



ד"ר ליאורה שאלתיאל-הרפז

זבוב התאנה בלחור: סוד התקשורת בין הפגה לצרעה המפרה וניצולו להדברת הזבוב

ליאורה שאלתיאל-הרפז (liora@migal.org.il), ריקה קדושים,
דור רחמני / מו"פ צפון
יחיה מוסאב, מוואפק איבדאח / נוה יער, מינהל המחקר החקלאי
ליאורה שאלתיאל-הרפז, עידן ברשן / מכללת תל חי, החוגים
למדעי הסביבה ולביוטכנולוגיה



תקציר

זבוב התאנה השחור (*Silba adipata*) מהווה מזיק מפתח בגידול התאנה בארץ ומסוגל לגרום נזק כבד בזנים כדוגמת ה'ברזילאית', שאינם זקוקים להפריה כדי לתת פרי. בארץ, בעקבות הוצאה משימוש של תכשירי הדברה יעילים למוגור זבוב זה אין כיום תכשירים מורשים להדברתו, כאשר מלכודות המשמשות ללכידה המונית של זבוב הפירות הים תיכוני כוחן אינו יעיל במקרה זה. הפריית הפגות מתבצעת בעזרת הצרעה בלאסטופגה (*Blastoph-aga psenes*), הנמשכת לנדיפים ספציפיים המופרשים מהפגות כאשר הן מוכנות להפריה. אמנם רוב התאנים המסחריות בארץ אינן זקוקות להפריה לשם הבשלה, אך מגדלי התאנים בארץ מדווחים מניסיון אישי שפרי מופרה פחות רגיש לזבוב התאנה מפרי שאינו מדי

פרה. עדויות מהשטח ומידע מהספרות העלו את השערות המחקר הבאות: חלק מהנדיפים המושכים את צרעת התאנה מושכים גם את הזבוב, ולאחר ההפריה מפסיקה הפגה להפריש נדיפים מושכים, אלא נדיפים הדוחים את הזבוב. מחקר זה בא לבדוק את הקשר בין הנדיפים המופרשים מפרי שהופרה ופרי שלא הופרה לבין זבוב התאנה השחור. תוצאות המחקר, שוערך על תאנים מהזן 'ברזילאית', מצביעות על כך שזבוב זה מטיל באופן מובהק פחות ביצים בתאנים מופרות מאשר בתאנים שאינן מופרות. כלומר, הזבוב נמשך יותר באופן מובהק לחומר נדיפים הקיימים בפירות לא מופרים מאשר בפירות מופרים. חומרים אלה יכולים להוות מושכנים פוטנציאליים. נמצאו מספר נדיפים שקיימים בפירות שאינם מופרים ואינם קיימים (או קיימים במינון נמוך) בפירות מופרים. במקביל נמצאו בפירות מופרים מספר חומרי דחייה פוטנציאליים שאינם קיימים (או קיימים במינון נמוך) בפירות לא מופרים. מחקר זה התמקד בזיהוי ואיפיון נדיפי התאנה המושכים הן את הצרעה המפרה והן את הזבוב, כדי לבדוק האם ניתן יהיה בעתיד להשתמש בהם ללכידת זה האחרון במלכודות ללכידה המונית.

בתמונות למעלה: בגדולה: זבוב התאנה השחור במעופו, באדיבות picssr.com
בקטנה: נקבת הזבוב חמושה בצנור הטלה, באדיבות lonchaeidae.myspecies.com

תמונה 2: רימות הזבוב, הבוקעות מהביצים שהטילה הנקבה, חודרות לעומק הפגה, ניזונות מרקמות הפרי ומתפתחות בתוכו



באדיבות ruitiers-rares.info

תמונה 3: הנוק שגורם זבוב התאנה השחור מתרכז ברקמות הסמוכות לקליפת הפרי



באדיבות ruitiers-rares.info

תמונה 4: לקראת ההתגלמות יוצרת הרימה חור בקליפת הפרי, דרכו היא יוצאת בדרכה לקרקע



באדיבות ruitiers-rares.info

מבוא

התאנה (*Ficus carica*) שייכת לסוג פיקוס, כאשר התכונה המייחדת את הפיקוסים מבין שאר הצמחים בעלי הפרחים היא מבנה התפרחת, מעין כדור אגסי חלול, הקרוי פגה ונושא בתוכו, על שטחו הפנימי, את הפרחים הקטנים, הן זכריים והן נקביים. הפגה מבחוץ סגורה ומכוסה מעטה של קשקשים מהודקים. פי הפגה, המצוי בחלק התחתון שלה, מכונה אוסטיאול, כאשר במהלך התפתחותה סגורה הפגה וחתומה, להוציא פרקי זמן קצרים בהם השער הנעול נענה למאמציה הנואשים של צרעת התאנה, הבלאסטופגה (*Blastophaga psenes*), המבקשת לחדור, להיכנס פנימה ולהפרות את הפרחים הנקביים (1, 2). זוהי גם שעתו היפה של זבוב התאנה השחור (תמונות פתוחות).

