

דו"ח שנה ג' ומסכם לתוכנית מחקר מס. 14-1676-131

שנת המחקר ה שלישית מתוך שלוש שנות מחקר

יישום של עיקרון "זבוב המעוקר" להדברת זבוב הדלועים *Dacus ciliatus*

Application of the "Sterility Principle" to Control the Fruit fly *Dacus ciliatus*

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

דוד נסטל המחלקה לאנטומולוגיה, הגה"צ, מנהל המחקר החקלאי
שלמה סלע המחלקה לאיכות מזון ובטיחותו, מנהל המחקר החקלאי
לביא אסתר המחלקה לאנטומולוגיה, הגה"צ, מנהל המחקר החקלאי

David Nestel Dept. of Entomology, Institute of Plant Protection, ARO, Volcani Ctr., Beit Dagan. Email: nestel@agri.gov.il

Shlomo Sela Dept. of Food Quality and Safety, ARO, Volcani Ctr., Beit Dagan. Email: shlomos@volcani.agri.gov.il

Esther Lavi Dept. of Entomology, Institute of Plant Protection, ARO, Volcani Ctr., Beit Dagan. Email: lavier@agri.gov.il

הצרת החוקר הראשי:

הממצעים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא



חתימת חוקר ראשי

מאי 2015

מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי:

(1) דר' יואב גזית

(2) פרופ' בועז יובל

(3) דר' אלי הררי

תקציר

הצגת הבעיה: הזבוב *Dacus ciliatus* הוא בעיקר מזיק של פירות הדלועים. הזבוב נחשב ל"מזיק הסגר" באירופה ובארה"ב, והוא מהווה איום לשווקי היצוא הישראלי של דלועים ופירות נוספים (כמו פלפל). עד לא מזמן, מזיק הסגר זה היה קיים בארץ רק באזור הערבה. בשנים האחרונות הזבוב התפשט צפונה והגיע למרכז הארץ. הפחתת הנזק נעשית ע"י ריסוס של חומרי הדברה וסניטציה. מטרת התוכנית הינה להקים את התשתית להדברת הזבוב ע"י שימוש בזבובים מעוקרים (SIT)

מטרות המחקר ושיטות העבודה: 1. ייצוב של הגידול ההמוני וביסוס התנאים הפיזיים והביולוגיים-אקולוגיים של המצע המלאכותי, 2. קביעת טווח ההקרנה האופטימאלי לקבלת זבובים מעוקרים איכותיים ותחרותיים, ו- 3. ניסויים ראשוניים בבתי רשת כדי לקבוע את האפקטיביות של השיטה.

תוצאות עיקריות: במשך שלושת שנות מחקר הצלחנו להשלים את כל המטרות של המחקר: בשנתיים הראשונים של המחקר צמצמנו ופישטנו את מצע הגידול המלאכותי והיום יש לנו פרוטוקול לדיאטה יציבה ויעילה. בנוסף, נקבעה מנת עיקור אופטימלית לזבוב ונבדקה התאמה מינית של זבובי מעבדה עם זבובי בר והתחרותיות של זכר מעבדתי מעוקר. התוצאות הראו שזן המעבדה מתאים מינית לזן הבר, והזכר המעוקר תחרותי (דומה לתוצאות עם זבוב הפירות הים תיכוני). בנוסף, נבדק הדינמיקה של מיקרואורגניזמים ופרמטרים פיזיים במשך התפתחות הזחלים במצע המלאכותי. התוצאות הראו עליה של *Lactobacilli* וירידה של חיידקי קוליפורמים *Coliform* במהלך קלקול מצע המזון של הזבוב. בשנה אחרונה השלמנו את המחקר על ידי בדיקות, בתנאי מעבדה, של יכולת זכר מעוקר לגרום לעיקור מושרה נקבות בר. בנוסף, התקבל מידע על היחס הדרוש בין זכרים מעוקרים לזכרי בר להצלחת תיאורטית של השיטה בתנאי שטח ("Fried Test"): יחס של 1:3 בין זכרים מעוקרים לזכרי בר נתן תוצאה מקובלת של תחרות (0.32), הדומה לזו שמתקבלת במינים אחרים, כמו זבוב הפירות הים תיכוני.

מסקנות והמלצות: הפרויקט הצליח לבסס את הידע הדרוש ואת האמצעים לביצוע תוכנית מסחרית לעיקור זבוב הדלועיים בארץ.

