

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מס. 864-0037-09

הדברה ביולוגית של זבוב הפירות הים תיכוני בישראל: יבוא וביסוס  
של אויבים טבעיים

## Biological Control of the Mediterranean Fruit fly in Israel: Introduction and Establishment of Natural Enemies

מוגש לקרן מדען ראשי במשרד החקלאות

ע"י

|           |   |
|-----------|---|
| יעל ארגוב | המכון להדברה ביולוגית ע"ש ישראל כהן, המועצה לייצור צמחים ושיווקם, ענף<br>ההדרים |
| יואב גזית | המכון להדברה ביולוגית ע"ש ישראל כהן, המועצה לייצור צמחים ושיווקם, ענף<br>ההדרים |

|            |   |
|------------|---|
| Yael Argov | The Israel Cohen Institute for Biological Control, Plant Production and<br>Marketing Board, Citrus Division |
| Yoav Gazit | The Israel Cohen Institute for Biological Control, Plant Production and<br>Marketing Board, Citrus Division |

אייר תש"ע

אפריל 2010

**הממצעים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.**

**הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא**

חתימת החוקר/ת

---

## תוכן

|    |  |
|----|--|
| 3  | <b>תקציר</b>                                     |
| 3  | <b>מבוא</b>                                      |
| 4  | <b>מטרות המחקר</b>                               |
| 4  | <b>פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות:</b>             |
| 4  | 1) חיפוש ויבוא מינים של צרעות טפיליות לזפי"ת     |
| 4  | 2) אימוץ ופיתוח שיטות גידול לכל אחד מהמינים הנ"ל |
| 6  | 3) לימוד הביולוגיה של הצרעות הטפיליות            |
| 12 | 4) פיתוח שיטות לפיזור ולניטור צרעות              |
| 13 | 5) בדיקת ההתאקלמות וההתבססות של הצרעות בארץ      |
| 15 | <b>דיון</b>                                      |
| 15 | <b>פירוט מלא של הפרסומים המדעיים</b>             |
| 16 | <b>סיכום שאלות מנחות</b>                         |
| 18 | <b>נספח</b>                                      |

## תקציר

מטרת המחקר – יבוא, אקלום ופיזור צרעות טפיליות לזבוב הפירות הים תיכוני על מנת שיתבססו ויגרמו להורדת אוכלוסיות הזבוב.

חשיבות – קיימת מגמה עולמית לאמץ שיטות הדברה ידידותיות לסביבה. הדברה ביולוגית יעילה תאפשר להפחית את אוכלוסיית הזבוב במיוחד במקורות הדגירה שלו ולצמצם את מידת האילוח מהם לאזורים חקלאיים סמוכים. ההדברה הביולוגית משתלבת הן עם משטר הריסוסים הקיים והן עם שיטת ה-SIT. שיטות – יבוא צרעות טפיליות; גידולן במעבדה; פיזורן במוקדי אילוח של הזבוב במטרה לבססן בארץ; לימוד הביולוגיה וההתנהגות שלהן במעבדה ובכלובי רשת.

תוצאות – עד כה ייבאנו שבעה מינים של צרעות טפיליות לזבובי פירות: *Fopius*, *Fopius arisanus*, *Psytalia concolor*, *Diachasmimorpha kraussii*, *Fopius caudatus*, *ceratitivorius*, *Psytalia nr. concolor (humilis)* ו-*Psytalia lounsburyi*. ארבעה מהם טפילי זחל-גולם ושלושה טפילי ביצה-גולם. פיתחנו שיטות לגידולן על יחידות הטלה מלאכותיות. מצאנו שטפילי זחל – גולם מעדיפים להטיל בזחלים בדרגה שנייה ושלישית וטפילי הביצה גולם מעדיפים להטיל בביצים בגיל 48 שעות. בבדיקת משך חיים והטלה יומית מצאנו ש *F. ceratitivorius* ו-*F. arisanus* חיות כ- 40 יום ומעמידות בממוצע 100 צאצאים לנקבה ו-*D. kraussii* חיה שלושה שבועות ומעמידה בממוצע 300 צאצאים לנקבה. פיזורנו עשרות ומאות אלפי פרטים מכל מין, לפחות שלושה מינים התבססו בארץ. בשנים 2008-9 *D. kraussii* הייתה הנפוצה מבין טפילי הזבוב. נרשמה עליה מתונה בשיעור הטפילות האקטיבית מ- 7.7% ב- 2007 ל- 12% ב- 2009.

## מבוא

זבוב הפירות הים תיכוני (זפי"ת) *Ceratitis capitata* (Wiedemann) הוא מזיק מפתח בענפי המטעים ובגידולים אחרים ומזיק הסגר במדינות יעד ליצוא ישראלי. בהדרים הדברת הזבוב נעשית על ידי ריסוס חומרי הדברה משולבים עם פיתיון. עד שנת 2008 רוססו ההדרים במלתיון משולב עם הפיתיון בומינל ומשנה זו, מאחר והמלתיון הוצא משימוש, מרוססים ההדרים ב"סקסס" שהוא ספינוזד משולב עם פיתיון חלבוני. ישראל צורכת להדברת הזבוב כ- 375 אלף ליטר ספינוזד לשנה, בנוסף לריסוס רוגור ודיויפן שמתבצעים בענף הפירות. זו כמות השווה לרבע מסה"כ חומרי ההדברה שצורכת המדינה לשנה. הדברת הזבוב בשיטות ביולוגיות תביא להפחתה משמעותית בשימוש בחומרי ההדברה. בעשור האחרון קיימת מגמה כלל עולמית להפחתת השימוש בחומרי הדברה בכלל ובזרחנים אורגניים בפרט, ולאיימוץ חלופות יעילות וידידותיות לסביבה כמו הדברה ביולוגית, שימוש בחומרים ברנניים, שילוב מתקנים לקטילה המונית, פיזור זבובים עקרים (SIT) והקפדה על סניטציה. בעיית מפתח בהדברת הזפי"ת היא ריבוי מקורות אילוח כמו חצרות בתים, בוסתנים ומטעים מוזנחים – בהם לא ניתן לטפל בחומרי הדברה. ההדברה הביולוגית מהווה למעשה את אחד הפתרונות של מקורות אילוח אלו.

## מטרות המחקר

המטרה הכללית היא הדברה ביולוגית של זבוב הפירות הים תיכוני על מנת להוריד את האוכלוסייה שלו בארץ. בכדי להשיג מטרה זו, הצבנו את מטרות הביניים הבאות:

1. חיפוש ויבוא מינים של צרעות טפיליות לזפי"ת.
2. אמוץ ופיתוח שיטות גידול לכל אחד מהמינים הנ"ל.
3. לימוד הביולוגיה של המינים הנ"ל.
4. פיתוח שיטות לפיזור ולניטור צרעות.
5. בדיקת ההתאקלמות וההתבססות של הצרעות בארץ.

## פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות:

### **1) חיפוש ויבוא מינים של צרעות טפיליות לזפי"ת**

בין השנים 2002 ו-2004 ייבאנו את המינים הבאים: *Fopius arisanus*, *Fopius ceratitivorus*, *Psyttalia concolor* ו-*Diachasmimorpha kraussii*. בסוף שנת 2008, במסגרת פרויקט מקביל שמתנהל במכון להדברה ביולוגית של זבוב הזית, ייבאנו מצרפת שלושה קווים של המין *P. launsburyi*, שנחשב בררני לזבוב הזית: שנים שמקורם בקניה ואחד שמקורו בדרום אפריקה. מין זה מוחזק במעבדות על הזפי"ת ולא ברור באיזו מידה הוא יתקוף את הזפי"ת בטבע. בנוסף ייבאנו נגד זבוב הזית גם את המין *P. nr. concolor (humilis)* שמקורו בנמיביה. מין זה קרוב מאוד ל-*P. concolor* ולכן יש לצפות שיתקוף בטבע גם את הזפי"ת. בשנת 2009 ייבאנו מהוואי את טפיל הביצה-גולם *Fopius caudatus*. שמקורו בקניה. צרעה זו נמצאה בזפי"ת ובזבובים קרובים לו שנמצאו בפולי קפה, כולם משבט ה-*Ceratitidines*. מין זה נמצא בהסגר של המכון ועדין אין אישור להוציאו.

### **2) אימוץ ופיתוח שיטות גידול לכל אחד מהמינים הנ"ל**

לכל המינים שייבואנו פיתחנו שיטות גידול המבוססות על גידול הזפי"ת הקיים במכון: *Fopius arisanus*: לצרעה זו פיתחנו יחידת הטלה מלאכותית המורכבת מביצים של זבוב זרועות על גבי נייר עדשות מונח על אגר בצלחת פטרי ומכוסה במכסה רשת (Argov and Gazit 2008).

*Psyttalia concolor* ו-*Diachasmimorpha kraussii*: צרעות אלה גידלנו על יחידות הטלה מלאכותיות המבוססות על שכבה דקה של קרקע מזון עם רימות זבוב המצויה בין שני בדי משי מהודקים על ידי שתי טבעות פלסטיק (Argov and Gazit 2008). את ה-*P. nr. concolor (humilis)* גידלנו באותן יחידות הטלה אלא שבמקום בד משי משתמשים בפרפילים.

*Fopius ceratitivorus*: בשלב ראשון אימצנו לצרעה זו שיטה של אילוח בפרי: הצרעות הטילו בביצים של זבוב שהוטלו באגסים (Argov and Gazit 2008). בשנת 2009 פיתחנו יחידת הטלה מלאכותית לגידול הצרעה. היחידה בנויה מכדור טניס שולחן המצופה בשכבה דקה של מזון המבוסס על אבקת שמרי בירה, אבקת אספסת (בטחינה דקה), שבבי מחית תפוחי אדמה מיובשת, מים וחומרי תשמורת. מאות ביצים של זבוב בגיל 48 שעות הודבקו בעזרת מכחול על המזון. לאחר שהכדור עם הביצים נעטף בפרפילים מתוח ומחורר, הוא מוכנס לכמה שעות לכלוב עם זבובים על מנת שיקבל ריח של זבוב. לאחר מכן הוא ניתלה מתקרת הכלוב של הצרעות למשך יממה (תמונה 1).



תמונה 1: יחידת הטלה מלאכותית של *Fopius ceratitivorus*.

*Fopius caudatus*: גם עם צרעה זו אימצנו בשלב הראשון שיטה של אילוח בפרי (אגסים) אולם כבר בהתחלה התחלנו לגדל אותה על יחידות ההטלה המלאכותיות שפיתחנו ל- *F. ceratitivorus*. בהמשך התחלנו להרגיל אותן ליחידות ההטלה המבוססות על צלחות פטרי עם אגר שפיתחנו ל- *F. arisanus* (Argov and Gazit 2008) (תמונה 2) בהבדל אחד: מכסי הרשת של צלחות הפטרי מוכנסים לכמה שעות לכלובי הזבוב על מנת לקבל את ריח הזבובים. יש לציין שנכון להיום, לאחר שעשרות שנים לא הצליחו לגדל צרעה זו מעבר לכמה דורות, המכון הוא היחיד בעולם המחזיק מושבה של צרעה זו ופיתח עבודה שיטת גידול המבוססת על יחידות הטלה מלאכותיות.



תמונה 2: מימין הצרעה *Fopius caudatus* משמאל יחידת הטלה מלאכותית המבוססת על צלחת פטרי עם אגר מכוסה רשת.

### 3) לימוד הביולוגיה של הצרעות הטפיליות

#### גיל הפונדקאי המועדף:

*Fopius arisanus*: מצאנו שצרעה זו מעדיפה ביצים צעירות (0-48 שעות לאחר הטלה) על פני מבוגרות (72 שעות לאחר הטלה) ושהגיל המועדף הוא 48 שעות (ראה דו"ח 864-0037-07).  
*Fopius ceratitivorus* מעדיפה להתפתחות ביצים בנות 48 שעות, אך היא פוגעת גם בביצים צעירות יותר (ראה דו"ח 864-0037-07).  
*Diachasmimorpha kraussii*: מעדיפה להטפיל רימות בנות 6-7 ימים (דרגה שנייה-שלישית), כשהגיל בו מתפתחים מרב הצאצאים הוא 7 ימים (ראה דו"ח 864-0037-08).  
על פי מידע שקבלנו מהמעבדות בהואי ובמונפלייה, מיני ה-*Psytalia* מעדיפות רימות בנות 7-8 ימים (זחל בדרגה השלישית).

#### משך חיים והטלה יומית:

משך החיים של שני טפילי הביצה-גולם הוא כ-40 יום. תקופת קדם הטלה נמשכת שבוע ותקופת ההטלה נמשכת כ-18 יום, כשבתקופה זו כל צרעה (מכל מין) מעמידה כ-100 צאצאים. שיעור הנקבות של ה-*F. ceratitivorus* היה גבוה יחסית ועמד על 70% (ראה דו"ח 864-0037-07). הצרעה *D. kraussii* חיה בממוצע מעט פחות משלושה שבועות. במשך חייה מעמידה הצרעה בממוצע קרוב ל-300 צאצאים כאשר חלקן מעמידות אף למעלה מ-500. מכיוון שהצרעות מטילות ביצים בעיקר בשבועיים הראשונים לחייהן. בממוצע שיא העמדת הצאצאים היומית של הצרעות עמד על 53 צאצאים, כשצרעה אחת אף העמידה 89 צאצאים ביום אחד. שיעור הנקבות הממוצע עומד על 59% (ראה דו"ח 864-0037-08).

