

אהד אפיק

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

חזי גלעדי

היחידה לניטור סביבתי, רשות הטבע
והגנים

איתי לחמי

היחידה לניטור סביבתי, רשות הטבע
והגנים

אירינה בן אבי

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

דבורה דיאס

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

אלון בר

האגף לבקרת חומרי הדברה ומזיקים,
המשרד להגנת הסביבה

משה גבריאל

עיריית ירושלים

טל וינברג

ניטורים – שירותי אקולוגיה

גדיאל ורשבסקי

החוג למדעי בריאות הסביבה,
מכללה אקדמית הדסה

אירינה זונשטיין

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

ערן חקלאי

האגף לבקרת חומרי הדברה ומזיקים,
המשרד להגנת הסביבה

יואב לוסטגמן

היחידה לניטור סביבתי, רשות הטבע
והגנים

ליאורה סטודנטסקי



יתוש הטיגריס האסייתי מוכר בעולם כמעבירן של מחלות נגיפיות. אף על פי שפולש לארצנו לפני יותר מעשור, יש קושי רב בניטורו | צילום: James L. Occi

ניטור יתושים בוגרים – השפעת סוג המלכודת על יעילות הניטור של יתוש הטיגריס האסייתי ושל מינים נוספים בשטחים פתוחים ובשטחים בנויים בישראל

1 באוקטובר, 2014

גיליון סתיו 2014 / כרך 5 (3)

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- לצורך הערכת סיכונים, קיימת חשיבות רבה לקיומו של מערך לניטור ולאיסוף נתונים על הפיזור המרחבי והעונתי של מיני יתושים שונים ועל שיעורי ההדבקה שלהם בפתוגנים מחוללי מחלות.
- על אף הסיכון הנמוך להעברה מקומית של מלריה, מיני יתושים המוכרים כמעבירי מלריה עדיין נמצאים בישראל, ובשילוב עם חולים המגיעים מחו"ל קיים פוטנציאל להופעה מחודשת של מלריה אנדמית בארץ.
- שינוי סוג המלכודות יביא לשיפור הניטור, במיוחד של יתוש הטיגריס האסייתי ושל שלושת מיני היתושים הנפוצים בארץ.
- הגדלת מערך ניטור היתושים הבוגרים בסביבה העירונית תשפר את יכולת ההתראה מפני התפרצות מחלות שמעבירים יתושים, ותאפשר תחזית מדויקת יותר של הסיכון לתחלואה בקדחת מערב הנילוס אצל בני אדם.

המערכת

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

עבד סיראטי

האגף לבקרת חומרי הדברה ומזיקים,
המשרד להגנת הסביבה

פואד עקאד

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

אורי שלום

האגף לבקרת חומרי הדברה ומזיקים,
המשרד להגנת הסביבה

תמר יגר

האגף לבקרת חומרי הדברה ומזיקים,
המשרד להגנת הסביבה

לאור אורשן

המעבדה לאנטומולוגיה, המעבדות
המרכזיות, משרד הבריאות

תקציר

יתוש הטיגריס האסייתי (*Aedes albopictus*) הוא מין פולש בארץ, שזוהה לראשונה בשנת 2002, ומאז הוא מתפשט וגורם מטרדים במספר הולך וגדל של מקומות. המין מוכר כמעביר (וקטור) חשוב של מחלות נגיפיות בעולם, ועלול להיות מעורב בעתיד בהעברת מחלות גם בארץ. למרות ריבוי התלונות על מטרדי עקיצות מיתוש זה בשנים האחרונות, רק פרטים בודדים נאספים במלכודות מסוג CDC הנמצאות בשימוש מערך הניטור המשותף של המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות. במטרה לשפר את היכולת לנטר את יתוש הטיגריס האסייתי נבחנו מלכודות חדשות מסוג BG-Sentinel. במסגרת המחקר נלכדו 19 מיני יתושים. המין הנפוץ ביותר היה כולכית הבית (*Culex pipiens*). יתושי הטיגריס האסייתי נלכדו במלכודות ה-BG במספרים גדולים יותר בהשוואה למלכודות ה-CDC, נמצאו בכל אתר בעל אופי בנוי שנבדק, ולרוב היה זה המין השכיח במקומות אלה. נוסף על לכידת היתושים מסוג זה, מלכודות ה-BG היו יעילות יותר גם בלכידת שלושת מיני היתושים הנפוצים בארץ, ודומות ביעילות הלכידה של יתר המינים, בשטחים פתוחים ובנויים כאחד. חסרונן של המלכודות הללו מתבטא בנוחות פחותה בשימוש ובאיכות נמוכה יותר של החומר המגיע למעבדה לצורך הגדרה ובדיקת נגיעות בנגיפים. שיפור מערך הניטור של יתושים הבוגרים בשטחים בנויים, שמרבית התושבים מתגוררים בהם, יתרום ליכולתנו להעריך מבעוד מועד סיכון להתפרצות מחלות המועברות על-ידי יתושים.

מבוא

השינויים הדמוגרפיים והסביבתיים שהתרחשו בארץ במהלך מאה השנים האחרונות, הובילו לשינויים מהותיים בהרכב אוכלוסיית היתושים. מתחילת המאה הקודמת ועד מחציתה נעשה מאמץ מכוון להדברת יתושי האנופלס שהפיצו את מחלת המלריה [2], והיא נעשתה באמצעות מיזמים של ייבוש ביצות בשילוב הדברה כימית. באותו זמן התרחשה הדברה לא מכוונת, כתוצאה מפיתוח, מגידול האוכלוסייה ומזיהום מקורות מים. תהליכים אלה צמצמו במידה ניכרת זמינות של מים נקיים עומדים, והפחיתו במידה רבה את אוכלוסיות יתושי האנופלס ומינים נוספים הזקוקים למים נקיים להתפתחותם, לעתים עד כדי הכחדה מוחלטת מהארץ של חלק מהמינים [15]. הסדרת מערכות המים העירוניות בצנרת סגורה, במקום השימוש בבורות ובמכלים ביתיים לאגירת מים, תרמה אף היא להיעלמותם של מינים כגון *Anopheles claviger* מהנוף העירוני [3, 2], בעוד המין אדס מצרי (*Aedes aegypti*) נעלם כליל מנופי הארץ [3]. בד בבד עם המאמצים הרבים שהושקעו בהדברת יתושים, נעשו שלא במתכוון גם פעולות שעודדו מיני יתושים אחרים, כמו למשל זמינות רבה של מים מזוהמים, שתרמה להגדלת אוכלוסיית המין כולכית הבית (*Culex pipiens*) שמשוגל להתפתח במים אלה [14].