תוכן עניינים

3.....	מבוא
5.....	פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות
5.....	ייצוב של הגידול ההמוני וביסוסו
7.....	קביעת טווח ההקרנה האופטימאלי
10.....	ניסויים ראשוניים כדי לקבוע את האפקטיביות של השיטה בזבוב הדלועים
11.....	דיון
12.....	רשימת של פרסומים מדעיים
13.....	סיכום שאלות מנחות

מבוא

הזבוב *Dacus ciliatus* הוא בעיקר מזיק של פירות הדלועים. הזבוב נחשב למזיק הסגר באירופה ובארה"ב והוא מהווה איום לשווקי היצוא הישראלי של דלועים ופירות נוספים (כמו פלפל). עד לא מזמן, מזיק הסגר זה היה קיים בארץ רק באזור הערבה. בשנים האחרונות הזבוב התפשט צפונה והגיעה למרכז הארץ. בארץ הדברת הזבוב נעשה ע"י ריסוס חומרי הדברה (בעיקר, פירתרואידים וניאוניקוטינואידים) וסניטציה קפדנית. המטרה הכללית של התכנית הנוכחית הינה לייצר אסטרטגיות אלטרנטיביות להדברת הזבוב עם מינימום פגיעה בסביבה. בהתאם לכך, המטרה הכוללת של הפרויקט הייתה לייצר את התנאים הבסיסים ליישום טכניקת 'הזבוב המעוקר' כשיטה בדרנית להדברת זבוב הדלועיים בארץ. לצורך כך נקבעו המטרות המשניות הבאות: 1. ייצוב של הגידול ההמוני וביסוס התנאים הפיזיים והביולוגיים-אקולוגיים של המצע המלאכותי; 2. קביעת טווח ההקרנה האופטימאלי לקבלת זבובים מעוקרים איכותיים ותחרותיים; 3. ניסויים ראשוניים בבתי רשת כדי לקבוע את האפקטיביות של השיטה.

במשך השנה הראשונה התרכזנו בייצוב של הגידול ההמוני ויצירת מערך גידול אמין ויעיל המבוסס על מצע מלאכותי זול ופשוט להכנה. בנוסף, קבענו את מנת ההקרנה האופטימלית הנדרשת לעיקור של שני הזוויגים של הזבוב. לקראת סוף השנה הראשונה, התחלנו לבצע מעקב אחר הדינמיקה של פרמטרים פיסיקליים ומיקרוביאליים שחלים במצע המלאכותי במהלך התפתחות של זחלי הזבוב. בשנה השנייה של התוכנית ולאחר שבמשך השנה הראשונה קידמנו וייצבנו מצע מלאכותי פשוט וזול, התרכזנו בהבנת התהליכים המיקרוביאליים והפיסיקליים המתרחשים במצע המלאכותי במהלך התפתחות הזחלים. מטרתנו הייתה לזהות אינדיקטורים פיסיקליים לזיהום המצע ע"י גורמים מיקרוביאליים מקלקלים (Spoilage microorganisms), וללמוד על אפשרות של מניפולציות מיקרוביאליות לשמירת החיוניות של המצע המלאכותי במהלך התפתחות הזחלים. בנוסף, במשך שנה ב' בדקנו את יכולת ההזדווגות של זבובים מעוקרים מעבדתיים (שעוקרו במנת קרינה אופטימלית שנקבעה במשך שנה א') עם זבובי בר ("Mating Compatibility Test") וכן את התחרותיות של זכרים מעוקרים מעבדתיים מול זכרי בר לבחירת נקבות בר ("Mating Competitiveness Test"). בדיקות אלו נעשו בכלובי רשת בתנאי חצי-שדה. בשנה האחרונה של התוכנית נבדקה היכולת של זבובים מעוקרים לגרום לעיקור מושרה ("Sterility Induced") של נקבות בר. הניסוי נערך במעבדה, בכלוב רשת שגודלו 120 ס"מ אורך, 40 ס"מ רוחב ו-40 ס"מ גובה. בגלל טמפרטורות נמוכות במשך החורף, לא הצלחנו לבצע ניסוי זה בכלובי רשת מחוץ לבניין מחומם. התוצאות הראו שהטכניקה של הזבוב המעוקר יכול להיות אפקטיבית גם עם זבוב הדלועים. התוצאות גם הראו את היחס הנדרש בין זכרים מעוקרים וזכרי בר להשגת עיקור אפקטיבי של נקבות בטבע.

מהפרויקט פורסמו כבר שני מאמרים שהתקבלו לעיתונות מקצועית מבוקרת, ומאמר שלישי נמצא כרגע בבדיקה. אנו מצפים בעתיד להשלים מאמר נוסף על המיקרוביולוגיה של המצע המלאכותי.