#### בדיקת נוכחות מיקרואורגניזם בצרעות הטפיליות:

בניתוח DGGE זוהתה נוכחות של *Spiroplasma* בפרטים של *F. arisanus* ושל *Wolbachia* בפרטים של *F. ceratitivorus* מאחר ובבדיקת PCR עם פריימרים ברנניים לשני מיקרואורגניזמים אלו לא נמצאה נוכחותם בביצים של הזבוב, נראה שמקורם אכן בצרעות הטפיליות (ראה דו"ח 864-0037-07).

#### ניסויים בכלובי רשת:

##### צפיפות הפונדקאי המועדפת לצרעות:

על מנת ליצור תנאים קרובים ככל האפשר לסביבה הטבעית, בחרנו לערוך את הניסויים באגסים מאולחים בזבוב. בשלב ראשון נבדקה יכולת הנשיאה של האגס ברימות של זבוב ובשלב השני נבדקה העדפת הצרעה להטפיל באגסים שאולחו בצפיפות נמוכה יחסית לעומת צפיפות גבוהה.

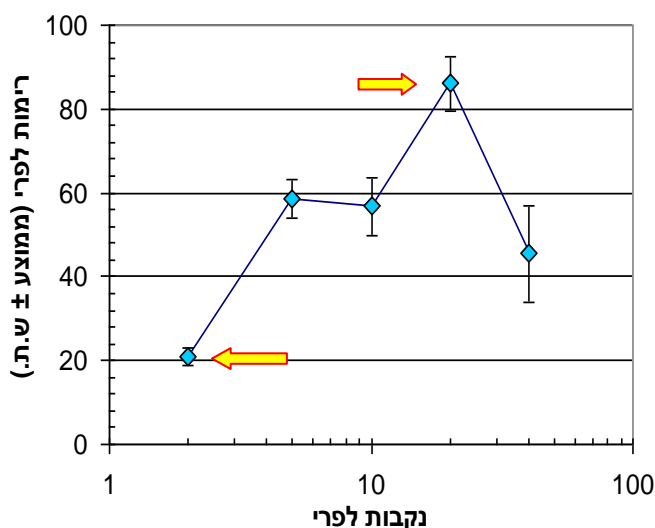
##### יכולת הנשיאה של האגס:

**השיטה:** לכלובים בנפח 17 ליטר עם 10, 25, 50, 100 ו-200 נקבות מזווגות בנות 4-6 ימים הוכנסו

אגסים למשך 6 שעות אילוח. לכל כלוב הוכנסו 5 אגסים לקבלת צפיפיות של 2, 5, 10, 20 ו-50 נקבות לאגס, 3 כלובים מכל צפיפות. לאחר האילוח הועבר כל אגס לכלי נפרד להדגרה ולספירת הגלמים.

### התוצאות:

התוצאות (תרשים 1) מראות שאגס יכול לשאת בממוצע עד 86 רימות. מעבר למספר זה, האגסים נרקבו וחלק ניכר מהרימות מתו לפני דרגת הגולם. התוצאות מתאימות לקו מגמה פולינומי מהמעלה השלישית ( $R^2 = 0.8537$ ) שמצביע על מגמת ירידה ברורה מעבר לצפיפות של 20 נקבות לאגס. לפיכך הצפיפיות שנבחרו לניסויי ההעדפה היו של 2 ו-20 נקבות לאגס.



**תרשים 1:** יכולת הנשיאה של אגס (רימות לפרי) כתלות במספר הנקבות המטילות (נקבות לאגס). החיצים מציינים את צפיפיות האילוח שנבחרו לניסויי ההעדפה.

### הצפופות המועדפת לצרעות:

על מנת לבחון האם דגם ההטפלה של הצרעות עוקב אחר דגם הפיזור של הפונדקאי, בחרנו בצפיפות הפונדקאי בפרי כמשתנה לבדיקה.

השיטה: אגסים אולחו כמו בניסוי הקודם בשתי צפיפיות: 2 ו-20 נקבות לאגס, למשך 6 שעות. לאחר 48 שעות הדגרה לצרעה *F. ceratitovor* ו-7 ימים לצרעה *D. kraussii*, נתלו האגסים על עצי הדר קטנים בתוך חמישה כלובי רשת בגודל 2 X 2 X 2 מ' (תמונה 3). בכל כלוב נתלו 5 אגסים מכל צפיפות.



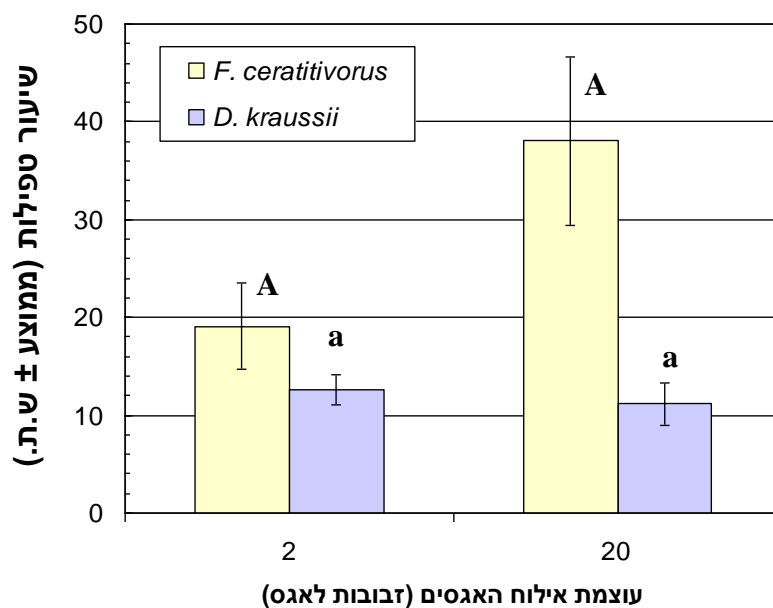
**תמונה 3:** מימין, כלוב רשת של הניסוי עם עץ הדר עליו נתלו אגסים מאולחים. משמאל, אגס מאולח תלוי.

חלק מהאגסים המאולחים לא נתלו על העצים והועברו מיד להדגרה, על מנת לקבל את רמת האילוח בזבוב (היקש). הצרעות הוכנסו לכלובי הרשת עם האגסים למשך 24 שעות: מהצרעה *F. ceratitivorus* (תמונה 4) עם העמדה יומית ממוצעת של  $3.2 \pm 2.6$  צאצאים לנקבה (ראה דו"ח 864-0037-07), הוכנסו לכל כלוב 100 נקבות בנות שבוע. מהצרעה *D. kraussii* (תמונה 4) עם העמדה יומית ממוצעת של  $15.3 \pm 2.0$  צאצאים לנקבה (ראה דו"ח 864-0037-08), הוכנסו לכל כלוב 30 נקבות בנות יומיים-שלושה. לאחר החשיפה נאספו האגסים והועברו להדגרה, כל אגס בנפרד. הגלמים מכל אגס הודגרו הלאה עד לקבלת הזבובים והצרעות.