בשל השינויים המתמשכים בהרכב האוכלוסיות ובמיני היתושים הנפוצים בארץ ועקב הסכנה להתפרצות מחלות, קיימת חשיבות רבה לקיומו של מערך לניטור ולאיסוף נתונים על הפיזור המרחבי והעונתי של המינים השונים ועל שיעורי ההדבקה שלהם בפיתושים מחולי מחלות, לצורך הערכת סיכונים. דוגמה למחלה המועברת על-ידי יתושים, שיש לה השלכות על בריאות הציבור, היא קדחת מערב הנילוס. במהלך התקופה שבין אוגוסט לאוקטובר בשנת 2000 דווח על 417 מקרי מחלה אצל אנשים, מתוכם 35 הסתיימו במוות, בעיקר בקרב קשישים. מוקדי ההתפרצות היו באזור מישור החוף ובצפון הארץ, אך בכל רחבי הארץ נמצאו חולים [29]. בעקבות ההתפרצות התקבלו בשנת 2002 החלטות ממשלה (2003 ו-2083) בנושא היערכות להתפרצות קדחת מערב הנילוס, שהביאו להקמת מערך ארצי לניטור יתושים בוגרים, שהם מעבירי המחלה, וזאת נוסף על ניטור של זחלי יתושים ואתרי דגירה המתבצע מאז קום המדינה [2]. את מערך הניטור מפעילים הגורמים הבאים: האגף לבקרת חומרי הדברה ומזיקים של המשרד להגנת הסביבה ותחום ניטור מזיקים ברשות הטבע והגנים, שאנשיהם מופקדים על הצבת מלכודות הניטור בשטח, המעבדה לאנטומולוגיה של משרד הבריאות, שאנשיה מגדירים וממיינים את החומר הנלכד, והמעבדה המרכזית לנגיפים של משרד הבריאות במרכז הרפואי ע"ש חיים שיבא בתל השומר, שמבצעת את הבדיקות לאיתור נגיפים אצל יתושים. הדגש המרכזי של מערך הניטור הוא שני המעבירים העיקריים של הנגיף: כולכית הבית ו-*Culex perexiguus* [24] (בעבר הוגדר בארץ כמין *Culex univittatus*, כולכית הפס [13]). ממצאי הניטור משפיעים על החלטות לגבי הגברה ומיקוד של פעולות הדברה, ועל פרסום הודעות לציבור באמצעות דובר המשרד להגנת הסביבה ואתרי האינטרנט של המשרדים באשר לסיכונים ולפעולות מניעה.

השינוי העיקרי מבחינת הרכב מיני היתושים מאז הפעלת מערך הניטור היה התבססותו בארץ של המין הפולש יתוש הטיגריס האסייתי (להלן: יט"א – *Aedes albopictus*), המוכר כמין פולש ממקומות רבים ברחבי העולם [6]. באזורים שהיתוש התבסס

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

אפיק א, גלעדי ח, לחמי א ואחרים. 2014. ניטור יתושים בוגרים – השפעת סוג המלכודת על יעילות הניטור של יתוש הטיגריס האסייתי ושל מינים נוספים בשטחים פתוחים ובשטחים בנויים בישראל. *אקולוגיה וסביבה* 5(3): 263–274.

בהם הוא גורם בראש ובראשונה למטרדי עקיצות קשים, בשל הסתגלותו לסביבה העירונית והיותו פעיל יום, אך נוסף על כך הוא נחשב גם כמעביר של מחלות נגיפיות שונות [6, 11, 12]. באזורי תפוצתו הטבעיים בדרום מזרח אסיה ידוע ה"א" כמעביר של קדחת הדנגה, אם כי לרוב הוא רק מעביר משני למין אדם מצרי. התפשטותו של ה"א" לאיים נוספים ברחבי האוקיינוס השקט הייתה מלווה לא אחת בהתפרצות המחלה באותם איים, כגון יפן והוואי [11]. בשנים האחרונות הולכות ומצטברות הוכחות לחשיבותו בהפצת מחלת הציקונוגוניה [16, 25], אולי כתוצאה ממוטציות שעבר הנגיף ושהגבירו את התאמתו להעברה על-ידי יט"א [28]. בשנת 1979 דווח לראשונה על נוכחות יט"א באירופה (אלבניה), ומאז הוא התפשט לכל דרום אירופה. עדות ראשונה להיותו גורם מעביר מחלות באירופה התקבלה בשנת 2007 עם התפרצות מקומית באיטליה של מחלת הציקונוגוניה [4], ובהמשך דווחו מקרים של הדבקה מקומית בקדחת הדנגה בצרפת [17] ובקואטיה [10]. בישראל זוהה יט"א בראשונה בשנת 2002 [26], בד בבד עם הופעתו במדינות שכנות [12]. מאז מתפשט מין זה ברחבי הארץ וגורם למטרדי עקיצות קשים במספר הולך וגדל של מקומות, בעיקר באזורים עירוניים [27]. לפי שעה עדיין לא ידוע על מקרי תחלואה שהועברו על-ידי יט"א, אך הוא עלול להיות מעורב בעתיד בהעברת מחלות גם בארץ. החשש הוא מפני שני תרחישים אפשריים: האחד הוא הגברת ההעברה של נגיף קדחת מערב הנילוס, מחלה שכבר קיימת בארץ ומועברת על-ידי מינים אחרים של יתושים. בשנים האחרונות מתגבש חשש כי יט"א תורם אף הוא להעברה של נגיף קדחת מערב הנילוס לבני אדם בארץ, וזאת אף על פי שהמין לא נחשב מעביר מרכזי למחלה זו בשום מקום בעולם, וההתפרצות הגדולה האחרונה בארץ של קדחת מערב הנילוס אירעה לפני התבססותו בארץ [29]. תרחיש שני הוא שיט"א יגרם להתפרצות מקומית של מחלות שמקורן בחולים המגיעים מחו"ל, ושנכון להיום אינן מוכרות בארץ, כגון ציקונוגוניה ודנגה [18].