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות

(1) ייצוב של הגידול ההמוני וביסוסו:

(א) פישוט וייצוב גידול מלאכותי לזבוב הדלועיים:

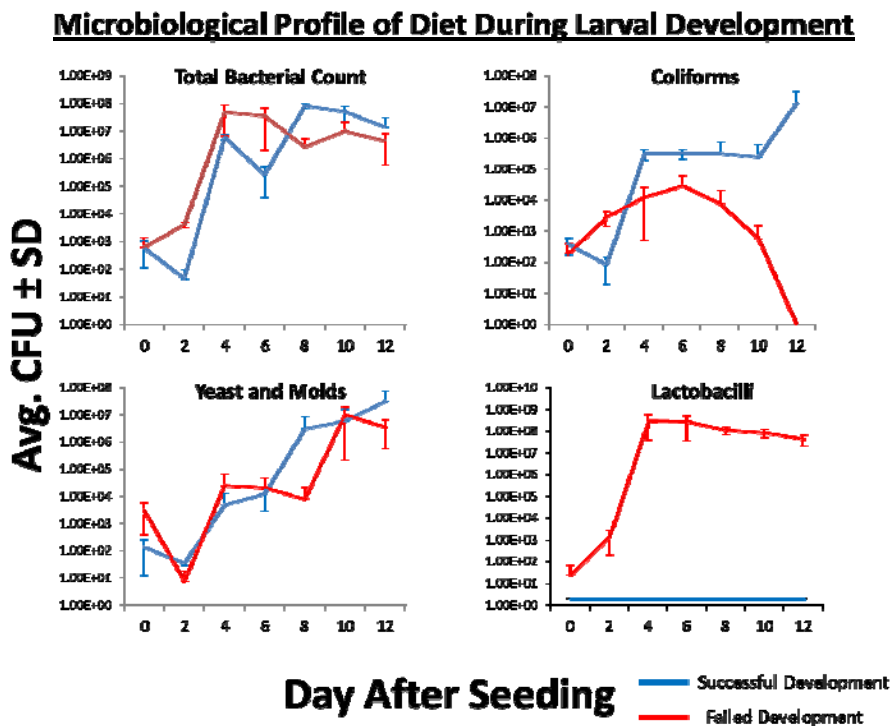
חלק זה הושלם במשך השנה הראשונה ובו הגענו להרכב יעיל וזול של המצע המלאכותי וקבענו את תנאי הגידול המתאימים לגידול המוני יעיל של זבוב הדלועיים. טבלה 1 מתארת את מרכיבי הדיאטה המשופרת לזבוב הדלועיים.

טבלה 1. מרכיבי הדיאטה המקורית (DC-I) והדיאטה המשופרת (D-24).

Ingredients	DC-I (amount for 1 Kg; % of diet)	D-24 (amount for 1 Kg; % of diet)
Nutrients		
Brewer's Yeast	35.5 gr (3.3%)	36 gr (2.77%)
Table Sugar	24.5 gr (2.28%)	52 gr (4%)
Bulking Agents		
Wheat Bran	92.5 gr (8.6%)	-
Alpha Cellulose	10 gr (0.93%)	-
Sugar-Beat Pellets		100 gr (15.4%)
Anti-Microbial		
Potassium Salt-Sorbic Acid	0.6 gr (0.05%)	1.2 gr (0.09%)
Nipagin (methylhydroxybenzoate)	0.9 gr (0.08%)	-
Formaldehyde	1.5 ml (0.14%)	-
Other Supplements		
Squash-Seeds Powder	5.5 gr (0.51%)	-
Zucchini Powder	90 gr (8.63%)	-
Wheat germ oil		-
HCl (3.5.%)	-	5 ml (0.77%)
Water	815 ml (75.7%)	1000 ml (77.1%)

מיקרוביולוגיה של מצע המזון:

במשך שנה ב' למדנו אה התהליכים המיקרוביאליים והפיסיקליים המתרחשים במצע המלאכותי במהלך ההתפתחות של זחלי הזבוב. מיום הזריעה של הביצים נלקחו כל יומיים דוגמאות של מצע הגידול. הדגימות נלקחו עד סוף התפתחות הזחלים בקפיצתם להתגלמות. בנוסף, נמדדו הטמפרטורה ו- pH . פרמטרים נוספים שנמדדו הינם אחוז ביצים שהצליחו להתפתח לגלמים (% egg-recovery), משקל גולם ממוצע, ספירה כללית של חיידקים הטרוטרופיים (total bacterial count; CFU/g), ספירה כללית של פטריות ושמרים (yeast and molds; CFU/g), ספירה של קוליפורמים (coliforms; CFU/g), וספירה של חיידקי *Lactobacilli* (CFU/g). הניסויים נערכו בשתי תקופות שונות ובכל תקופה הרצנו שלוש חזרות של מצע.