תמונה 4: *Fopius ceratitivorus* (מימין) ו-*Diachasmimorpha kraussii* (משמאל) מטילות באגס.

תוצאות: מספרי הגלמים שהתקבלו בפרי ההיקש לאחר 6 שעות חשיפה לצפיפות של 2 ו-20 נקבות זבוב לאגס היו  $28.00 \pm 7.31$  ו- $69.58 \pm 23.95$  גלמים לאגס, בהתאמה. שיעור הטפילות (תרשים 2) נקבע לפי שיעור הצרעות שהתקבלו מסך כל הבוגרים (זבובים וצרעות).



תרשים 2: שיעור הטפילות של שתי הצרעות שהתקבל בשתי צפיפויות אילוח של אגסים בזבוב (נקבות לפרי). אותיות זהות מציינות חוסר מובהקות סטטיסטית (Tukey HSD,  $P < 0.05$ ).



בניתוח שונות חד כוונני שיעורי הטפילות לא היו שונים באופן מובהק ( $F_{1,18} = 0.866$ ;  $P = 0.364$ ), הטפילות של טפיל הביצים *F. ceratitivorus* היה אמנם גבוה יותר כשהאגסים אולחו בצפיפות הגבוהה, אם כי לא ברמה מובהקת ( $t' = 2.10$ ).

### תחרותיות בין הצרעות:

על מנת לבחון האם לטפיל הביצה-גולם יש יתרון על פני טפיל הזחל-גולם (או להפך) בחרנו להתמקד באגסים שאולחו בצפיפות ביניים מהנ"ל. שיטות: הניסוי נערך בשלושה שלבים: **שלב ראשון:** אגסים אולחו בצפיפות של 10 נקבות זכוב לאגס למשך 6 שעות (להלן "אגסים עם זכוב"). **שלב שני:** לאחר 48 שעות הדגרה, נתלו ב-5 כלובי הרשת הנ"ל "אגסים עם זכוב", 10 לכלוב, ונחשפו לטפיל הביצה-גולם *F. ceratitivorus* (להלן "אגסים עם טפיל הביצה-גולם") למשך 24 שעות והוחזרו להדגרה. **שלב שלישי:** לאחר 5 ימי הדגרה נוספים (8 ימים מיום ההטפלה בזכוב), נתלו בכל בית רשת 6 "אגסים עם טפיל הביצה-גולם" יחד עם 4 "אגסים עם זכוב" (שלא נחשפו לטפיל הביצה ושכבר נושאים רימות מפותחות בדרגת ההתפתחות השלישית). כעבור 24 שעות, הוחזרו האגסים להמשך הדגרה עד לקבלת הגלמים, הזכובים הבוגרים והצרעות.

הניסוי נערך ארבע פעמים כשבכל פעם התקבלו האגסים הבאים:

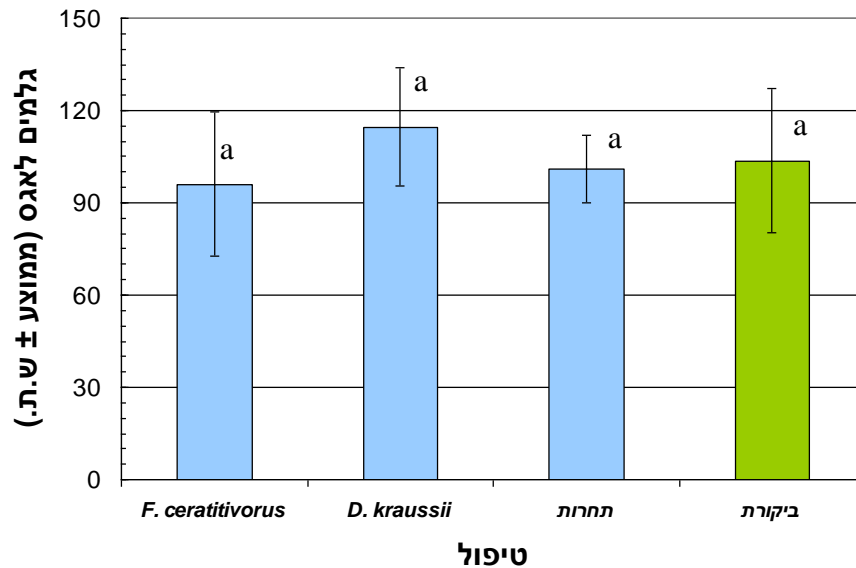
|   |                           |
|---|---------------------------|
| היקש 1: אגסים עם זכוב –                 | 12 בסה"כ                  |
| היקש 2: אגסים עם טפיל הביצה-גולם בלבד - | 4 לכל כלוב רשת = 20 בסה"כ |
| היקש 3: אגסים עם טפיל זחל-גולם בלבד -   | 4 לכל כלוב רשת = 20 בסה"כ |
| תחרות: אגסים שנחשפו לשני הטפילים -      | 6 לכל כלוב רשת = 30 בסה"כ |

יש לציין שבניגוד לניסוי הצפיפויות שנערך בנובמבר 2009, בניסוי זה נתקלנו בשתי בעיות מהותיות: (א) תנאי הסביבה - בתאריכים בהם התבצעו הניסויים בכלובי הרשת (דצמבר 2009), היו מספר ימים קרים ו/או גשומים שהשפיעו גם על קצב התפתחות הרימות בפרי וגם על פעילות הצרעות בכלובים כאשר לא נצפתה הטלה משמעותית על האגסים. (ב) איכות האגסים – האגסים שניקנו בתקופה זו היו שונים באיכותם. חלקם כלל לא אולחו על ידי הזכוב וחלקם נרקב עוד לפני שזכוב הגיע לדרגה הרצויה. כתוצאה מכך פעמים לא התקבלו תוצאות שניתן להתייחס אליהן ופעמים רמת האילוח של הצרעות הייתה נמוכה מהצפוי.

