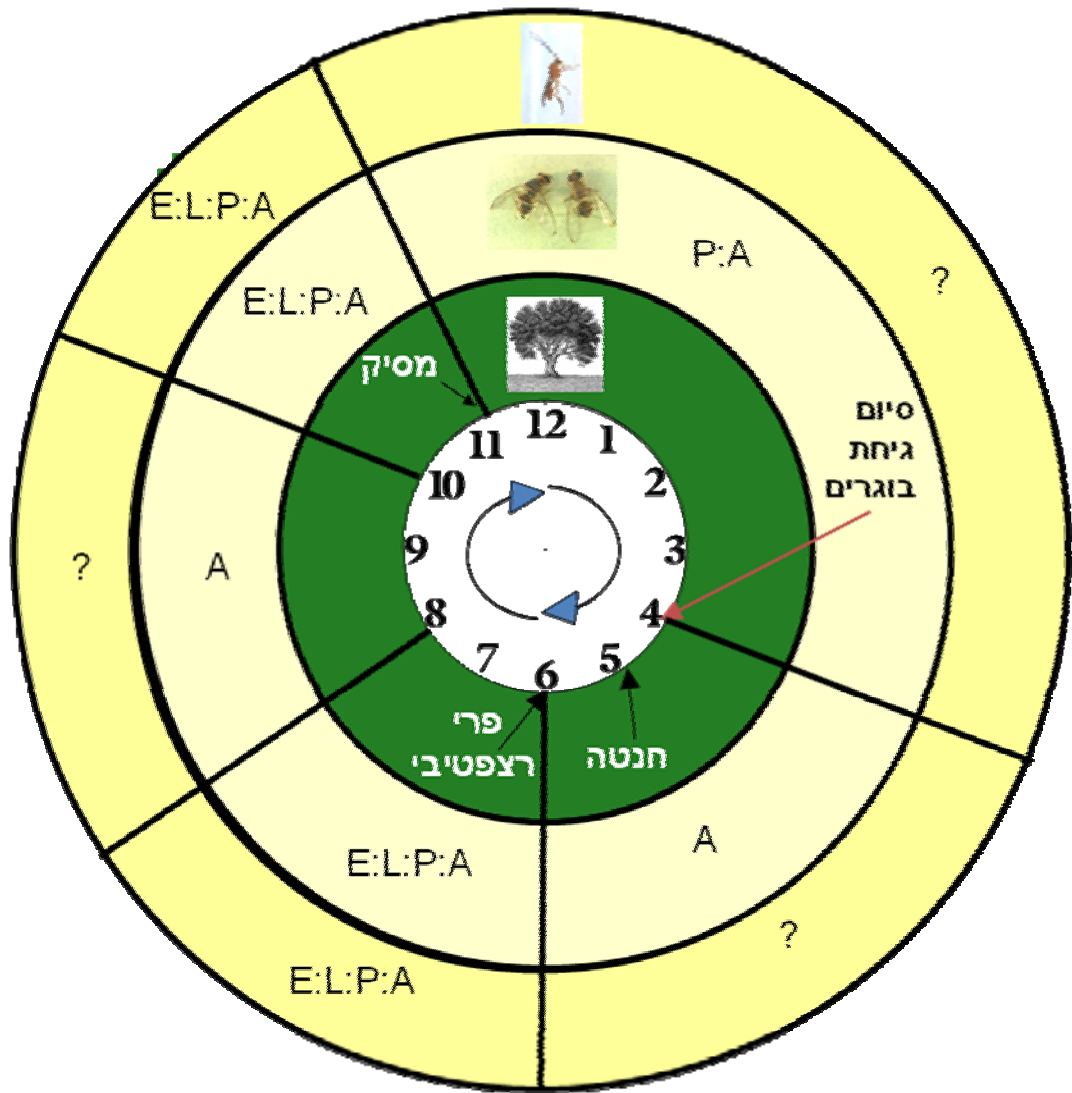
בכל מקרה, ההסתברות לשרוד תקופות ארוכות ללא רבייה, הן בזבוב והן בצרעות, תלויה באופן חזק בנוכחות מקורות מזון. מהעבודה עולה שקיים חוסר במזון סוכרי עבור הצרעות במטע. מחסור במזון