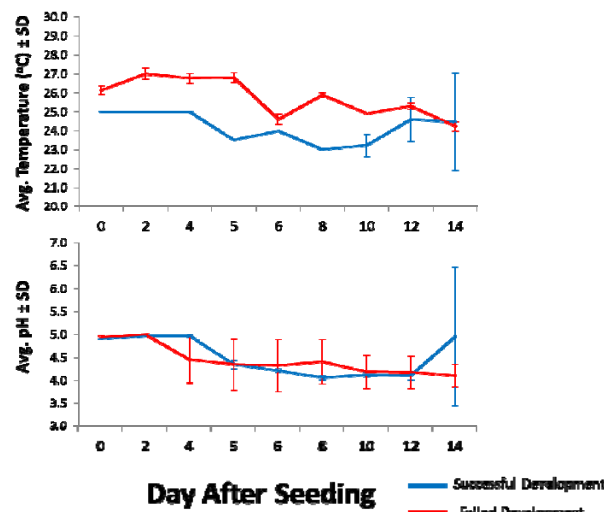


איור 1. דינאמיקה של אוכלוסיות מיקרואורגניזמים בניסויים בהם התפתחה כמות סבירה של זחלים של זבוב הדלועיים ומשקל טוב של גלמים (קב כחול) ובניסויים בהם לא התפתחו כלל זחלים או שנתנו כמות נמוכה של זחלים (קב אדום).

בכל אחת מהחזרות נבדקה הכמות והדינמיקה של מיקרואורגניזמים והפרמטרים הפיסיקליים, במהלך תקופת התפתחות הזחלים. כדי לנתח את התוצאות איחדנו את החזרות המוצלחות והחזרות הלא מוצלחות בנפרד (סדר החזרות לא מבטא את סדר

הניסויים ותקופת הניסוי; בשתי התקופות התקבלו חזרות מוצלחות ולא מוצלחות). התוצאות של הדינאמיקה מתוארות באיור 1: לגבי הספירה הכללית של חיידקים, פטריות ושמרים, לא היו הבדלים מהותיים בין מצות שהצליחו ליצר גלמים ואילו שלא יצליחו. לעומת זאת, קוליפורמים ו-*Lactobacilli* הראו פעילות שונה בשתי המצבים: במצע בו הייתה התפתחות טובה של זחלים נראתה עלייה במספר הקוליפורמים במהלך התפתחות הזחלים ומספר ה-*Lactobacilli* היה נמוך ביותר. לעומת זאת, במצע 'מקולקל' בו לא הייתה כלל התפתחות, או הייתה התפתחות מעטה בלבד של זחלים, חלה ירידה בקוליפורמים עם הזמן ועלייה של ה-*Lactobacilli* (איור 1). לא ברור אם קלקול המצע נבע מהשתלטות של חיידקי ה-*Lactobacilli*, או מירידה של הקוליפורמים, או אולי הקלקול נבע מגורם אחר בלתי ידוע אשר השפיע על הדינמיקה של שתי האוכלוסיות. בניסויים המוצלחים הטמפרטורה הייתה במשך רוב הימים מעלה אחת עד שתיים נמוכה יותר מניסויים שכשלו (איור 2). לעומת זאת, ה- pH לא הראה הבדלים בשתי הקטגוריות של הניסויים.

Physical Profile of Diet During Larval Development



איור 2. דינמיקה של טמפרטורה ו- pH במהלך הגידול בניסויים בהם הייתה התפתחות סבירה של זחלים של זבוב הדלועיים ומשקל טוב של גלמים (קב כחול) ובניסויים בהם לא הייתה כלל התפתחות או שהתקבלה כמות נמוכה של זחלים (קב אדום).

(2) קביעת טווח ההקרנה האופטימאלי:

חלק זה הושלם במשך השנה הראשונה. תוצאות לגבי אחוז סטריליות (כדוגמה, אחוז ביצים שבוקעים) כפונקציה של רמת קרינה שקיבלו גלמים של זבוב הדלועיים מעבדתיים יומיים לפני הבקיה מתוארות בטבלה 2.

טבלה 2. אחוז בקיעת ביצים כפונקציה של רמת קרינה. שילובים בין זכרים ונקבות: **NI** - זבובים לא מעוקרים, **I** - זבובים מעוקרים. ** בטיפולים אלו לא היו כלל הטלת ביצים. בצורה דומה, יצירת גלמים מפרי שנחשף לטיפולים והכלאות שונות הניבו תוצאות דומות: רק ב-140 Gray לא התפתחו גלמים כלל (בסוגרים, מספר החזרות של ניסויי הזדווגות בין זבובים בסטטוסים שונים).