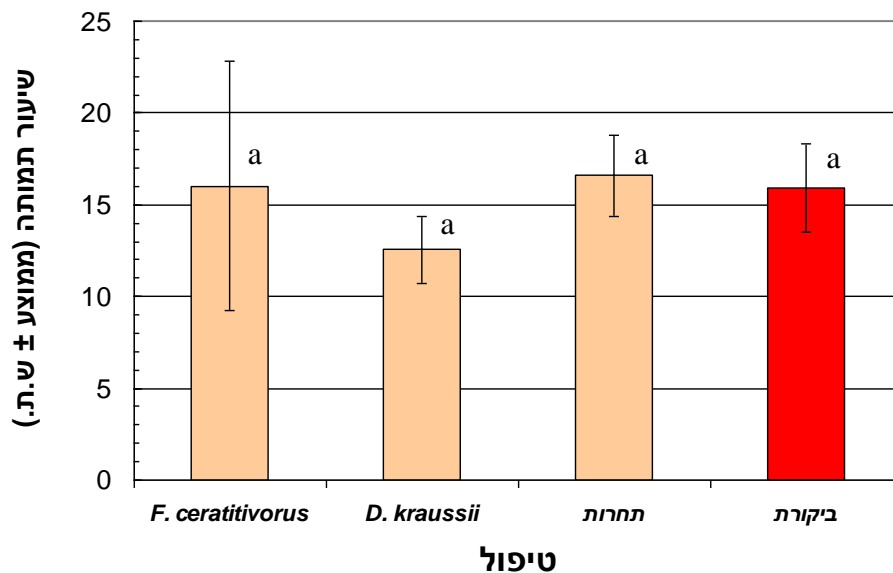
תוצאות:

מתוך ארבע הפעמים בהן ביצענו את הניסוי, רק פעמים התקבלו תוצאות שאותן היה ניתן לנתח. מתוך 140 האגסים שהוכנסו בפעמיים אלה לכלובי הרשת, מ-103 התקבלו גלמים. מתוך אותם אגסים רק מ-43 (41.7%) התקבלו צרעות. מהתוצאות, המבוססות על 43 אגסים אלה, ניכר שהאילוח בזכוב באגסים

אלה היה טוב ולא היה הבדל מבחינת האילוח בין האגסים של הקבוצות השונות ( $F_{3,113} = 1.1721$ ;  $P = 0.3236$ ) (תרשים 3). בנייתו שונות חד כונוני לא היה הבדל בין תמותת הגלמים בקבוצת ההיקש (ללא החשיפה לצרעות) לבין התמותה בקבוצות האחרות ( $F_{3,113} = 0.6220$ ;  $P = 0.6022$ ) (תרשים 4) ולכן לא נראה שפעילות הצרעות גרמה לתמותת גלמים, כפי שראינו מצב בו ה *D. kraussii* תקפה רימות מבוגרות מידי (ראה דו"ח 864-0037-08).

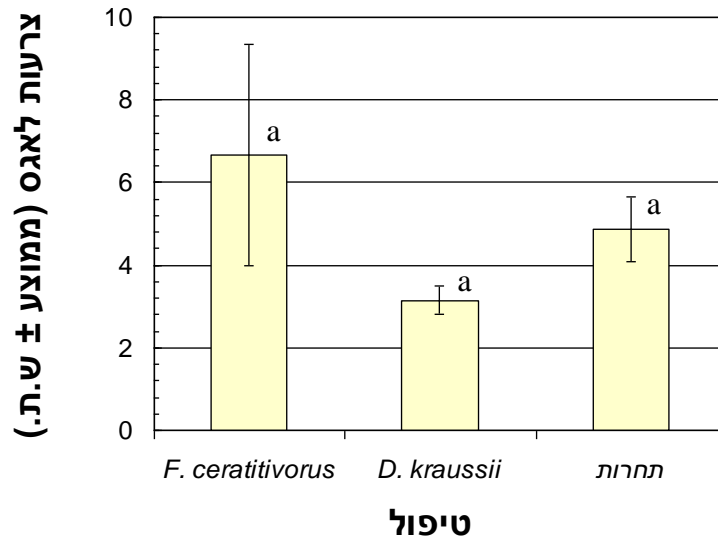


תרשים 3: מספר הגלמים שהתקבלו מהאגסים בניסוי (ממוצע ± שגיאת תקן). אותיות זהות מציינות שאין הבדל מובהק (Tukey HSD,  $P < 0.05$ ).



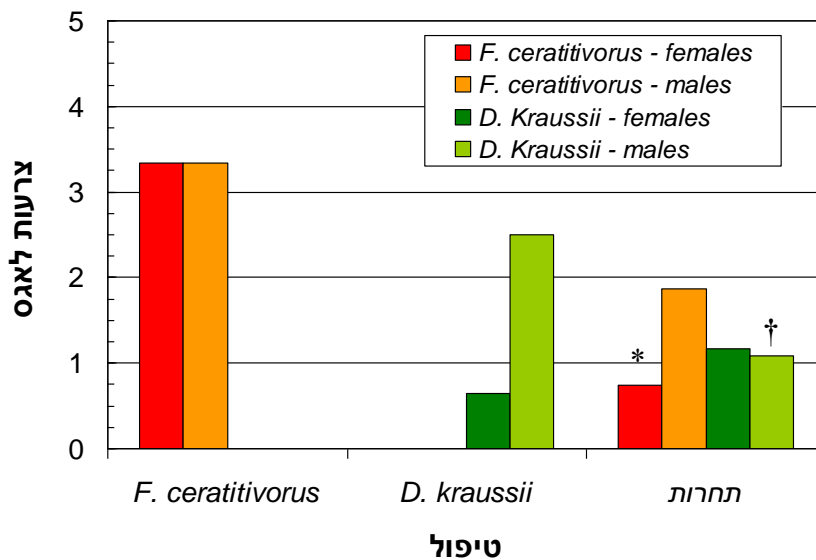
תרשים 4: תמותת הגלמים שהתקבלו מהאגסים בניסוי (ממוצע ± שגיאת תקן). אותיות זהות מציינות שאין הבדל מובהק (Tukey HSD,  $P < 0.05$ ).

מבחינת התחרות בין הצרעות, שיעורי הטפילות שהתקבלו בקבוצות השונות היו נמוכים, קרוב לוודאי בשל תנאי הסביבה (מזג אוויר קר) שיעור הטפילות מהחשיפה ל- *F. ceratitivorus* בלבד (6 אגסים), היה  $9.13\% \pm 2.40\%$ . מהחשיפה ל- *D. kraussii* (14 אגסים) בלבד, היה  $4.04\% \pm 0.81\%$ , ומהחשיפה לשתייהן יחד (תחרות) (23 אגסים), היה  $7.62\% \pm 1.49\%$ . מבחינת מספר הצרעות לאגס, בנייתו שונות חד כוונני לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים השונים ( $F_{2,40} = 2.1105$ ;  $P = 0.1345$ ) (תרשים 5).



תרשים 5: מספר הצרעות שהתקבלו מהאגסים בטיפולים השונים (ממוצע ± שגיאת תקן). אותיות זהות מציינות שאין הבדל מובהק (Tukey HSD,  $P < 0.05$ ).

מאחר שידוע שלצרעה *D. kraussii* הטלה יומית גבוהה, ברור שבניסוי זה היא לא "מיצתה" את יכולתה. גם יחס הזוויגים שהתקבל (תרשים 6) מצביע על כך שרוב הצאצאים שה- *D. kraussii* העמידה היו זכרים, תופעה שראינו בעבר במצב שרימות הזכר צעירות מדי.