למרות ריבוי התלונות על מטרדי עקיצות של יט"א בשנים האחרונות, רק פרטים בודדים נאספים במלכודות מסוג CDC הנמצאות בשימוש מערך ניטור היתושים. מלכודות אלה נוחות לתפעול, זולות, ורוב היתושים הנלכדים בהן מגיעים למעבדה בעודם חיים, תנאי הכרחי לשם בדיקת היתושים לנוכחות נגיפים. עם זאת, נראה שיעילותן בלכידת יט"א ובלכידת יתושים באזורים עירוניים בכלל, נמוכה. מיעוט הפרטים הנאספים במלכודות המוצבות בשטחים בנויים, הקושי להציב מלכודות בשטחים אלה, ובסיס הנתונים הצר המתקבל, אילצו את הגורמים המנטרים להתמקד בניטור היתושים הבוגרים בשטחים הפתוחים. כתוצאה מכך קיימים נתונים על שיעורי ההדבקה של יתושים בנגיף קדחת מערב הנילוס, אולם הנתונים אינם משקפים בהכרח את הסיכון לתחלואה בריכוזי האוכלוסייה בישראל, היות שבהתפרצות של שנת 2000 מעל ל-80% מהמקרים היו באזורים עירוניים [29]. נוסף על כך, המספרים הנמוכים של יט"א שנלכדים, מגבילים את יכולתו של מערך הניטור לאמוד את תפוצתו ואת צפיפות אוכלוסיותיו, ולאסוף מדגם גדול מספיק ומייצג לבדיקת נשאות נגיפים. לפיכך, עלה הצורך להכניס לשימוש מלכודות יתושים המותאמות טוב יותר ללכידה בשטח בנוי וללכידת יט"א בפרט. על פי הדיווחים בספרות למלכודות מסוג BG-Sentinel (להלן BG) יעילות גבוהה בלכידת יתושים ממינים שונים ובהם יט"א, בעיקר באזורים בנויים [9, 19, 21, 23]. שיפור יעילות הלכידה מתאפשר הודות לשילוב פתיון כימי (אטרקטנט), המורכב מאמוניה, מחומצה לקטית ומחומצה קפראית, נוסף על CO₂, שהוא גורם המשיכה המקובל. גורמים נוספים התורמים לשיפור הלכידה הם אופן הפיזור השונה של גורמי המשיכה, המבנה הפיזי של המלכודות, ניגוד הצבעים (שחור ולבן), המבנה הייחודי של פתח המלכודת ואופן שאיבת היתושים. למרות יתרונותיהן המדווחים של מלכודות ה-BG, חשוב לזכור שהנתונים נאספו באזורים בעלי תנאי אקלים השונים מאלה הקיימים בארץ, ועל רקע הרכב שונה של מיני יתושים. מחקר זה נועד לבחון אם מלכודות ה-BG עשויות לשפר את ניטור יט"א גם בארץ, ומה תהיה השפעתן על לכידת מינים נוספים, הן בבתי גידול הנמצאים בשטחים פתוחים הן בשטחים בנויים.



ריסוס להדברת יתושים שמטרתו מניעת קדחת הדנגה בבית ספר יסודי באינדונזיה / צילום: *Hermitianta P. Putra*

שיטות

מלכודות מסוג CDC (ר"ת של Modified Centers for Disease Control and Prevention) [יצרן: א.א.מ. טכנולוגיות מתקדמות, אלעד, ישראל] ומסוג BG (משמע BG-Sentinel) [יצרן: Biogents AG, Regensburg, Germany] הוצבו באזורים שונים ברחבי הארץ על-ידי פקחי המשרד להגנת הסביבה במהלך התקופה שבין אפריל 2012 ודצמבר 2013. מלכודות ה-CDC עברו עם השנים התאמה לצורכי מערך הניטור בארץ, והן מופעלות ללא תאורה ועם שתי סוללות AA (2,700 mA/h), בעוד מלכודות ה-BG הופעלו בהתאם להוראות היצרן. צמוד לכל מלכודת הוצב מכל ובו כ-1 ק"ג קרח יבש המשחרר CO₂, שמשמש גורם משיכה ליתושים. המלכודות הוצבו בשעות הצהריים המאוחרות, ופעלו למשך לילה אחד עד לבוקר שלמחרת. בבוקר נאספו המלכודות ותכולתן הועברה בקירור למעבדה לאנטומולוגיה של משרד הבריאות בירושלים. צוות המעבדה הגדיר את מיני היתושים תחת בינוקולר על פי סמנים צורניים^[5], וספר את מספר הפרטים מכל מין בכל מלכודת. אזורים הלכידה סווגו בהתאם לאופי השטח לאזורים 'בנויים' או 'פתוחים'. כאזורים 'בנויים' הוגדרו אזורים עירוניים או עירוניים למחצה, וכאזורים 'פתוחים' הוגדרו אזורים כפריים או שטחים פתוחים. מלכודות שהופעלו במקומות קרובים ובעלי מאפיינים דומים קובצו לאזור אחד (לדוגמה, לכידות מהרצליה, מכפר סבא ומרמת השרון אוחדו לאזור 'השרון'). נכללו רק תוצאות מלכידות שהופעלו בהן בזמנית לפחות שתי מלכודות, אחת מכל סוג. בסך הכול הוצבו כ-50 מלכודות מכל סוג (51 מלכודות BG ו-49 מלכודות CDC) ב-11 אזורים בנויים, וכ-90 מלכודות מכל סוג (90 מלכודות BG ו-93 מלכודות CDC) ב-16 אזורים פתוחים. לצורך השוואת היעילות בין סוגי המלכודות עבור כל מין שימשו רק נתונים מלכידות שנמצא בהן לפחות פרט אחד מאותו המין באחד מסוגי המלכודות. ההשוואה בין המלכודות נעשתה באמצעות מבחן Wilcoxon לא-פרמטרי מאחר שהנתונים לא התפלגו נורמלית. המבחנים הסטטיסטיים נעשו בתוכנת SAS Institute Inc (SAS JMP 9.0.0).