עשוי לפגוע בהישרדות לתקופות ארוכות, ומכאן שיהווה לחץ סלקציה למציאת פונדקאים חליפיים לרבייה. כיוון שטפילי הפריזוביים (Tephritidae) אינם ספציפים לפונדקאי מסויים, מקובל להניח שהם לא עברו קואבולוציה עם מין מסויים של זבובים (Hoffmeister 1992, וציטוטים משם). עם זאת, לחצי הסלקציה בזיתים מושפעים רבות מפרקטיקות חקלאיות כגון מועד המסיק והיקף שטח הזיתים הרציף. ייתכן אם כך, שלחצי הסלקציה השונים הפועלים במערכות חקלאיות שונות יגרמו לכך שהזבוב והצרעות באזורים שונים יראו מידה שונה של התמחות הדדית וקואבולוציה.

מבחינה יישומית, תוצאות המחקר מצביעות על שתי דרכים אפשריות להדברת זבוב הזית: (א) הקדמת פעולות הדברה כנגד בוגרי הזבוב באביב ו-(ב) אספקת סוכר לצרעות הטפיליות התוקפות את רימות הזבוב במטע. פתרונות אפשריים נוספים הם אספקת פונדקאים חליפיים לצרעות וייבוא אויבים טבעיים חדשים בשט שיוכלו לשרוד טוב יותר תקופות ללא פונדקאים ומזון במערכת החקלאית של הזית בארץ. תחומים נוספים הדורשים מאמץ מחקרי הם: (1) כימות התמותה וההגירה בקרב בוגרי הזבוב והצרעות לשם הבנת מקור הזבובים והצרעות לשני שיאי הנגיעות בעונה. נתונים כאלה עשויים להיות משולבים במודלים של דינאמיקת האוכלוסיות של הזבוב, כמו זה של Comins and Fletcher 1988, ולסייע לקבלת החלטות הדברה במערכת זו; ו-(2) חקר האקולוגיה התזונתית והתנהגותית של הצרעות הטפיליות, שיאפשר את הגברת יעילותן על ידי הספקת מקורות מזון החסרים במטע היום.



איור 4.1. מחזורי החיים של זכוב הזית, צרעות טפיליות התוקפות את הרימה, וחלק מהגורמים המשפיעים עליהם. היציג מלאים – מעבר בין דרגות בזכוב הזית. היציג מקווקווים – מעבר בין דרגות בצרעות הטפיליות. מלבנים – דרגות במחזור החיים. מעויינים – גורמים המשפיעים על התהליכים במחזור החיים. הדרגות והתהליכים המצויים בפרי מוצגים בירוק, בקרקע – בחום, והדרגות החופשיות בכחול. הקו הירוק המקווקו מסמן את גבולות המטע שאותם יכולים לחצות זכובים וצרעות בוגרים.



איור 4.2. פנולוגיה עונתית של שלוש הרמות הטרופיות: עץ הזית (מעגל פנימי), זבוב הזית (מעגל אמצעי), וצרעות טפילות התוקפות את הזבוב (מעגל חיצוני). עבור הזבוב והצרעות מצויינות הדרגות הקיימות בכל תקופה (ביצים E, זחלים L, גלמים P, בוגרים A). רביית הזבוב מפסיקה בחודשים החמים, ומתחדשת אח"כ עד המסיק. בהמשך מגיחים בוגרים מגלמים בקרקע עד שכל האוכלוסייה נמצאת בדרגת הבוגר בלבד. בעוד שהזית הוא הפונדקאי היחיד של הזבוב, הצרעות הטפיליות יכולות להתפתח בפונדקאים אחרים, כך שאיננו יודעים באיזה דרגות הן נמצאות בתקופות שבהן רבייה על רימת הזבוב אינה אפשרית. הנתונים באיור מתאימים לפנולוגיה של הזן "פיקואל" בישראל בשנת 2007. זנים שונים, אזורי אקלים שונים ומועדי מסיק שונים עשויים לקצר או להאריך את השלבים השונים המוצגים.