Irradiation Dose (Gray)	Egg Hatch (% SD) (number of replicates)			
	♂ NI X ♀ NI	♂ I X ♀ NI	♂ NI X ♀ I	♂ I X ♀ I
60 Gy	88.4 ± 8.6 (8)	1.3 ± 1.8 (9)	**	**
80 Gy	85.3 ± 12.0 (9)	2.9 ± 4.2 (9)	**	**
100 Gy	87.7 ± 9.2 (9)	6.2 ± 8.4 (9)	**	**
120 Gy	83.6 ± 9.0 (9)	3.5 ± 4.4 (9)	**	**
140 Gy	87.5 ± 8.0 (9)	0.0 (9)	**	**

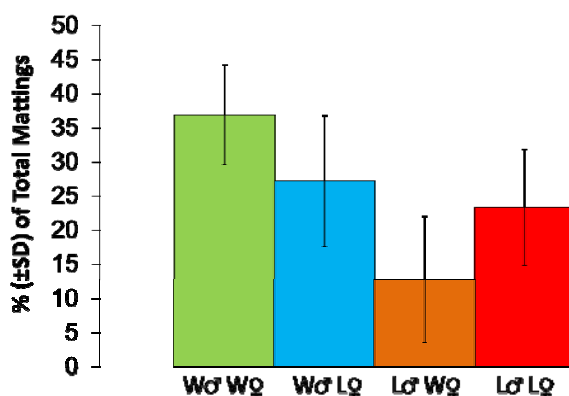
בהתאם לתוצאות הניסויים נמצא שנדרשת קרינה של 140 Gray כדי לקבל 100% עיקור של זכרים. קרינות נמוכות מעקרות את הזכרים ברמה סבירה (למשל, ב-120 Gray עיקור הזכרים ברמה של 96%), אך אין עיקור מוחלט. לגבי נקבות, קרינות מעל 60 Gray (לפחות) מספיקות כדי לקבל עיקור מוחלט. מנת קרינה שנקבעה ל-96% עיקור ולהמשך ניסיונות הינה: 120 Gray.

מערכת לבקרת איכות:

במשך השנה הראשונה והשנייה נקבעו פרמטרים סבירים לאיכות של זבובי דלועיים שמתפתחים בתנאי מעבדה או במצע מלאכותי. פרמטרים אלה כוללים משקל גלמים, אחוז בקיעה ותעופה, זמן התפתחות, ומשך הישרדות של בוגרי הזבוב (ראה דו"ח שנה א'). בנוסף, במשך שנה ב' נבדקו שני פרמטרים חיוניים של איכות זבובים מעוקרים של גידול מעבדתי (או תעשייתי): Mating Compatibility and Competitiveness. המטרה של המבחנים הללו היא לבדוק את התאמת הזבוב המעבדתי לזבוב הבר ובדיקת היכולת התחרותית של זבוב זכר מעבדתי מעוקר מול זבוב בר למשיכה של נקבות בר (דבר נחוץ להצלחת פרויקט של טכניקת זבוב המעוקר). לצורך ביצוע שני המבחנים הללו, הוספו זבובי בר בשלב של זחל מפרי נגוע שנלקחו מחלקות חקלאיות בערבה. זחלי בר גודלו במעבדה במשך דור אחד נוסף (כדי להכפיל את כמותם וכדי להתאים לזמני הלוגיסטיקה של הניסוי כולו). זבובי בר מעבדתיים חולקו בקבוצות של זכרים ונקבות בכלובים נפרדים מהיום הראשון לאחר הבקיעה ("זבובים בתולים"). זבובים מעבדתיים עוקרו יומיים לפני הבקיעה

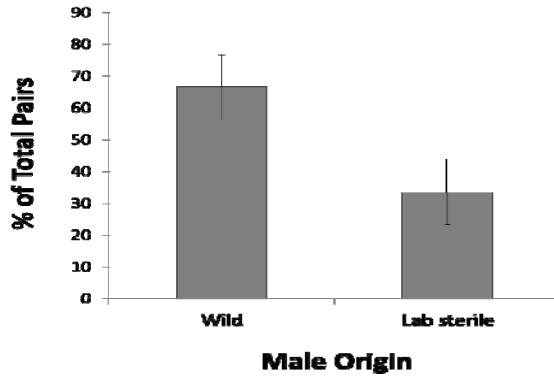
עם מנה של 120 Gy. לצורך הניסוי, הוקמו 6 בתי רשת (4 מ' קוטר ו 2.5 מ' גובה) בשדות המנהל. הניסויים בוצעו במשך הקיץ, בתנאי אקלים מתאימים.