תוצאות

השפעת אופי השטח

בסך הכול נאספו בשטחים הפתוחים בכל הלכידות יחד מעל ל-20,000 יתושים מ-19 מינים שונים, בעוד שבשטחים הבנויים נלכדו רק כאלף פרטים השייכים לתשעה מינים (טבלה 1, איור 1). הבדלים בין הלכידות באזורים הפתוחים והבנויים נמצאו לא רק במספר הפרטים ובמספר המינים, אלא גם בהרכב המינים. באזורים הפתוחים השתייכו 67% מכלל הפרטים שנלכדו למין כולכית הבית, ויתושים ממין זה נמצאו בכל האזורים שנבדקו. 18% מהפרטים בלכידות היו מהמין *Cx. perexiguus*, והם נמצאו

ב-12 אזורים. מינים נפוצים נוספים היו אדס כספי (*Aedes [Ochlerotatus] caspius*) ו-*Anopheles tenebrosus*, שנמצאו שניהם באותם תשעה אזורים פתוחים, אך לרוב נלכדו במספרים קטנים. המינים *Culex antennatus* ו-*Culex poicilipes* נמצאו במספרים גדולים באתר אחד (שמורת החולה) וכמעט שלא נמצאו במקומות אחרים. יתר 13 המינים ובהם גם יט"א, נמצאו במספרים קטנים.

טבלה 1. סך כל היתושים שנלכדו בשני סוגי המלכודות ובשני סוגי האתרים

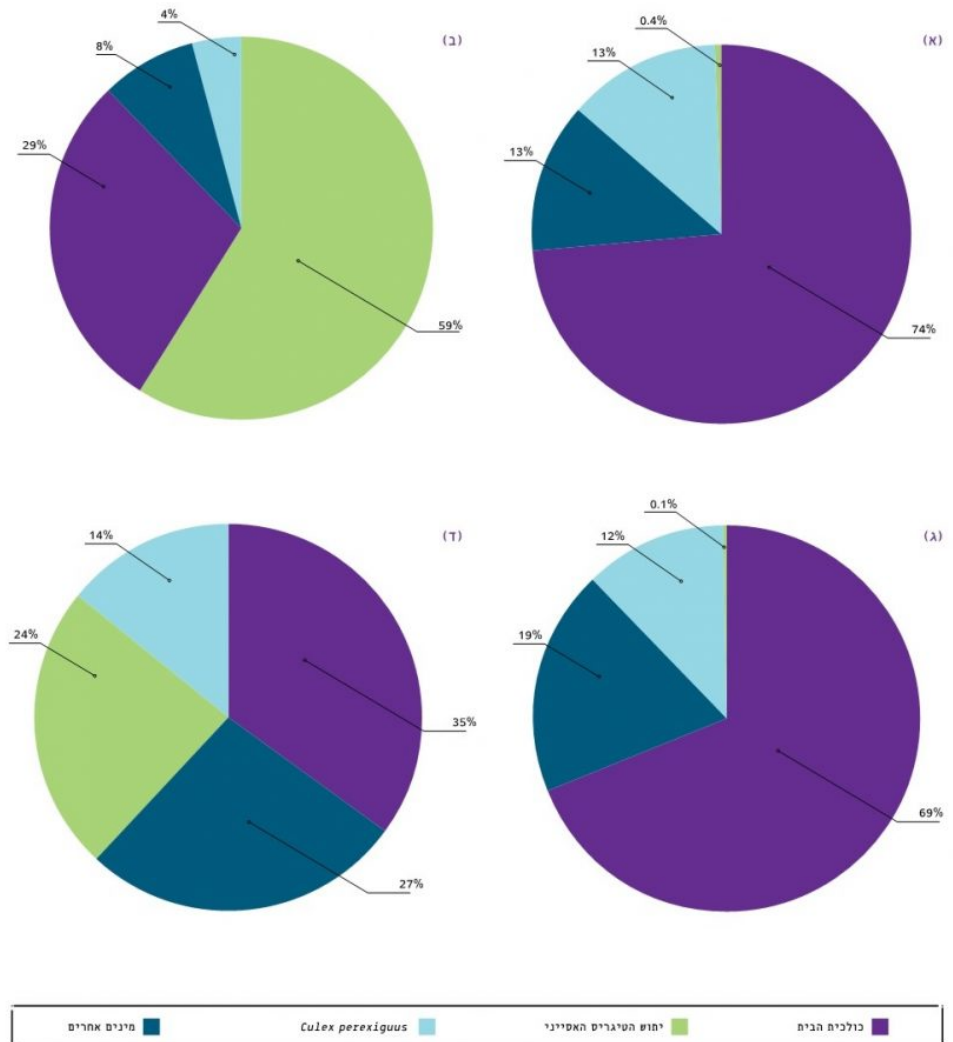
סוג	מין	שטח בנוי		שטח פתוח		סך הכול
		מלכודות BG	מלכודות CDC	מלכודות BG	מלכודות CDC	
אדס (<i>Aedes</i>)	<i>Ae. albopictus</i>	438	67	46	8	559
	יתוש הטיגריס האסייתי					
	<i>Ae. caspius</i>	7	1	486	99	593
אנופלס (<i>Anopheles</i>)	אדס כספי					
	<i>Ae. detritus</i>	33	38	31	63	165
	<i>An. algeriensis</i>	0	0	90	166	256
	<i>An. claviger</i>	0	0	3	5	8
	<i>An. sacharovi</i>	0	0	16	6	22
	<i>An. sergentii</i>	1	0	2	12	15
	<i>An. tenebrosus</i>	0	0	290	210	500
כולכית (<i>Culex</i>)	<i>Cx. antennatus</i>	0	0	489	516	1,005
	<i>Cx. laticinctus</i>	8	12	20	39	79
	<i>Cx. martinii</i>	0	0	1	13	14
	<i>Cx. mimeticus</i>	0	0	0	1	1
	<i>Cx. perexiguus</i>	33	40	1,572	2,322*	3,967
	<i>Cx. pipiens</i>	213	97	9,169	5,137	14,616
	כולכית הבית					
כוליסטה (<i>Culiseta</i>)	<i>Cx. poicilipes</i>	0	0	124	200	324
	<i>Cx. theileri</i>	0	0	12	24	36
	<i>Cs. longiareolata</i>	11	12	20	10	53
אורונוטניה (<i>Uranotaenia</i>)	<i>Cs. subochrea</i>	0	0	8	13	21
	<i>Ur. unguiculata</i>	0	11	6	5	22
סך כל הפרטים		744	278	12,385	8,849	22,256
סך כל המינים		8	8	18	19	19

* מתוכם 1,431 פרטים התקבלו מלכידה אחת בנחל עירון.