## 5. רשימת ספרות

- אבידב, צ. 1951. הופעת זבוב הזית במקווה ישראל בשנים 1947-1949. השדה ל"א: 48-50.
- אבידב, צ. 1958. פנולוגיה של זבוב הזית בשפלת החוף של ישראל. כתבים ח': 87-97.
- בודנהיימר, ש.פ. 1925. זבוב הזית (*Dacus oleae* Rossi) בא"י. השדה ה': 17-23, 94-99.
- גרזון, א. 1962. מחקרים בביוקומפלקס זבוב הזית – *Dacus oleae* Gmel, מחלת המקרופומה – יתוש פירות הזית *Prolasioptera berlesiana* Paoli בישראל. ע"ג, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- הורוביץ, ג. ור. בירגר. 2003. ענף הזית – תמונת מצב. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, שירות ההדרכה והמקצוע.
- מור, י. 1958. מחקרים באקולוגיה של זבוב הזית *Dacus oleae* Gmel. ע"ד, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- פלאוט, נ. 1950. כיצד חורף זבוב הזית. השדה ל': 654-655.
- Adler, L.S. 2000. The ecological significance of toxic nectar. *Oikos* 91:409-420.
- Arambourg, Y. 1962. Observations on the biology of *Dacus oleae* Gmel. (Diptera, Trypetidae) and its parasite *Opius concolor* (Hymenoptera, Braconidae) in the region of Sfax (Tunisia) in 1961-1962. *Bulletin de la Société Entomologique de France* 67:197-203 (In French).
- Arambourg, Y. and R. Pralavorio. 1974. Les chalcidiens ectophages (Hym. Chalcidoidea) parasites de *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. Trypetidae). *Annales de l'Institut Phytopathologique Benaki* 11:30-46. (As cited in Kapatos and Fletcher 1986).
- Baker, H.G. and I. Baker. 1983. A brief historical review of the chemistry of floral nectar. In Bently, B. and T. Elias, editors. *The Biology of Nectaries*. Columbia University Press, New York.
- Biliotti, E. and P. Delanoue. 1959. Contribution à l'étude biologique d'*Opius concolor* Szep. (Hym: Braconidae) en élevage de laboratoire. *Entomophaga* 4:7-14 (In French).
- Canale, A. and A. Raspi. 2000. Host location and oviposition behaviour in *Opius concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Entomological Problems* 31:25-32.
- Canale, A. and A. Loni. 2006. Host location and acceptance in *Psytalia concolor*: role of host instar. *Bulletin of Insectology* 59:7-10.
- Canard, M., Liaropoulos, C. and Y. Laudeho. 1979. Développement d'*Opius concolor* (Hym.: Braconidae) pendant la phase hypogée de *Dacus oleae* (Dipt.: Trypetidae). *Annales de Zoologie Ecologie Animale* 11:13-18 (In French).
- Cañas, L.A. and R.J O'neil. 1998. Applications of sugar solutions to maize, and the impact of natural enemies on fall armyworm. *International Journal of Pest Management* 44:59-64.