תרשים 6: מספר הצרעות (זכרים ונקבות) שהתקבלו מהאגסים בניסוי (ממוצע ± שגיאת תקן). הסימן †-1\* מציינים מובהקות במספר הצרעות בין התחרות לבין הטיפול עם הצרעה המתאימה (Tukey HSD,  $P < 0.05$ ).

יחס זה נובע מכך שהרימות באגס היו צעירות מידי לצרעה. בטיפול התחרות קיבלנו ירידה בשתי הצרעות: הן במספר הנקבות של ה- *F. ceratitivorus* והן במספר הזכרים של ה- *D. kraussii* בהשוואה לטיפולים של צרעות אלה לבדן. התוצאות מצביעות על אפשרות של- *D. kraussii* יש השפעה על ה- *F. ceratitivorus* במידה והיא מטפילה זחל מוטפל. אולם יש לקחת בחשבון את הסייגים הבאים: (א) מזג האוויר השתנה לרעה לקראת שלב התחרות, (ב) מצב האגסים המאולחים בזבוב הלך והחמיר עד שלב העמדת התחרות, (ג) לטיפול התחרות נלקחו אגסים שנראו במצב יחסי טוב (על מנת שיוכלו לעמוד בתנאי ההטפלה בכלוב הרשת). יתכן שאגסים אלה היו במצב "טוב" מאחר והיו מאולחים פחות בזבוב ופחות מוטפלים ב- *F. ceratitivorus*. לסיכום, על פי תוצאות הניסויים הנ"ל, איננו יכולים להצביע על תחרות אמיתית בין שתי הצרעות.

#### 4) פיתוח שיטות לפיזור ולניטור צרעות.

שיטת הפיזור שפיתחנו כללה: איסוף הצרעות 4-7 ימים לאחר הגחתן, על מנת להבטיח שרוב הנקבות תיהנה מופרות. הצרעות הוכנסו לפלסטיקיות עם צמר גפן לח בתחתיתן ונייר ספוג בדבש צמוד למכסה. לכל פלסטיקיה הוכנסו עד 300 פרטים באמצעות משאף מחובר למשאבת יניקה. הפלסטיקיות הועברו לשטח בתיבת קלקר עם קרחומים (Argov and Gazit 2008). פיזור הצרעות התמקד בבוסתנים ובגינות, מקומות בהם לא מרססים כנגד הזבוב. בכל אתר התבצעו מספר פיזורים על מנת לשפר את סיכויי ההיקלטות וההתבססות של הצרעות. משנת 2002 ועד סוף 2009, פיזרנו עשרות ומאות אלפי צרעות מכל ששת המינים ובעשרות אתרים בכל רחבי הארץ (טבלה 1).

#### טבלה 1:

סיכום הפיזורים של ששת מיני הצרעות הטפיליות שיובאו ארצה במהלך 2002 - 2009

| מספר צרעות שפוזרו | מספר אתרים | מספר פיזורים | פיזור ראשון | מין הצרעה                              |
|-------------------|------------|--------------|-------------|--|
| 278,410           | 64         | 278          | 2002        | <i>Fopius arisanus</i>                 |
| 252,400           | 63         | 318          | 2002        | <i>Psytalia concolor</i>               |
| 69,480            | 26         | 129          | 2003        | <i>Fopius ceratitivorus</i>            |
| 134,952           | 29         | 141          | 2004        | <i>Diachasmimorpha kraussii</i>        |
| 36,582            | 18         | 72           | 2008        | <i>Psytalia launsburyi</i>             |
| 35,950            | 17         | 42           | 2008        | <i>Psytalia nr. Concolor (humilis)</i> |

## 5) בדיקת ההתאקלמות וההתבססות של הצרעות בארץ.

**איסוף מדגמים:** בתקופת הפרויקט אספנו 612 מדגמי פירות מעשרות אתרים (טבלא 2). מבין המקומות בהם דגמנו פירות, מספר בוסתנים וגינות עשירות בעצי פרי בהם דגמנו בקביעות ובצורה מסודרת פירות נגועים בזבוב וכן אתרים נוספים בהם נערכה דגימה אקראית.

### טבלא 2:

סך כל מדגמי הפירות, מספר האתרים והפונדקאים וכמות הפירות שנאספו בשנים 2007-9

| Year | Samples | Sites | Hosts | Fruits |
|------|---------|-------|-------|--------|
| 2007 | 218     | 23    | 48    | 10,404 |
| 2008 | 154     | 22    | 37    | 8,354  |
| 2009 | 240     | 16    | 39    | 10,358 |

**התבססות הצרעות:** עד כה ראינו התבססות ברורה של *F. ceratitivorus*, *P. concolor* ו-*D. kraussii*. התבססות זו התבטאה בנוכחות הצרעות במדגמי פרי כעבור למעלה משנה ממועד הפיזור האחרון (Argov and Gazit, 2008). הצרעה *D. kraussii*, נהייתה הנפוצה ביותר מבין סך כל הצרעות (המיובאות והמקומיות) שתוקפות את הזבוב (תרשים 7), לעומת שנת 2007 בה הייתה הצרעה המקומית *A. daci* נפוצה ביותר. כמו כן *D. kraussii* הגיחה מגלמים של זבוב הזית במדגמי זיתים שנאספו באתרים בהם כלל לא פוזרה (כמו כרם הזיתים של קיבוץ מגל). הצרעה *F. arisanus* מופיעה לעיתים קרובות במדגמים אולם בעיקר במקומות בהן פוזרה ולכן מוקדם לקבוע שמין זה התבסס. את השפעת הטפילים על אוכלוסיית הזבוב מוקדם מידי לעמוד אך יש לציין שלאורך תקופת המחקר (2007-9) נרשמה מגמה של עלייה מתונה בשיעור הטפילות (טבלא 3), כאשר חלקן של הצרעות המיובאות גם כן נמצא במגמת עלייה (תרשים 7).