טבלה 1

סך כל היתושים שנלכדו בשני סוגי המלכודות ובשני סוגי האתרים

איור 1. פילוח מיני היתושים העיקריים בהתאם לסוג המלכודת ולאופי שטח הלכידה: (א) מלכודות BG בשטחים פתוחים (N = 12,385); (ב) מלכודות BG בשטחים בנויים (N = 744); (ג) מלכודות CDC בשטחים פתוחים (N = 7,418); (ד) מלכודות CDC בשטחים בנויים (N = 278). חריגה של *Cx. perexiguus* בנחל עירון; לא כולל לכידה



איור 1

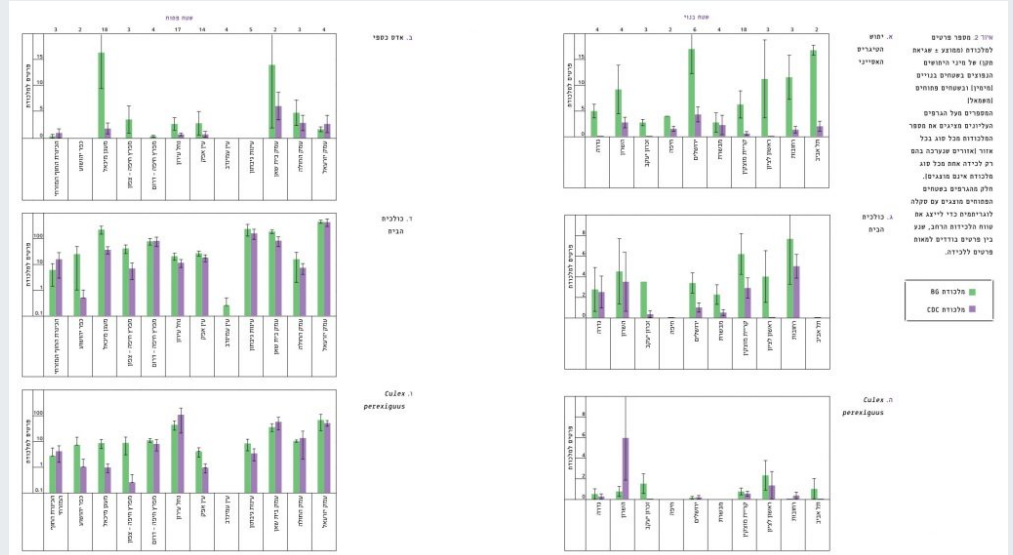
פילוח מיני היתושים העיקריים בהתאם לסוג המלכודת ולאופי שטח הלכידה

(א) מלכודות BG בשטחים פתוחים (N=12,385); (ב) מלכודות BG בשטחים בנויים (N=744); (ג) מלכודות CDC בשטחים פתוחים (N=7,418); (ד) מלכודות CDC בשטחים בנויים (N=278). חריגה של *Cx. perexiguus* בנחל עירון; לא כולל לכידה

באזורים הבנויים, בניגוד לשטחים הפתוחים, המין השכיח היה יט"א (~50%), שנמצא בכל האזורים הבנויים שנדגמו. יט"א היה גם המין היחיד שנלכד בשטחים בנויים במספרים גדולים יותר מאשר בשטחים הפתוחים. 30% מכלל הפרטים שנאספו באזורים הבנויים השתייכו למין כולכית הבית, ונמצאו בשמונה מהם. שני מינים נוספים שנלכדו באזורים הבנויים במספרים משמעותיים היו *Culex perexiguus*, שנמצא אף הוא בשמונה מהאזורים הבנויים ו-*Aedes (Ochlerotatus) detritus* שנלכד במספרים משמעותיים באזור הקריות (קריית מוצקין) בלבד. מיתר חמשת המינים שנמצאו באזורים הבנויים נלכדו רק פרטים בודדים.

השפעת סוג המלכודת

הבדלים מובהקים ביעילות הלכידה בין שני סוגי המלכודות נמצאו עבור ארבעת מיני היתושים הנפוצים ביותר, ובכל המקרים הללו היו מלכודות ה-BG יעילות יותר. ההבדל המשמעותי ביותר נמצא עבור המין יט"א, שהיה גם מין המטרה של המחקר (טבלה 1, איור 2א). מספר הפרטים הממוצע של יט"א למלכודת היה גבוה פי שישה במלכודות ה-BG בהשוואה למלכודות ה-CDC (להלן $n=113$, $Z=6.2$, $p<0.001$, Wilcoxon test). יעילות גבוהה יותר של מלכודות ה-BG נמצאה גם עבור המין אדס כספי, השייך אף הוא לסוג אדס, $n=123$, $Z=3.0$, $p=0.003$, Wilcoxon test), שבניגוד ליט"א נמצא בעיקר בשטחים פתוחים וכמעט שלא נלכד בשטחים בנויים (איור 2ב). מין שלישי מהסוג אדס, *Aedes detritus*, נלכד במספרים קטנים, ובניתוח הממצאים לא נמצאו הבדלים מובהקים עבורו בין שני סוגי המלכודות ($n=47$, $Z=0.5$, $p=0.6$, Wilcoxon test).



איור 2

מספר פרטים למלכודת (ממוצע $\pm$ שגיאת תקן) של מיני היתושים הנפוצים בשטחים בנויים (מימין) ובשטחים פתוחים (משמאל)

המספרים מעל הגרפים העליונים מציגים את מספר המלכודות מכל סוג בכל אזור (אזורים שנערכה בהם רק לכידה אחת מכל סוג מלכודת אינם מוצגים). חלק מהגרפים בשטחים הפתוחים מוצגים עם סקלה לוגריתמית כדי לייצג את טווח הלכידות הרחב, שנע בין פרטים בודדים למאות פרטים ללכידה.

מלכודות ה-BG היו יעילות יותר גם עבור המין כולכית הבית, שהוא המין הנפוץ ביותר בארץ ($n=257$, $Z=3.0$, Wilcoxon test: $p=0.003$) (טבלה 1, איור 2ג, ד). פרטים רבים יותר ממין זה נתפסו במלכודות ה-BG בכל האזורים הבנויים שהוא נמצא בהם, אך גם במרבית האזורים הפתוחים. עבור המין *Culex perexiguus*, תמונת ההבדלים ביעילות בין שני סוגי המלכודות מורכבת יותר. כאשר בוחנים את סך כל הפרטים ממין זה שנלכדו, עולה שיותר פרטים נלכדו במלכודות ה-CDC גם בשטח הפתוח וגם בשטח הבנוי (טבלה 1). תוצאה זו נובעת מלכידה חריגה בנחל עירון ($p<0.01$, Grubbs' test), שבמסגרתה נלכדו במלכודת CDC אחת יותר משליש מסך כל הפרטים (1,431 פרטים בלכידה החריגה לעומת 300 פרטים לכל היותר בכל אחת מהלכידות האחרות), ומלכידה אחת באזור השרון שהייתה חריגה בהשוואה ליתר הלכידות בשטח הבנוי. על אף חריגים אלה, במבחן לא-פרמטרי נמצא שמלכודות ה-BG היו יעילות יותר באופן מובהק גם עבור מין זה ($n=203$, $Z=2.5$, $p=0.014$, Wilcoxon test; איור 2ה, 2). לא נמצאו הבדלים בין שני סוגי המלכודות בלכידת שני מיני האנופלס הנפוצים בארץ: *Anopheles tenebrosus* ($n=69$, $Z=0.6$, $p=0.5$, Wilcoxon test) ו-*Anopheles algeriensis* ($n=44$, $Z=1.6$, $p=0.1$, Wilcoxon test), בעוד שעבור יתר מיני היתושים, מספר הלכידות הקטן לא מאפשר ניתוח של הנתונים בשל זה.

דיון

אחד הממצאים המשמעותיים של המחקר הוא ההבדל בשכיחות היתושים ובהרכב המינים הנפוצים בין הסביבה העירונית לשטח הפתוח. שני המינים הנחשבים בארץ למעבירי העיקריים של קדחת מערב הנילוס, כולכית הבית ו-*Culex perexiguus* [24] נמצאו במספרים גדולים בשטחים הפתוחים ובמספרים נמוכים בסביבה העירונית. מנגד, המין יט"א כמעט שאינו נמצא בשטח הפתוח, ולמעשה גם הפרטים המעטים ממין זה שנלכדו בשטחים שהוגדרו כשטח פתוח, נלכדו בקרבת אדם ביישובים בעלי אופי כפרי. כתוצאה מכך, **הניטור בשטחים הפתוחים אינו מספק לנו מידע על מצבו של מין זה, בשעה**

שהתבססותו בשטחים עירוניים בקרבת האדם [27] וכושרו להעביר מחלות עלולים להפוך אותו בעתיד למין מרכזי מבחינת הפצת מחלות גם בארץ [18]. עם זאת, חשוב לציין שאף על פי שיתוש זה נמצא באירופה כבר יותר משלושים שנה, ידוע רק על מקרים בודדים של הדבקה מקומית בדנגה [17, 10], ורק על התפרצות נקודתית אחת של צ'יקונגוניה [4]. לא ברור גם מה היו התנאים היחודיים שהובילו לאותה התפרצות, כמו שלא ברור אם מאמצי ההדברה שנעשו בתגובה לה הם אכן הסיבה לדעיכת המחלה. במקרה של קדחת מערב הנילוס, אף על פי שקיימים מספר דיווחים על יט"א הנגוע בנגיף [11, 6], לא ברור מהי תרומתו להפצת המחלה על רקע המינים הנוספים שמעבירים את המחלה, ככל הנראה ביעילות רבה יותר. מין נוסף שנמצא נפוץ יחסית בסביבה העירונית באזור מפרץ חיפה, הוא המין *Aedes detritus*. מין זה שאוכלוסייתו בארץ יציבות ומוגבלות באזורי תפוצתו [14], אמנם אינו מוכר כמפיץ חשוב של מחלות [22, 20], אך עלול לגרום למטרדי עקיצות קשים [20, 7].

מחקר הנוכחי נאספו גם חמישה מיני אנופלס. המינים *Anopheles tenebrosus* ו-*Anopheles algeriensis*, שאינם מוכרים כמעבירים של מלריה, נאספו במספרים גדולים יחסית בשטחים הפתוחים. שלושה מינים שהיו ידועים כמפיצי מלריה בארץ בעבר – *Anopheles sacharovi*, *Anopheles sergentii* ובאזורים הכפריים *Anopheles claviger* – שהיה המעביר העיקרי של המלריה העירונית [15] – נמצאו במספרים קטנים. **אף על פי שהסיכון להעברה מקומית של מלריה נמוך, מיני יתושים המוכרים כמעבירי מלריה עדיין נמצאים בישראל, ובשילוב עם חולים המגיעים מחו"ל קיים פוטנציאל להופעה מחודשת של מלריה אנדמית בארץ [14, 2].**