איור 3 מתאר תוצאות של התאמה מינית בין זבובי בר לזבובי מעבדה מעוקרים. כצפוי, רוב הזוגות (בסביבות 35% מכלל הזדווגויות בשלושת הניסויים ובכל החזרות) היו בין זכרים לנקבות בר. 25% מההזדווגויות היו בין זכרי בר ונקבות מהמעבדה, וזכרים ונקבות מהמעבדה. רק בסביבות 15% מכלל הזוגות היו בין זכרים מעבדתיים ונקבות בר. תוצאות אלו והניתוח שנערך עם אינדיקטורים סטטיסטיים של תחרותיות מינית (התוצאות לא מוצגות) מראים שבחירת הבן זוג הינה אקראית ולכן הם מצביעים על התאמה מוחלטת בין שני הזוויגים, שהינה דרישה בסיסית לאפליקציה של טכניקת זבוב המעוקר.



איור 3. תוצאות ניסוי של התאמה מינית בין זוויגי בר של זבוב הדלועיים זוויג מעבדתי מעוקר של הזבוב.

תחרות מינית נבדקה בצורה דומה, אלא שהיחסים בין זוויגים זנים היו שונים: בכל חזרה אוכלסו 25 זכרי בר, 25 זכרי מעבדה מעוקרים ו25 נקבות בר. גם בניסויים אלה נעשו לפחות 9 חזרות במשך כמה ימים. איור 4 מראה את התוצאות. מכלל הזוגות שיוצרו בכל הניסיונות בחזרות, מעל 60% היו בין זכרים בר ונקבות בר. השתתפות של זכרים מעוקרים בהזדווגויות הייתה כחצי (כ-30%) מזו של זכר בר. אינדקס (Relative Sterility Index) לזכרים מעוקרים מהמעבדה היה 0.3, שהוא מעל הערך המקובל בזבוב הפירות הים-תיכוני (RSI=0.2). תוצאות אלו מצביעות על תחרותיות טובה של זבוב הדלועים המעבדתי המעוקר. יש לציין, שבניסוי דומה עם זכרים מעבדתיים, ללא עיקור, התקבלו תוצאות דומות לאלו שהתקבלו עם זכרים מעוקרים. תוצאות אלו מצביעות על כך כי תנאי הגידול הם אלה שמקטינים את התחרותיות של הזכר ולא, כמו שמקובל לחשוב, העיקור עם קרינת גמא.



איור 4. תוצאות ניסוי של תחרות מינית בין זכרי בר של זבוב הדלועיים וזכרי מעבדתי מעוקר של הזבוב.

3) ניסויים ראשוניים כדי לקבוע את האפקטיביות של השיטה בזבוב הדלועיים:

במהלך השנה השלישית והאחרונה ביצענו ניסוי הדמייה של תחרות ויכולת של זבובים מעוקרים מהמעבדה להשרות עיקור של נקבות בר בנוכחות זכרי בר. ניסוי כזה ניקרא מבחן Fried. הניסוי בוצע בתנאי מעבדה, עקב תנאי מזג אוויר בחורף האחרון (2015) שמנעו ביצוע בתנאי חצי-שדה. זבובי בר הוספו מפרי נגוע מהערבה בסוף הסתיו וגודלו דור אחד במעבדה על קישוא. מבחן Fried בוצע כדלקמן: זבובי מעבדה מהגידול השוטף שלנו הוקרנו יומיים לפני הבקיעה עם מנה של Gy 120. לאחר בקיעה של שני הזנים (זן בר וזן מעבדתי מעוקר), הזבובים חולקו לפי זוויגים בכלובים נפרדים. לאחר ההתבגרות המינית, ביצענו ניסויי תחרות והשראת עיקור על נקבות בר. ניסויי בקרה נעשו על ידי ערבוב של זכרי בר "בתולים" עם נקבות בר "בתולות" (ביקורת חיובית) ועל ידי ערבוב של זכרים מעוקרים מהמעבדה "בתולים" עם נקבות בר "בתולות" (ביקורת שלילית). כל חזרה של הביקורות כללה 40 סוגות????? בתוך כלובים בגודל 40 X 40 X 40 ס"מ. ניסויי תחרות בין זכרי בר "בתולים" וזכרים מעוקרים "בתולים" נבחנו במקביל בכלוב גדול יותר (120 X 40 X 40 ס"מ). בניסויי תחרות הוכנסו זכרים מעוקרים, זכרי בר ונקבות בר "בתולות", ביחס של 1:1:3. אחרי 24 שעות כל הזכרים סולקו מהכלובים והוכנסו במקומם פרי כתשתית להטלה ביצים ע"י הנקבות. לאחר חשיפה של 24 שעות, הפרי נלקח לבדיקה. לאחר חשיפה ראשונה והמתנה של יום הוספו פירות חדשים לכל הטיפולים. במשך שבוע חזרנו על אותו התהליך שלוש פעמים, כדי לתת הזדמנות לנקבות להטיל כמות סבירה של ביצים. פירות שנחשפו למשך 24 שעות נבדקו וכל הביצים שהוטלו בהם הועברו לנייר שחור בתוך צלחת פטרי, כדי לשמור על הלחות. לאחר 5 ימים באינקובציה של 27 מעלות, נבדק מספר הביצים שבקעו (ביצים פוריות) ואלה שלא בקעו (ביצים מעוקרות). כל ניסוי (ביקורת ותחרות) נעשה בשתי חזרות.