זבוב זה נפוץ בעיקר בדרום אירופה, צפון אפריקה, דרום אפריקה והמזרח התיכון, נמצא עד היום רק בתאנים, מהווה מזיק כבד ביותר לגידול זה בארץ ומסוגל לגרום נזק רב בזנים פרתנוקרפיים. גודל הזבוב הבוגר 3.5-4.5 מ"מ (3) והוא משלים בשנה ארבעה עד שישה מחזורים (4). נקבת הזבוב, המצוידת בצינור הטלה ארוך, מחדירה אותו אל בין שכבות האוסטיאול ומטילה שם את ביציה. רימות הזבוב מתפתחות על רקמת הפגה הפנימית, ניזונות ממנה, הורסות את הפגה ומבחינתן סיימו את תפקידן ומוכנות להתגלמות. בשלב זה יוצרת הרימה בקליפת הפרי חור, דרכו היא יוצאת, נופלת לקרקע, מתגלמת ומעבירה שם את שנות החורף. בשלב זה הפגה הרקובה נושרת (5).

מהספרות ידוע שהצרעה המפרה נמשכת לנדיפים ספציפיים המופרשים שם מן התאנים כאשר הן מוכנות להפריה (6). העדויות מהשטח ומהספרות הובילו להשערה שגם נקבת הזבוב נמשכת לנדיפים אלה ונעדרת בהם לזהות תאנים שיתאימו להטלת הביצים ולהתפתחות הרימות. מטרת המחקר היו בחינת רמות הנוק הנגרם מזבוב התאנה השחור בתאנים מופרות לעומת אלו שאינן מופרות; בחינת ההשפעה של הנדיפים המופרשים מפירות מופרים ולא מופרים על הזבוב וכן זיהוי ואיפיון נדיפי התאנה המעורבים בהפריה - כדי לבדוק האם ניתן יהיה בעתיד להשתמש בהם ללכידת הזבוב במלכודות.

בתמונות 1 עד 5 מתואר מחזור החיים ושיטות העבודה של זבוב התאנה:

תמונה 1:

נקבת הזבוב, המצוידת בצינור הטלה ארוך, מחדירה אותו אל בין שכבות האוסטיאול ומטילה שם את ביציה



באדיבות ruitiers-rares.info

הזבובים שהשתתפו בניסוי נאספו ממאות פגות בר שנארו והוצבו בכלובי גיחה בחדר מבוקר בטמפרטורה של 23 ± 2 מ"צ, עד ליציאת הרימות מהפרי (תמונה 4), התגלמותן והגחתם של זבובים בוגרים (תמונה 5). לאחר ההגחה הוצבו יחד זכרים ונקבות בכלובי 'התייחדות' בתוספת פרי ותמיסת סוכר כמזון, להבטחת הזדווגות. כעבור שלושה ימים הועברו הנקבות לניסוי המשיכה.

ניסוי המשיכה נערך בעזרת מכשיר אולפקטומטר Y הבנוי ממערכת צינורות סגורה המוציאה אוויר מסונו בפחם פעיל. האוויר עובר דרך שני כלי זכוכית, שבכל כלי מסומם מקור ריח שונה. האוויר, יחד עם החומרים הנדיפים מכל מקור, מתאחדים לצינור אחד (בצורת Y) בו מצוי החרק. במערכת זו ניתן לבחון לאיזו זרוע בוחר החרק לנוע וכך לדעת לאיזה מקור ריח הוא נמשך. החדר הוחשך ומול האולפקטומטר הוצבה מנורת שולחן שכוונה אל תנועת הזבוב. לחץ האוויר עמד על 6 PSI (יחידת מידה בריטית המשמשת למדידת לחץ). בכלי הזכוכית הוצבה מצד אחד פגה לא מופרית ובצד השני פגה מופרית. במסגרת הניסוי בוצעו 38 חזרות, כל חזרה ערכה עד 10 דקות. אם נקבת הזבוב לא בחרה צד בזמן זה הוגדרה הבחירה כ'אי בחירה'. כל חמש חזרות החליפו הפגות צד. לניתוח התוצאות נעשה שימוש במבחן התפלגות בינומיאלי (המתאר את מספר ההצלחות בסדרת ניסויים) בעזרת תוכנת SAS Inst JMP8, 2008.