הנושא המרכזי שנבדק במחקר הנוכחי הוא התאמה של שיטת הלכידה ליט"א, וההשפעה האפשרית של שינוי שיטת הלכידה על ייצוג נאמן של מרב מיני היתושים בארץ בכלל ושל המינים החשובים לבריאות הציבור בפרט. תוצאות המחקר מצביעות על יתרון הבולט של מלכודות ה-BG בלכידת יט"א בישראל, בדומה ליתרון בלכידת מין זה במקומות אחרים [23, 21, 9]. שיפור יעילות הלכידה עבור יט"א הוא משמעותי במיוחד, מאחר שמדובר באוכלוסיות יתושים עירוניים, שהן קטנות בהשוואה לאוכלוסיות היתושים בשטחים הפתוחים, ולפיכך העלייה ביעילות הלכידה אינה רק שיפור כמותי אלא בעיקר שיפור איכותי חשוב [23]. מתוך 11 אזורים בנויים שנבדקו, מלכודת ה-CDC לכדו יט"א בשמונה אזורים, בשעה שמלכודות ה-BG הוכיחו **שיט"א נמצא בכל האזורים שנבדקו, דבר שמשנה באופן משמעותי את מפת התפוצה המתקבלת**. סך כל הפרטים ממין זה שנלכדו במלכודות ה-CDC קטן ואינו מספיק לצורך הערכת רמת הנגיעות בנגיפים, בדומה לממצאים ממחקרים קודמים שהתבססו על שיטת לכידה זו [1], בעוד שכלל הלכידות ממלכודות ה-BG יכול לשמש לפחות בסיס להערכת נגיעות של יט"א בנגיפים.

מלכודות ה-BG נמצאו יעילות יותר גם עבור כולכית הבית, המין הנפוץ בארץ, וככל הנראה הבעייתי ביותר מבחינת העברת קדחת מערב הנילוס. סך הלכידות של מין זה במלכודות ה-BG היה כמעט כפול ממלכודות ה-CDC, בדומה לתוצאות שהתקבלו בגרמניה [9], אם כי ההבדלים ביעילות בין שני סוגי המלכודות היו קטנים מההבדלים שנמצאו עבור יט"א (טבלה 1, איור 2). מעניינת העובדה שיתרון של מלכודות ה-BG לא היה מוגבל לשטח הבנוי, והן היו יעילות יותר גם בשטח הפתוח. ההבדלים בין המלכודות לא השפיעו באופן משמעותי על מפת התפוצה המתקבלת של המין והיו בעיקר כמותיים, אולם שיפור זה עשוי להיות רב חשיבות בשטח הבנוי, שנלכדים בו מעט פרטים באופן יחסי. ההשוואה בין שתי שיטות הלכידה מעלה שאלה לגבי השכיחות היחסית של כולכית הבית ושל יט"א בסביבה העירונית. על בסיס הממצאים המתקבלים ממלכודות ה-CDC, המין כולכית הבית הוא המין השכיח בשטחים הבנויים, ואילו מלכודות ה-BG מצביעות על דומיננטיות של יט"א (איור 1, 11). היות שמדובר במינים המתפתחים בבתי גידול שונים, מצריכים שיטות טיפול שונות ומוקרים כמעבירים של מחלות שונות, חשוב לנסות ולהבין מהי תמונת המצב הנכונה והיכן למקד את מאמצי הטיפול וההדברה.

מלכודות ה-BG נמצאו יעילות יותר גם עבור המינים *Culex perexiguus* ואדס כספי. במקרה של המין *Culex perexiguus*, שאף הוא מין נפוץ ובעל חשיבות רבה לבריאות הציבור, תמונת ההבדלים ביעילות בין שני סוגי המלכודות מורכבת ואינה חד-משמעית, ולמרות היתרון המובהק שנמצא למלכודות ה-BG נראה שיש צורך בחזרות נוספות. יתרון מובהק למלכודות ה-BG נמצא גם עבור המין אדס כספי (טבלה 1, איור 2). מין זה נפוץ פחות משני מיני הכולכית המרכזיים, אך נמצא אף הוא נגוע בנגיף קדחת מערב הנילוס [24]. נוכחותו גורמת למטרדי עקיצות, והוא עלול להיות בעל חשיבות וטרינרית [8].



גדרת מיני יתושים תחת בינוקולר | צילום: בן המילטון

סיכום

מתוצאות המחקר עולה שמלכודות ה-BG יעילות יותר ממלכודות ה-CDC עבור שלושה מתוך ארבעת מיני היתושים הנפוצים בארץ. עבור המין הרביעי, *Culex perexiguus*, יש צורך בחזרות נוספות כדי לקבל תשובה ברורה. בכל מקרה, לא נמצא אף מין יתושים שעבורו מלכודות ה-BG נופלות ביעילותן. יעילותן בולטת במיוחד לניטור יט"א ולניטור יתושים בשטחים הבנויים. לנוכח ממצאי המחקר נראה שיש צורך בהגדלה משמעותית של מדגם היתושים בסביבה העירונית, כדי להגיע לתחזית מדויקת יותר של הסיכון לתחלואה בקדחת מערב הנילוס אצל בני אדם. מאחר שאוכלוסיית היתושים בסביבה זו קטנה יחסית, הכנסת מלכודות ה-BG, שהן יעילות יותר בלכידה כללית של יתושים ובמיוחד של יט"א, כחלק ממערך הניטור בסביבה העירונית, עשויה להיות התקדמות חשובה בכיוון זה. בשטחים הפתוחים, לעומת זאת, אוכלוסיות היתושים גדולות יותר וההבדלים בין שני סוגי המלכודות בלכידת המינים העיקריים משמעותיים פחות. היות שכך, לא נראה שיש מקום לשינוי שיטת הלכידה הקיימת בהתחשב במגבלות העבודה עם מלכודות ה-BG, הנובעים בעיקר ממורכבות ההפעלה שלהן וממצב הפרטים הנלכדים, שבמקרים רבים מתים עוד בטרם הגיעם למעבדה, ולכן אינם יכולים לשמש לזיהוי נגיפים. נוסף על כך, כל שינוי במערך מלכודות הניטור יש לבצע באופן הדרגתי, כדי שבעתיד ניתן יהיה להעריך אם שינויים שנמצאו באוכלוסיות יתושים הם שינויים אמיתיים או תוצאה של השינוי במלכודות הניטור. כמו כן, חשוב לציין שאופן הפעלת מלכודות ה-CDC כפי שהוא מתבצע כיום, עבר התאמה לצורכי מערך הניטור, ולא מן הנמנע ששינויים דומים במלכודות ה-BG יוכלו להפוך אותן בעתיד לכלי מרכזי יעיל יותר.