- Casas, J., Driessen, G., Mandon, N., Wielaard, S., Desouhant, E., van Alphen, J., Lapchin, L., Rivero, A., Christides, J.P. and C. Bernstein. 2003. Energy dynamics in a parasitoid foraging in the wild. *Journal of Animal Ecology* 72:691-697.
- Civantos, L.M. 1999. Olive Pest and Disease Management. International Olive Oil Council, Madrid.
- Comins, H.N. and B.S. Fletcher. 1988. Simulation of fruit fly population dynamics, with particular reference to the olive fruit fly, *Dacus oleae*. *Ecological Modelling* 40:213-231.
- Debach, P. and D. Rosen. 1992. *Biological Control*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Delanoue, P. 1970. Utilisation d'*Opius concolor* Szepi. en vue de la lutte contre *Dacus oleae* Gmel. (Mouche de l'olive). *Annales de Zoologie Ecologie Animale* 2:63-69 (In French).
- El-Khawas, M.A., El-Heneidy, A.H., Omar, A.H. and H. El-Sherif. 2000. A recent record of parasitoids on common olive pests in Egypt. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 10:137-138.
- Ellis, J.A., Walter, A.D., Tooker, J.F., Ginzel, M.D., Reigel, P.F., Lacey, E.S., Bennet, A.B., Grossman, E.M. and L.M. Hanks. 2005. Conservation biological control in urban landscapes: manipulating parasitoids of bagworm (Lepidoptera:Psychidae) with flowering forbs. *Biological Control* 34:99-107.
- Fletcher, B.S. 1987. The biology of Dacine fruit flies. *Annual Reviews of Entomology* 32:115-144.
- Fletcher B.S., Pappas, S. and E. Kapatos. 1978. Changes in the ovaries of olive flies (*Dacus oleae* (Gmelin)) during the summer, and their relationship to temperature, humidity and fruit availability. *Ecological Entomology* 3:99-107.
- Friedberg, A. 2005. Biotaxonomy of Tephritoidea. *Israel Journal of Entomology* 35-36 .
- Gurr, G.M., Wratten, S.D. and M.A. Altieri. 2004. *Ecological Engineering for Pest Management, Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*. CSIRO Press, Collingwood.
- Heimpel, G.E., and M.A. Jervis. 2005. Does floral nectar improve biological control? In Wäckers, F.L., van rij, P.C.J. and J. Bruin, editors. *Plant Provided Food for Carnivorous Insects: a Protective Mutualism and its Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Heimpel, G.E., Lee, J.C., Wu, Z.S., Weiser, L., Wäckers, F. and M.A. Jervis. 2004. Gut sugar analysis in field-caught parasitoids: adapting methods originally developed for biting flies. *International Journal of Pest Management* 50:193-198.
- Hoffmeister, T. 1992. Factors determining the structure and diversity of parasitoid complexes in tephritid fruit flies. *Oecologia* 89:288-297.

Hogervorst, P.A.M., Wackers, F.L. and J. Romeis. 2007. Detecting nutritional state and food source use in field collected insects that synthesize honeydew oligosaccharides. *Functional Ecology* 21:936-946.

Illingworth, J.F. 1921. Natural enemies of sugar-cane beetles in Queensland. Queensland Bureau Sugar Experimental Station Division of Entomology Buletin.

Jacob, H.S. and E.W. Evans. 1998. Effects of sugar spray and aphid honeydew on field populations of the parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology* 27:1563-1568.

Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., McEwen, P., Camps, M. and C. Lozano. 1992. Biological control strategies in olive pest management. In Haskal, P.T., editor, *Research Collaboration in European IPM Systems*. Farnham, UK.

Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., Fitton, M.G., Huddleston, T. and H.A. Dawah. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids . *Journal of Natural History* 27:67-105.

Jervis, M.A., Heimpel, G.E., Ferns, P.N., Harvey, J.A., and N.A.C. Kidd. 2001. Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. *Journal of Animal Ecology* 70:442-458.

JMP, Version 7. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007.

Johnson, M.W. and K.M. Daane. 2007. Quantifying abiotic mortality factors impacting olive fly and natural enemies in olive groves. In Pickett, C.H., Johnson, M.W., Daane, K.M., Sime, K.R., Kirk, A.A., Wharton, R., Messing, R.H. and X. Wang. *Olive Fruit Fly IPM Project, Fourth Annual APHIS Report, for the Period of July 1, 2006 to June 30, 2007*.

Kapatos, E.T. 1989. Integrated pest management systems of *Dacus oleae*. In Robinson, A.S. and G. Hooper, editors. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control*, Vol. 3B. Elsevier, Amsterdam.

Kapatos, E.T. and B.S. Fletcher. 1983. The phenology of the olive fly, *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera, Tephritidae), in Corfu. *Journal of Applied Entomology* 97:360-370.

Kapatos E.T. and B.S. Fletcher. 1986. Mortality factors and life-budgets for immature stages of the olive fly, *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera, Tephritidae), in Corfu. *Journal of Applied Entomology* 102:326-342.

Kleinbaum D.G. and M. Klein. 2005. *Survival Analysis: A Self Learning Text*, 2nd edition. Springer Verlag, New York.

Lavandero, B., Wratten, S.D., Didham, R.K. and G. Gurr. 2006. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: A double-edged sword? *Basic and Applied Ecology* 7:236-243.

Lee, J.C. and G.E. Heimpel. 2007. Sugar feeding reduces short-term activity of a parasitoid wasp. *Physiological Entomology* 32:99-103.