תוצאות של מבחן Fried מתוארות בטבלה 3. אחוז הבקיעה בביצים שהוטלו בביקורת החיובית היגע ל כ-85%. לעומת זאת, אחוז הביצים שבקעו, בביקורת השלילית, היה מתחת

ל-2% (זאת אומרת, השגת עיקור כמעט מושלם בנקבות בר). לעומת זאת, אחוז הבקיעה בטיפול של תחרות הייה כמחצית מזה שהתקבל בביקורת החיובית. תוצאות אלו דומות לתוצאות המקובלות עם זבוב הפירות הים תיכוני (שהינו המודל במוצלח בטכניקה של זבובים מעוקרים).

טבלה 3. פוריות של זבוב הדלועים (Eggs/collection) ואחוז בקיעה (% Egg hatch) של ביצים מניסוי של תחרות בין זכרי בר וזכרים מעוקרים שעורבבו אם נקבות בר. הסוגרים מתאר את מספר החזרות (כדוגמה, כמות פירות).

	Wild Control*	Laboratory control	Competition arena
Eggs/ collection	$74 \pm 79^{b**}$ (6)	222 ± 122^a (6)	69 ± 49^b (6)
% Egg hatch	$83.8 \pm 7.7^{a***}$ (6)	1.6 ± 1.2^c (6)	43.6 ± 19.8^b (6)

דין

במהלך הפרויקט מצאנו את התנאים ורכשנו את הידע ליישום של הטכניקה של זבובים מעוקרים בזבוב הדלועיים. בפרויקט פיתחנו מצע מלאכותי זול ויציב לגידול הזחל, פיתחנו טכניקה לקבלת ביצים בצורה מלאכותית, קבענו את המנה הנדרשת ליצירת זבובים מעוקרים איכותיים, ביססנו ערכים של איכות לזבוב המעוקר והוכחנו שזבוב הדלועיים של מעבדתנו מתאים להזדווג עם זבוב הבר והוא גם תחרותי. בנוסף, הוכחנו בניסוי דימוי, שיישום של שיטת הזבוב המעוקר להדברת זבוב הדלועיים אפשרי. בכך יצרנו את התנאים המינימליים הדרושים לביצוע של פרויקט SIT להדברת זבוב הדלועיים. בנוסף, למדנו לגבי הקשר שקיים בין התפתחות תקינה של זחלים, במצע המלאכותי, לבין אוכלוסיות שונות של מיקרואורגניזמים ועקבנו אחר השתנות פרמטרים פיסיקליים במהלך התפתחות הזחל. תוצאות אלו חשובות להבנת התהליכים המתרחשים בזמן הגידול ואולי אף למניפולציות מיקרוביולוגיות למניעה של קלקול המצע.

יישום מסחרי של טכניקת הזבוב המעוקר להדברת זבוב הדלועיים בחקלאות ישראל דורש מעורבות של גורם מסחרי לצורך פיתוח תעשייתי, יחד עם התארגנות של אירגוני מגדלים ומושבים.

לסיכום, כל המטרות של הפרויקט, כפי שנקבעו בהצעה, הושלמו בהצלחה. עם זאת, אנו סבורים שהיה מתקבל מידע משמעותי יותר, לגבי היכולת של השיטה כאסטרטגיה להדברת זבוב הדלועים, אם מבחן Fried היה מתבצע בתנאי חצי-שדה. האופציה של עבודת

השדה נמנעה מאתנו עקב תנאי מזג האוויר בחורף והעובדה שהפרויקט הסתיים באביב המוקדם (תקופה בה קשה למצוא זבובי בר ולהכין את הניסוי באופן סביר עם הלוגיסטיקה המסובכת של ניסוי כזה). יחד עם זה, אנו מצפים שבדיקה והערכת אפקטיביות בתנאי שדה תיעשה בשלב מתקדם יותר לקראת יישום השיטה ע"י גורם מסחרי.