מלכודת מסוג BG (משמאל) יעילה יותר ממלכודת CDC (מימין) לרוב צורכי מערך ניטור היתושים בארץ | צילום: אהד אפיק

תודות

לד"ר חנה בין ולפרופ' אלה מנדלסון שהצביעו על פערים שבין התחלואה אצל בני אדם לבין הנתונים המתקבלים מהיתושים ועל מיעוט האיסופים מאזורים עירוניים. לפרופ' איתמר גרוטו, לד"ר ורד אגמון ולד"ר ישעיהו בר-אור על התמיכה במחקר, לשירלי אלבו על העזרה בנייתוח הנתונים, ולעמוס וילמובסקי על הערותיו.

מקורות

1. אורשן ל. 2011. המעבדות המרכזיות ירושלים דו"ח שנתי 2011. עמודים: 105–108.
2. סליטרניק צ. 1966. המלריה והדברתה בישראל. ירושלים: הוצאת דפוס רפאל חיים הכהן בע"מ.
3. קוסטא מ. 1978. חרקים נגד אדם. תל-אביב: הוצאת הקיבוץ המאוחד.
4. Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, et al. 2007. An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Eurosurveillance* **12**(36): pii:3260.
5. Becker N, Petric D, Zgomba M, et al. 2003. Mosquitoes and their control. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
6. Benedict MQ, Levine RS, Hawley L, and Lounibos LP. 2007. Spread of the tiger: Global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **7**: 76–85.
7. Burgess NRH and Chetwyn KN. 1983. Control of the salt-marsh mosquito *Aedes*

- detritus* using growth regulator hormone (Altosid SR 10). *International Pest Control* **25**: 74–75.
8. Cancrini G, Pietrobelli M, Frangipane Di Regalbono A, and Tampieri MP. 1997. Mosquitoes as vectors of *Setaria labiatopapillosa*. *International Journal for Parasitology* **27**: 1061–1064.
 9. Farajollahi A, Kesavaraju B, Price DC, et al. 2009. Field efficacy of BG-Sentinel and industry-standard traps for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and west Nile virus surveillance. *Journal of Medical Entomology* **46**: 919–925.
 10. Gjenero-Margan I, Aleraj B, Krajcar D, et al. 2011. Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Eurosurveillance* **16**(9): pii:19805.
 11. Gratz NG. 2004. Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology* **18**: 215–227.
 12. Haddad N, Mousson L, Vazeille M, et al. 2012. *Aedes albopictus* in Lebanon, a potential risk of arboviruses outbreak. *BMC Infectious Diseases* **12**: 300.
 13. Harbach RE. 1999. The identity of *Culex perexiguus* Theobald versus *Cx. univittatus* Theobald in southern Europe. *European Mosquito Bulletin* **4**: 7.
 14. Kitron U and Pener H. 1986. Distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in northern Israel: A historical perspective. *Journal of Medical Entomology* **23**: 182–187.
 15. Kitron U and Spielman A. 1989. Suppression of transmission of malaria through source reduction: Antianopheline measures applied in Israel, the United States and Italy. *Reviews of Infectious Diseases* **11**: 391–406.
 16. Kumar NP, Sabesan S, Krishnamoorthy K, and Jambulingam P. 2012. Detection of chikungunya virus in wild populations of *Aedes albopictus* in Kerala state, India. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **12**: 907–911.
 17. La Ruche G, Souares Y, Armengaud A, et al. 2010. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. *Eurosurveillance* **15**(39): pii:19676.
 18. Leshem E, Bin H, Shalom U, et al. 2012. Risk for emergence of dengue and chikungunya virus in Israel. *Emerging Infectious Diseases* **18**: 345–347.
 19. Luhken R, Pfitzner WP, Borstler J, et al. 2014. Field evaluation of four widely used mosquito traps in Central Europe. *Parasites & Vectors* **7**: 268.
 20. Majori G, Bettini S and Pierdominici G. 1977. Methoprene or Altosid for the control of *Aedes detritus* and its effects on some non-targets. *Mosquito News* **37**: 57–62.
 21. Meeraus WH, Armistead JS, and Arias JR. 2008. Field comparison of novel and gold standard traps for collecting *Aedes albopictus* in northern Virginia. *Journal of the American Mosquito Control Association* **24**: 244–248.
 22. Moutailler S, Krida G, Schaffner F, et al. 2008. Potential vectors of rift valley fever virus in the Mediterranean region. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **8**: 749–753.

23. Obenauer PJ, Kaufman PE, Kline DL, and Allan SA. 2010. Detection of and monitoring for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in suburban and sylvatic habitats in north central Florida using four sampling techniques. *Environmental Entomology* **39**: 1608–1616.
24. Orshan L, Bin H, Schnur H, et al. 2008. Mosquito vectors of west Nile fever in Israel. *Journal of Medical Entomology* **45**: 939–947.
25. Pages F, Peyrefitte CN, Mve MT, et al. 2009. *Aedes albopictus* mosquito: The main vector of the 2007 chikungunya outbreak in Gabon. *PLOS ONE* **4**: e4691.
26. Pener H, Wilamowski A, Schnur H, et al. 2003. *Aedes albopictus* in Israel. *European Mosquito Bulletin* **14**: 32.
27. Shalom U, Stav G, Perkin M, et al. 2009. The distribution and risk map of *Aedes albopictus* in Israel. In: Abstracts of the annual meeting of the Israel Society for Parasitology, Protozoology and Tropical Diseases; 27-28 Dec 2009; Ramat Gan, Israel. Abstract 2.
28. Tsetsarkin K, Higgs S, McGee CE, et al. 2006. Infectious clones of chikungunya virus (La Reunion isolate) for vector competence studies. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **4**: 325–337.
29. Weinberger M, Pitlik SD, Gandacu D, et al. West Nile fever outbreak, Israel, 2000: epidemiologic aspects. *Emerging Infectious Diseases* **7**: 686–691.