- Lee, J.C., Heimpel, G.E. and G.L. Laibee. 2004. Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 111:189-199.
- Lee, J.C., Andow, D.A. and G.E. Heimpel. 2006. Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitoid in the field. *Ecological Entomology* 31:470-480.
- Michelakis, S.E. and P. Neuenschwander. 1983. Estimates of the crop losses caused by *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera: Tephritidae) in Crete, Greece. Fruit flies of economic importance. Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium, Athens, Greece, 16-19 November 1982.
- Mustafa, T.M. and K. Al-Zaghal. 1987. Frequency of *Dacus oleae* (Gmelin) immature stages and their parasites in seven olive varieties in Jordan. *Insect Science and its Application* 8:165-169.
- Neuenschwander, P., Bigler, F., Delucchi, V. and S. Michelakis. 1983. Natural enemies of preimaginal stages of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Tephritidae) in western Crete. I. Bionomics and phenologies. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri'* 40:3-32.
- O'Brien, D.M., Boggs, C.L. and M.L. Fogel. 2005. The amino acids used in reproduction by butterflies: A comparative study of dietary sources using compound-specific stable isotope analysis. *Physiological and Biochemical Zoology* 78:819-827.
- Quicke, D.L.J. 1997. *Parasitic Wasps*. Chapman and Hall, London.
- Ragusa, S. 1974. Influence of temperature on the oviposition rate and longevity of *Opius concolor* Siculus (Hymenoptera: Braconidae). *Entomophaga* 19:61-66.
- Robinson, A.S. and G. Hooper. 1989. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Amsterdam.
- Sivinski, J., Aluja, M. and T. Holler. 2006. Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies: effects on longevity and fecundity. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118:193-202.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*, 2nd Ed. Freeman, San Francisco.
- Stavraki-Paulopoulou, H.G. 1966. Contribution à l'étude de la capacité reproductrice et de la fécondité réelle d'*Opius concolor* Szep. (Hymenoptera: Braconidae). *Annales des Epiphyties* 17:391-435 (In French).
- Steppuhn, A. and F.L. Wäckers. 2004. HPLC sugar analysis reveals the nutritional state and the feeding history of parasitoids. *Functional Ecology* 18:812-819.
- Vijaysegaran, S. 1995. Mouthpart structure, feeding mechanisms and natural sources of food of adult fruit flies in the genus *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae). PhD thesis, University of Queensland. (As cited in *Australian Journal of Ecology*. 1997. 22:237-239).

- Wäckers, F.L. 2000. Do oligosaccharides reduce the suitability of honeydew for predators and parasitoids? A further facet to the function of insect-synthesized honeydew sugars. *Oikos* 90:197-201.
- Wäckers, F.L. 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29:307-314.
- Wäckers, F. and A. Steppuhn. 2003. Characterizing nutritional state and food source use of parasitoids collected in fields with high and low nectar availability. Proceedings of the IOBC/WPRS Study Group on Landscape Management for Functional Biodiversity, Bologna, Italy.
- Wade, M.R. and S.D. Wratten. 2007. Excised or intact inflorescences? Methodological effects on parasitoid wasp longevity. *Biological Control* 40:347-354.
- Wang, X.G., Aimé H.B.G. and R.H. Messing. 2008. Intrinsic inter specific competition in a guild of tephritid fruit fly parasitoids: Effect of co evolutionary history on competitive superiority. *Biological Control* 44: 312-320.
- Warlop, F. 2006. Limitation of olive pest populations through the development of conservation biocontrol. *Cahiers Agricultures* 15:449-455.
- Wharton, R.A. 2005. Parasitoids of Fruit Infesting Tephritidae. [http://hymenoptera.tamu.edu/paroffit/?taxcpl=tax&taxcpl\\_id=7462](http://hymenoptera.tamu.edu/paroffit/?taxcpl=tax&taxcpl_id=7462). Cited 26 October 2008.
- Winkler, K., Wäckers, F., Gabriella B.K. and J. van Lenteren. 2006. Sugar sources are vital for *Diadegma seniclausum* fecundity under field conditions. *Basic and Applied Ecology* 7:133-140.