■ **זיהוי ואיפיון נדיפי התאנה המעורבים בהפריה:** בתחילת יוני 2016, בשלושה עצים במטע מסחרי במחניים, כוסו בשקיות אורגנוזה 16 פגות מכל עץ שקוטרו פחות מ-13 מ"מ, סך הכל 48 פגות, ושמונה פגות מכל עץ הופרו באופן מלאכותי. בנוסף, תשע פגות לא מופרות נארו באותו מועד ושימשו לביקורת. שבועיים לאחר מכן ובמשך שמונה שבועות, אחת לשבוע, נארו מבין הפגות המכוסות בשקיות שלוש מופרות ושלוש שאינן מופרות. מיד לאחר הארייה הוכנסו הפגות לחנקן נוזלי ואוחסנו במקפוא בטמפרטורה של מינוס 80 מ"צ. כל הפגות שנאספו הועברו בקירור למעבדה הביוכימית של ד"ר אבדאח בונה יער, שם נבדקו הנדיפים שהפרישו התאנים בשיטת HS-SPME (auto-Head Space Solid Phase Micro Extraction). הפגות מכל חזרה נשקלו, נטחנו בחנקן נוזלי והוכנסו לתוך מיכל אטום בפי קק סיליקון המכיל 5 מ"ל של תמיסת NaCl (25%) 1 ג' ו-1 ג' של NaCl במצב מוצק. כסטנדרד הוספה כמות ידועה (1 מ"ג/ק"ג) של 2-hepatone (חומר נדיף). מחט ה-SPME לבדיקת הנדיפים הוח' דרה דרך האטם. המיכל הוחזק למשך 30 דקות ב-50 מ"צ, לעי דוד הנידוף. המחט נשלפה ותכולת הנדיפים נבדקה על מכשיר GC-MS (Gas chromatograph-mass spectrometr), מתקן המודד את היחס בין מסען למסה של חלקיקים טעונים. באמצע עות מדידה זו ניתן לנתח דגימה ולקבוע מה החומרים בה (Agilent Technologies, CA, USA). המכשיר צויד בקולונה קפילרית (עמוז דת זכוכית שבה הממס עולה בכוח הנימיות) מסוג Rt-5SIL MS (30m x 0.25mm x 0.25µm). לצורך זיהוי החומרים עברו תוצאות ההרצה אנליזה בתוכנת Chemstation והשוואה לספריות חומרים קיימות בונה יער. הבדיקה בוצעה בשש חזרות ביולוגיות עבור כל דגימה.

www.fruitiers-rates.info



תמונה 5: הגולם שורד את החורף בקרקע ובאביב מגיח ממנו זבוב בוגר וחוזר חלילה - כך ארבעה עד שישה מחזורים בשנה

חומרים ושיטות

המחקר נערך בשנים 2015/16 בשלושה אתרים: במטע מסחרי של תאנים מון 'ברזילאית' בקבוץ מחניים, בחלקה שלא טופלה בקוטלי חר' קים; במעבדה של ד"ר ליאורה שאלתיאל-הרפז בחוות המטעים במו"פ צפון וכן במעבדה של ד"ר מוואפק איבדאח בתחנת מחקר נוה יער.

■ **נוק הזבוב בתאנים מופרות ושאין מופרות:** לצורך בחינת רמות הנוק הנגרם לפירות מופרים נאספו באקראי במטע מחניים 236 פגות. כל פגה נפתחה ונבדקה להפריה וכן לנוכחות ביצים ורימות הזבוב. ניתוח התונים בוצע במבחן התאמה חי בריבוע (Chi-square) בעזרת תוכנת SAS Inst JMP8, 2008.

■ **השפעת הנדיפים על משיכת נקבת הזבוב:** לבחינת ההשפעה של הנדיפים המופרשים מפירות מופרים ולא מופרים על זבוב התא' נה השחור נדרש צוות המחקר להפרות ידנית חלק מתאנים. במטע מחניים כוסו בשקיות אורגנוזה 50 פגות לא מופרות בקוטר של פחות מ-13 מ"מ. במקביל נאספה אבקה מפירות בר זכריים שעורבבה בתמיסת סוכרוז 2%. תמיסה זו שימשה להפריה והזרקה באקראי למחצית מהפגות המכוסות.

akitchengardeninikeimauai.blogspot.co.il



תמונה 6: כיסוי פגות בשקיות אורגנוזה

- המחקר מומן בתקציב שולחן תאנה במועצת הצמחים ובתקציב הקק"ל.

ספרות

1. גלילי י. (1983): התאנה חנטה פניה. 'מדע', עיתון מדעי לכל, כרך כ"ו: 274-277.
2. Kjellberg F., Gouyon P.H., Ibrahim M., Raymond M., Valdeyron G. (1987): The stability of the symbiosis between dioecious figs and their pollinators: a study of *Ficus carica* L. and *Blastophaga psenes* L. *Evolution* 41: 693-704.
3. Mifsud D., Falzon A., Malumphy C., De Lillo E., Vovlas N., Porcelli F. (2012): On some arthropods associated with *Ficus* species (Moraceae) in the Maltese Islands. *Bulletin of the Entomological Society of Malta* 5: 5-34.
4. Katsoyannos B. (2008): Black Fig Fly (Diptera: Lonchaeidae). In *Encyclopedia of Entomology* 524-525. Springer Netherlands.
5. Giliomee J.H., Venter E., Wohlfarter M. (2007): Mediterranean black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. *African Entomology* 15: 383-384.
6. Hossaert-McKey M., Gibernau M., Frey J.E. (1994): Chemosensory attraction of fig wasps to substances produced by receptive figs. *Entomologia experimentalis et applicata* 70: 185-191. ■

תוצאות

בניסוי בו נבדק נזק הזבוב היו 183 תאנים מופרות ו-52 שאינן מופרות. מבין התאנים המופרות 99.45% היו ללא ביצי זבוב ורק 0.55% היו עם ביצים, בעוד שב-27 תאנים הלא מופרות 59.62% היו עם ביצים ורק 40.38% היו נקיות. כלומר, זבוב התאנה השחור מטיל במובהק פחות ביצים בתאנים מונן 'ברזילאית' מופרות מאשר בתאנים שאינן מופרות (איור).



בניסוי אולפקטומטר, בו נבחנו המשיכה של נקבת הזבוב לנדיפי פגה מופרית אל מול נדיפי פגה לא מופרית, נמצא שרוב הנקבות (67.6%) בחרו בנדיפי הפגה הלא מופרית ורק 32.4% בחרו בנדיפי הפגה המופרית (על פי מבחן pearson). במסגרת זיהוי ואיפיון נדיפי התאנה המעורבים בהפריה נמצאו 180 חומרים נדיפים שהשתחררו במהלך שמונה שבועות מתאנים מופרות ושאינן מופרות. מתוכם זוהו 30 נדיפים, מושכנים פוטנציאליים, שקיימים או מתפתחים עם הזמן בפירות שאינם מופרים, ואינם קיימים או מתפתחים, גם לא במינון נמוך, בפי רות מופרים. לעומת זאת נמצאו שבעה נדיפי דחייה פוטנציאליים שמתפתחים בפירות מופרים ואינם קיימים או מתפתחים בפירות לא מופרים. את רשימת החומרים הנדיפים ניתן לקבל אצל המחברים.

מסקנות ודיון

תוצאות המחקר על שתי שנותיו מצביעות על כך שאכן, זבוב התאנה השחור מטיל באופן מובהק פחות ביצים בתאנים מופרות. בנוסף נמצאה תמיכה בהשערה לפיה הזבוב נמשך לנדיפים המופרשים מפירות שאינם מופרים. כמו כן נמצאו מספר נדיפים (מושכנים פוטנציאליים) שקיימים או מתפתחים בפירות שאינם מופרים ואינם קיימים או מתפתחים, גם לא במינון נמוך, בפירות מופרים. כמו כן נמצאו חומרי דחייה פוטנציאליים שמתפתחים בפירות מופרים אך לא בפירות לא מופרים. צוות המחקר סבור כי יש להמשיך ולבחון מושכנים פוטנציאליים אלה, כדי לנסות ולמצוא נדיפים שיוכלו לשמש בעתיד במלכודות, או נדיפים דוחים לריסוס במטע.

תודות

אנו מודים לד"ר משה פלישמן ממרכז וולקני על העזרה המקצועית והיעוץ. תודות לשי פילר, מרכז המטע בקיבוץ מחניים, על תרומתו למחקר ועזרתו בכל דרך אפשרית.

משתלת פרנק מאיר

50 שנות
שתלנות

שתילי הדורים ואבוקדו

מתקבלות הזמנות הדורים קיץ 2018

אבוקדו קיץ 2018 ואביב 2019

השתילים מפוקחים עי הגנת הצומח והרבנות רישיון 825

ת.ד. 115 עין ורד 4069600 / גוש תל מונד

מאיר: 050-5411239, אופיר: 054-8176776

פקס: 09-7967830