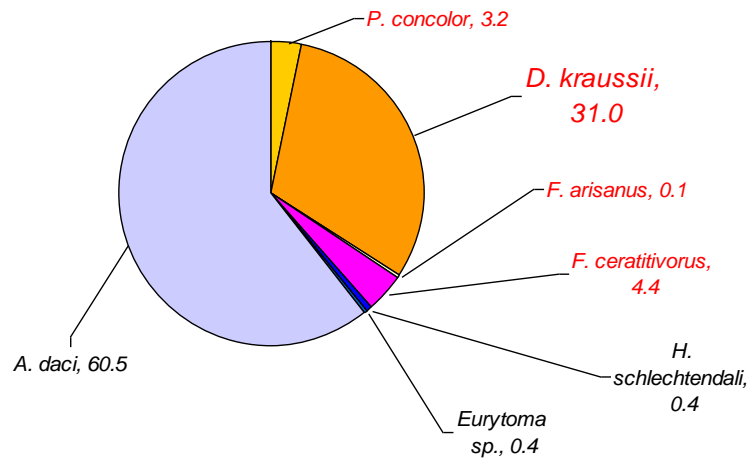
### טבלא 3:

סך כל הגלמים, הזבובים הבוגרים והצרעות שהגיחו מכל המדגמים שנאספו בשנים 2007-9

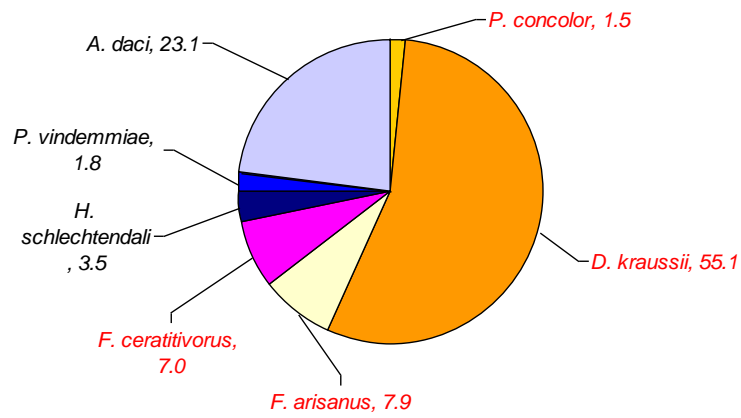
#### ושיעור הטפילות הכולל

| Year | No. of Pupae | No. of Flies | No. of Wasps | Parasitism (%) |
|------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 2007 | 33,743       | 20,449       | 1,702        | 7.7            |
| 2008 | 21,794       | 12,427       | 1,381        | 10.0           |
| 2009 | 26,800       | 17,202       | 2,341        | 12.0           |

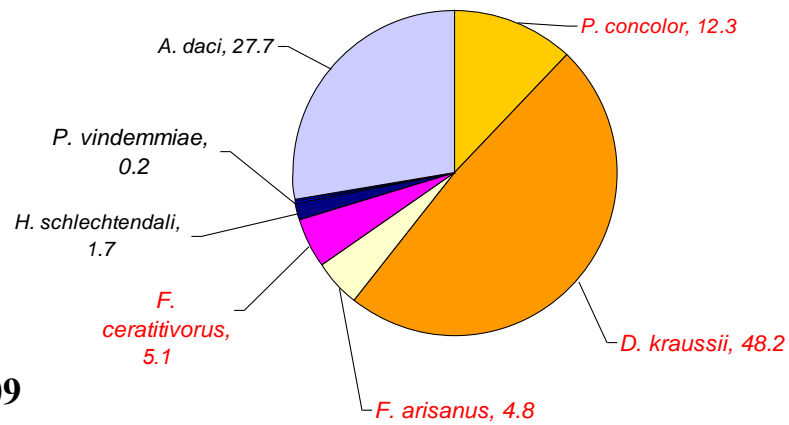
2007



2008



2009



**תרשים 7:** התפלגות אוכלוסיית הטפילים (%) שהגיוחו במדגמים של זבוב הפירות הים תיכוני שנאספו בשנים 2007-9. בכתום וורוד – הצרעות המיובאות. שמות הצרעות: *Diachasmimorpha kraussii*; *Psytalia concolor*; *Fopius arisanus*; *Fopius ceratitivorus*; *Heterococcidoxenus schlechtendali*; *Pachycrepoideus vindemmiae*; *Aganaspis daci*; *Eurytoma sp.*

## דיון

המטרות העיקריות של הפרויקט הושגו: ייבאנו ארצה מספר מינים של צרעות טפיליות לזבובי פירות, הצלחנו לפתח עבור כל מין שיטת גידול על יחידות הטלה מלאכותיות. השיטות אפשרו לנו לעמיד מכל מין מושבה משגשגת ולפזר ממנו לאורך תקופה ארוכה עשרות אלפי פרטים. למדנו היבטים חשובים בביווגיה של הצרעות שאפשרו לנו ליעל את שיטות הגידול. אחרי עשרות שנים ומספר ניסיונות לביסוס אויבים טבעיים לזפי"ת שנכשלו בעבר, הצלחנו בפרויקט זה להביא להתבססותם בארץ של לפחות שלושה, ואולי ארבעה מינים. אנו מקווים שהמין החדש *F. caudatus* שיובא ארצה ב- 2009, יאושר לפיזור ויצורף לרשימת האויבים הטבעיים לזפי"ת בארץ. למרות שהעשרנו את קשת המינים התוקפים את זפי"ת, עוד מוקדם לקבוע מהי תרומתם של המינים שהתבססו להורדת אוכלוסיית הזבוב.

### פירוט מלא של הפרסומים המדעיים:

**Argov, Y., and Gazit, Y.,** (2008) Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel: introduction and establishment of natural enemies, *Biological Control* **46**: 502–507.

### כרזה בכנס (ראה נספח):

**Yael Argov and Yoav Gazit,** Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel, in: "Integrated Control in Citrus Fruit Crops", working Group of the International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC), Agadir, Morocco 1-3 March 2010

## סיכום שאלות מנחות

### מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכניות העבודה.

המטרה הכללית היא הדברה ביולוגית של זבוב הפירות הים תיכוני על מנת להוריד את האוכלוסייה שלו בארץ. בכדי להשיג מטרה זו, הצבנו את מטרות הביניים הבאות:

1. חיפוש ויבוא מינים של צרעות טפיליות לזפי"ת.
2. אמוץ ופיתוח שיטות גידול לכל אחד מהמינים הנ"ל.
3. לימוד הביולוגיה של המינים הנ"ל.
4. פיתוח שיטות לפיזור ולניטור צרעות.
5. בדיקת ההתאקלמות וההתבססות של הצרעות בארץ.

### עיקר הניסויים והתוצאות.

ייבאנו למכון שבעה מינים של צרעות טפיליות:

*Diachasmimorpha kraussii*; *Fopius arisanus*; *F. ceratitivorus*; *F. caudatus*; *Psytalia concolor*; *P. nr. concolor (humilis)*; *P. launburyi*.

פיתחנו לכל מין שיטת גידול המבוססת על יחידות הטלה מלאכותיות.

פיזרנו שישה מהמינים ברחבי הארץ.

בדקנו נתונים ביולוגיים לשני טפילי ביצה-גולם: *F. arisanus* ו- *F. ceratitivorus* ולטפיל זחל-גולם:

*D. kraussii*: דרגת הפונדקאי המועדפת להטפלה, משך החיים והטלה היומית. מצאנו ששני טפילי

הביצה-גולם חיים למעלה מחודש, הנקבות מעדיפות ביצים בנות 48 שעות והן מעמידות בממוצע כ-100

צאצאים לנקבה. *D. kraussii* חייה כשלושה שבועות, מעדיפה להטפיל רימות הנמצאות בסוף דרגת

ההתפתחות השנייה - תחילת דרגת ההתפתחות השלישית (7-6 ימים), מעמידה בממוצע כ-300 צאצאים

לנקבה.

בדקנו בכלובי רשת גדולים את השפעת פיזור הפונדקאי (צפיפות) על העדפת ההטפלה של *F.*

*ceratitivorus* (ביצה-גולם) ושל *D. kraussii* (זחל-גולם). בתנאי הניסוי לא נמצאה העדפה ברורה

לצפיפות מסוימת. בניסויי תחרות שנערכו גם כן בכלובי הרשת ראינו שיתכן של- *D. kraussii* יש

השפעה על *F. ceratitivorus* אולם תנאי הניסוי לא אפשרו לוודא השפעה זו בבירור.

בדגימות הפרי שנאספו במשך הפרויקט נמצאה עליה מתונה בשיעור הטפילות של הזבוב מ- 7.7% ל-

12.0% טפילות אקטיבית. לעומת 2007, בשנים 2008-9 הצרעה *D. kraussii* הייתה הנפוצה ביותר

במדגמים כתוצאה מהתבססותה בארץ.



**מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישומו והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?**  
המטרות העיקריות הושגו. הצלחנו לפתח שיטות גידול על יחידות מלאכותיות לכל הצרעות שייבאנו. למדנו היבטים חשובים בביולוגיה שלהן. אחרי עשרות שנים ומספר ניסיונות לביסוס אויבים טבעיים לזפי"ת שנכשלו, הצלחנו בפרויקט זה להביא להתבססותם של לפחות שלושה, ואולי ארבעה מינים. למרות שהעשרנו את קשת האויבים הטבעיים לזפי"ת בארץ, עוד מוקדם לקבוע מהי תרומתם של המינים שהתבססו להורדת אוכלוסיית הזבוב.

#### **בעיות שנותרו לפיתרון.....**

בשנת 2009 קיבלנו מהוואי את הצרעה *F. caudatus*, שנחשבת מבטיחה. עד היום, לא הצליחו לגדלה מעבר לכמה דורות ואנו הצלחנו לפתח עבודה שיטת גידול על יחידות הטלה מלאכותיות. בשל בעיות הסגר ודרישות של הגה"צ לבדיקת טווח הפונדקאים של הצרעה, הצרעה עדין בהסגר ואנו מקווים שבהמשך נוכל לחקור את הביולוגיה, את טווח הפונדקאים ואת מידת הבררנות שלה לזפי"ת ונאפשר בכך את הוצאתה מההסגר ואת פיזור בארץ. כיוון שזפי"ת הנו הינו מזיק מפתח בגידולים רבים והוצאות להדברתו עצומות, חשוב להמשיך במאמצים של ההדברה הביולוגית ולנסות לייבוא אויבים טבעיים נוספים.

#### **הפצת הידע.....**

1. Argov, Y. and Gazit, Y. 2008. Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel: introduction and establishment of natural enemies. *Biological Control* 46: 502-507.

**כרזה בכנס במרוקו:**

2. Yael Argov and Yoav Gazit, Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel, in: "Integrated Control in Citrus Fruit Crops", working Group of the International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC), Agadir, Morocco 1-3 March 2010.

3. Gazit, Y., and Argov, Y. Biological Control of the Mediterranean Fruit Fly in Israel: Biological Parameters of imported parasitoid wasps (*in preparation*).

#### **פרסום הדו"ח:**

ללא הגבלה

Plants Production and Marketing Board – Citrus Division



# Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel



**Yael Argov and Yoav Gazit**  
The Israel Cohen Institute for Biological Control



Medfly female on an orange

- The Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.), (Medfly), is a key pest known to attack over 250 fruit species. Its control is usually based on insecticide bait sprays.
- Non cultivated areas may serve as breeding sites of this pest.
- In those sites biological control is an acceptable method apply.
- Five species of larva-pupa parasitoids were found in Israel before our biocontrol project was initiated.
- Since 2002, when the project was started, four parasitoid species were imported: *Fopius arisanus*; *F. ceratitivorus*; *Psytalia concolor*; and *Diachasmimorpha kraussii*.
- In 2007 the rate of parasitism was 8.9%, of which less than half was due to the four imported species
- In 2008 the rate rose to 11.1% and the imported species, especially *D. kraussii*, were the majority.
- At present three out of the four imported species had established in Israel.
- *Fopius arisanus* did not become established yet, probably because of its tropical origin.



Releasing parasitoids with wet cotton wool



*Fopius arisanus* Female parasitizing eggs of Medfly

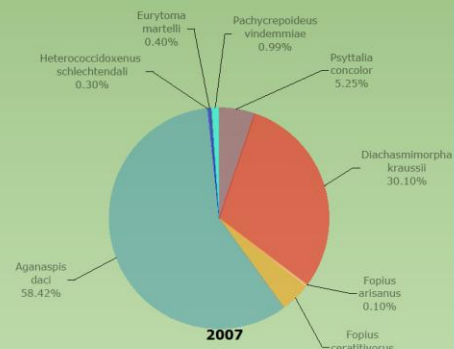


*Diachasmimorpha kraussii* Female on pitanga



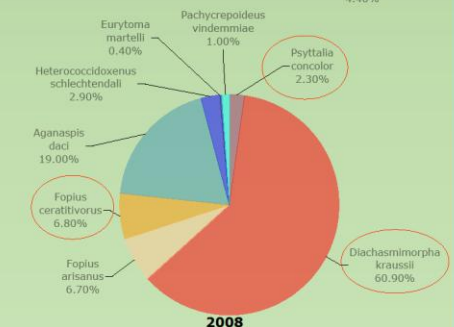
*Fopius ceratitivorus* Female parasitizing eggs of Medfly

### Percentage of the parasitoid species obtained from all fruit sampling in 2007



*Diachasmimorpha kraussii* Female parasitizing 3<sup>rd</sup> instar larvae of Medfly

### Percentage of the parasitoid species obtained from all fruit sampling in 2008



The bluish colors represent the endemic species (found before the project was started) and the reddish represent the imported species. At least three species (marked in red circles) had being established in Israel.



*Psytalia concolor* Female parasitizing 3<sup>rd</sup> instar larvae of Medfly

The project is co-funded by the chief scientist of the Israel Ministry of Agriculture and Rural Development. Acknowledgements to Dr. Russell H Messing, Univ. Hawaii, Manoa, Kauai Agricultural Research Center, Hawaii and to Dr. Pedro Rendon, USDA-APHIS-PPQ-CPHST, Guatemala City, Guatemala for providing the seed colonies of the parasitoids.

Yael Argov and Yoav Gazit, Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel, in: "Integrated Control in Citrus Fruit Crops", working Group of the International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC), Agadir, Morocco 1-3 March 2010.