רשימת של פרסומים מדעיים

- 1) Rempoulakis, C., Castro, R., Nemny-Lavy, E. and Nestel, D. Effects of radiation on the fertility of the Ethiopian fruit fly, *Dacus ciliatus* Loew (Diptera: Tephritidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. **In Press**.
- 2) Rempoulakis, C., Nemny-Lavy, E., Castro, R. and Nestel, D. Mating behavior of *Dacus ciliatus* (Loew) (Diptera: Tephritidae): Comparison among laboratory and a wild population. *Journal of Applied Entomology*. **In Press**.
- 3) Nemny-Lavy, E., Nestel, D. and Rempoulakis, P. Laboratory longevity and competitiveness of *Dacus ciliatus* Loew (Diptera: Tephritidae) following sub-sterilizing gamma irradiation. *Journal of Economic Entomology*. **Submitted**.

סיכום שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכניות העבודה:

במשך הפרויקט יצרנו מערך גידול מלאכותי אמין ויעיל. בנוסף, קבענו את מנת הקרינה הנדרשת לעקר את שני הזוויגים של הזבוב, קבענו את הערכים לאיכות הזבובים המעוקרים ובדקנו את יכולתם של זבובי מעבדה מעוקרים להזדווג עם זבובי בר. בנוסף, למדנו על המיקרוביולוגיה של המצע והדינמיקה של מיקרואורגניזמים במצע מלאכותי התומך בהתפתחות תקינה של זחלים במצע מקולקל. בשנה האחרונה ביצענו ניסוי היתכנות מעבדתי לבדיקת יעילות הטכניקה כנגד זבוב הדלועיים.

עיקר הניסויים והתוצאות

- א. אפיון של מרכיבי דיאטה יעילה ופשוטה לזחלים.
- ב. ניסויים לקביעת רמת ההקרנה הנדרשת כדי לקבל זבובים (זכרים ונקבות) מעוקרים. על פי התוצאות נקבעה מנה של Gy 120 כמנה האופטימלית לעיקור זבוב הדלועיים.
- ג. אפיון מיקרוביאלי ופיסיקלי של מצע מלאכותי טוב ומקולקל. במיוחד, מצאנו מעורבות אפשרית של חיידקי חומצת חלב בתהליכי קלקול הדיאטה, ושל קוליפורמים כמאפייני דיאטה 'בריאה'.
- ד. נעשו ניסויי התנהגות בבתי רשת כדי לקבוע התאמה מינית בין זבובי מעבדה לזבובי בר ונבחנה התחרותיות של זכר מעוקר. תוצאות הניסויים הראו שהזכר המעבדתי המעוקר הינו תחרותי ומתאים לשימוש.
- ה. נעשה ניסוי מעבדתי לבדיקת יעילות הטכניקה של הזבוב המעוקר כנגד זבוב הדלועיים (Fried test). התוצאות תומכות בשימוש ופיתוח של תוכנית SIT כנגד זבוב הדלועיים

מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישומו והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת

הדו"ח?

- א. המצע החדש שפותח לגידול זחלים נמצא יעיל. עם המניפולציה של כמה מהתהליכים במשך ההתפתחות של הזחלים (כמו שמירת לחות המצע בימים הראשונים של ההתפתחות ואורור ע"י ערבוב של המצע), יעילות הייצור מגיעה ל- 20% (התפתחות ביצה-לגולם).
- ב. נדרשת קרינה של Gray 140 כדי לקבל 100% עיקור של זכרים. קרינה נמוכה יותר (Gray 120) מעקרת את הזכרים ברמה סבירה (96%).
- ג. יצרנו פרוטוקול בסיסי לגידול המוני של זבוב הדלועיים המעוקר לצורך יישום עתידי של טכניקת הזבוב המעוקר כנגד מזיק זה בישראל.

- ד. קלקול הדיאטה קשור, כנראה, לעליית אוכלוסיית חיידקי חומצת חלב וירידת במספר הקוליפורמים.
- ה. תוצאות מבחן Fried הראו יכולת תחרות סבירה של זכר מעבדתי מעוקר הדומה לזו של זבוב הפירות הים תיכוני בשימוש עולמי בפרויקטים של SIT.
- ו. במשך שלושת השנים הצלחנו לבצע את רוב המטלות שתוכננו לפרויקט.

בעיות שנותרו לפיתרון

לא נתקלנו בבעיות מיוחדות.

הפצת הידע

עד כה שני מאמרים שהתקבלו לעיתונות מדעית, ומאמר שלישי בבדיקה.

פרסום הדו"ח:

ללא הגבלה

כוונות להגיש תוכנית המשך:

לא