## Abstract

The Olive Fruit Fly, *Bactrocera oleae*, is a key pest in olive production throughout the world. The fly is commonly controlled using chemical insecticides and mass trapping techniques. Biological control of this pest, although studied and implemented intensively over the past 80 years, has had only limited success and has failed to provide desired levels of protection.

This study is aimed at improving environmentally sound control of the olive fly, with emphasis on biological control. To this end, I attempted to 1) describe the composition and phenology of the guild of parasitoid wasps attacking the fly's larvae in Israel, as well as the phenology of the fly itself; 2) determine possible limiting factors for biological control of the fly; and 3) attempt to enhance the biological control of the fly by removing those limiting factors in the orchard.

To achieve the first goal, parasitoids attacking *B. oleae* larvae were surveyed by collecting fruit samples on various dates and identifying the emerging insects. When no fruit was available, eclosion of the adult flies from the soil was monitored with emergence cages. Fruit infestation was characterized by two peaks, the first in July, and the second in October. At least five species of parasitoids were found to attack *B. oleae* larvae; the parasitoids belonged to the family Braconidae (*Psytalia concolor* and *Diachasmimorpha kraussi*) and the superfamily Chalcidoidea (*Eupelmus urozonus*, *Pnigalio mediteraneus* and *Cyrtoptex latipes*). While parasitism was high during the first infestation peak, it dropped sharply at the second peak, when only *P. concolor* was found. It is therefore suggested that a limiting factor for parasitoid activity is present during the fall. Adult flies were found to emerge from February until early April, a period during which fruit was absent, and they were thus forced to survive as adults for at least 3 months until the next season's fruit became available for reproduction. This emergence pattern could be used to optimize timing of treatments against the adults, such as mass trapping.

To address the second goal of the study, I examined the hypothesis that activity of olive parasitoids is limited by the amount of sugar available for adult feeding. First, a manipulative experiment in olive branch cages showed that *P. concolor* adults provided with honey survived longer than wasps held in control cages without honey. Second, the sugar profiles of flying individuals of *P.*

*concolor* collected in an olive orchard were examined using HPLC, and compared with profiles of laboratory control wasps that were starved or fed sugars ad libitum. Wasps in the orchard had low overall sugar content, similar to that of starved laboratory wasps. Glucose was the only sugar found at high levels in field-collected parasitoids, indicating either feeding on a glucose-rich source in the orchard, or alternatively, rapid glycogen metabolism to compensate for low sugar availability. Both approaches presented in this chapter supported the hypothesis that activity of parasitoid wasps is limited by low sugar availability in the orchard.

To attain the third goal of the study, I attempted to find a nectar-providing plant that could serve as a cover crop and support *P. concolor* sugar feeding. The effect of *Ricinus communis*, *Foeniculum vulgare* and *Medicago sativa* on wasp longevity was tested in the laboratory. *R. communis* appeared to enhance wasp longevity compared to a no-plant control. However, in an additional experiment in which wasps were either denied or permitted access to the extrafloral nectarines of *R. communis*, survival did not differ between the two treatments. The effect of *R. communis* survival therefore appears to involve mechanisms other than nectar provision.

The results of this study suggest that eclosion of adult flies occurs during the winter, and that parasitoid activity is limited by the amount of available sugar in the orchard. It therefore seems that efforts should be invested in i) pest control in the spring, when adult flies are already active, but fruit is not yet available for reproduction, and ii) supporting the activity of parasitoid wasps by providing sugar sources in the orchard.

**Biological control of the olive fruit fly,  
*Bactrocera oleae* (Rossi) in Israel**

**Thesis**

**Submitted to the Robert H. Smith Faculty of  
Agriculture, Food and Environment  
The Hebrew University of Jerusalem  
Towards a "Master of Agricultural Sciences" Degree**

**By  
Arnon Tabic**

**Rehovot**

**Israel**

**December 2008**



This work was carried out under the supervision of

**Dr. Einat Zhorl-Fein**

Dept. of Entomology, Newe-Ya'ar Research Center,

Agricultural Research Organization,

Ministry of Agriculture

Ramat Yishay, Israel

**Prof. Moshe Coll**

Department of Entomology, Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and

Environment,

The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel