

בדיקת התנאים המעודדים התפתחות של עמידות לשיטת בלבול הזכרים בהלקטית הוורודה
בכותנה

**Condition promoting the evolution of "resistance" of the pink bollworm to mating
disruption technique in cotton fields.**

אלי הררי, הדס שטייניץ, ויקטוריה, המחלקה לאנטומולוגיה, מרכז וולקני aharari@agri.gov.il
אריאלה ניב ומיכל אקסלרוד, הנהלת ענף כותנה

תקציר

ההלקטית הוורודה (הזחל הוורוד) הינה מזיק מפתח בשדות הכותנה בארץ. מזה שנים רבות כל חלקות הכותנה בארץ מטפלות במזיק בשיטת "בלבול הזכרים", שיטת הדברה ידידותית לסביבה שהובילה לירידה משמעותית בשימוש בחומרי הדברה כנגד המזיק. עם זאת, בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית בגודל האוכלוסייה של המזיק והנזק שנגרם להלקטים. נבדקה השאלה אם חל שינוי בהרכב הפרומון של הנקבות. שינוי בהרכב הפרומון יכול להסביר את העלייה במספר ההזדווגויות וכתוצאה מכך את העלייה בגודל האוכלוסייה. הרכב הפרומון נבדק בנקבות שנאספו משלושה שדות כותנה שבהם התפרצה אוכלוסיית המזיק והשווה לפרומון של נקבות שגדלו במעבדה של רמי הורוביץ ולא נחשפו לפרומון סינטטי. לא נמצא הבדל מובהק בכמות הפרומון בבלוטות של הנקבות ממקורות השונים אבל נמצא הבדל מובהק ביחס שבין מרכיבי הפרומון בנקבות שנאספו בהחלקות כותנה שטופלו ב- 100 חוטים לדונם (עין שמר ונחשון) לבין הפרומון בנקבות הביקורת. לא נמצא הבדל מובהק ביחס שבין מרכיבי הפרומון של נקבות שנאספו מחלקת כותנה בה הוצבו הנדיפיות באיחור ובמינון של 50 חוטים לדונם בלבד לבין היחס שבין מרכיבי הפרומון בביקורת או זה של נקבות שנאספו בחלקות שטופלו ב- 100 חוטים לדונם. ניתן להסיק, באופן ראשוני, שאכן יש שינוי במרכיבי הפרומון של נקבות שנאספו מחלקות כותנה מבלבלות באופן מסורתי ולאורך זמן.

ההלקטית הוורודה, *Pectinophora gossypiella*, הינה המזיק החשוב ביותר בכותנה בעולם (Henneberry 1986) ובארץ (פורר 1989). בתחילת שנות ה-80 של המאה העשרים הוחל בארץ השימוש ב"שיטת בלבול הזכרים" כשיטת הדברה ידידותית לסביבה כנגד המזיק (Or et al. 1986; Kehat et al. 1999). בשיטת בלבול הזכרים פיזור פרומון המין הסינטטי של הנקבה בשדה גורם לירידה במספר הנקבות המזדווגות ומכאן להקטנת האוכלוסייה בדור הבא (Carde and Mink 1995). על הצלחת השימוש בשיטה זו תעיד התפשטות השימוש בה ל- 100% משדות הכותנה בארץ וההפחתה המשמעותית בשימוש בחומרי ההדברה הרעילים לסביבה (זרחנים אורגניים ופיריתרואידים) שחלה כתוצאה מיישום השיטה. עם זאת בשנים האחרונות חוזרים ונשנים הדיווחים על עלייה ניכרת ברמת האילוח של אוכלוסיות ההלקטית בשדות הכותנה ושוב עלה הצורך להשתמש בחומרי הדברה מקבוצות הזרחנים האורגניים והפיריתרואידים (Horowitz et al. 1995).
עלייה באוכלוסיית המזיק בשטח המטופל בשיטת בלבול הזכרים עשויה לנבוע ממספר גורמים:

- (1) סניטציה לקויה. בסוף העונה, הזחלים נכנסים לגבעולי הכותנה וההלקטים שנותרים בשדה. הגלמים, ששרדו את החורף בשדה מגיחים עם האביב והבוגרים מזדווגים מחוץ לשדה הכותנה או בתוכו לפני הצבת הפרומון לבלבול.
- (2) התפתחות עמידות לחומרי הדברה. שיטת בלבול הזכרים יעילה כאשר אוכלוסיית המזיק קטנה (אין מפגשים אקראיים בין הבוגרים). שמירה על גודל אוכלוסייה נמוך על ידי שימוש מועט בחומרי הדברה אינו יעיל בשל ההתפתחות של עמידות כנגד אותם חומרים.
- (3) התפתחות של עמידות להרכב הפרומון המסחרי המשמש לבלבול הזכרים. העש הלקטית וורודה הוא אוליגופאגי ובארץ ניזון בעיקר מכותנה. בארץ כל שדות הכותנה מטופלים בשיטת בלבול הזכרים, ולפיכך, כל העשים חסופים לפרומן הסינטטי. הפרומון הסינטטי קיים בשדה במשך כל עונת גידול הכותנה ומאפיל על הפרומון הטבעי של הנקבות, כך שהזכרים לא מאתרים את הנקבות הקוראות. אולם, ייתכן שכתוצאה מלחץ הברירה הטבעית למצא בן/בת זוג, הזכרים יאתרו נקבות שלהן פרומון שונה ולו במעט מהפרומון הסינטטי. נקבות אלו יטילו ביצים ולנקבות שיתפתחו יהיה פרומון דומה לזה של אימן. גם נקבות אלו יאתרו על ידי הזכרים ובמשך הזמן האוכלוסייה תגדל לרמה הגורמת לנזק כלכלי להלקטים.

תוצאות מחקר קודם (דוח מדען לשנת 2010 # 131-1494) שללו את האפשרות שהתפתחה עמידות חריגה כנגד חומרי ההדברה. התפרצות של המזיק במספר גדול של חלקות כותנה על אף ניהול סניטציה טובה העלו את החשד שהתפתחה עמידות להרכב הפרומון המשמש בשיטת בלבול הזכרים. תוצאות ממחקר קודם נוסף (במימון BARD) מחזקות השערה זו.

התפתחות של "עמידות" לשיטת בלבול הזכרים יכולה להתקיים כתוצאה מ: (1) שינוי כמותי- הגדלת כמות הפרומון הממוצע לנקבה, (2) שינוי איכותי – שינוי היחסים בין מרכיבים ידועים של הפרומון. כמות גדולה יותר של פרומון מאפשרת לנקבה "לצעוק" חזק יותר, מעל לריכוז הפרומון הסינטטי שמשחרר מהנדיפיות לבלבול. הכמות הגדולה של הפרומון מאפשרת לזכר לעקוב אחר שובל הריח של הנקבה, למצוא את הנקבה ולהזדווג עימה. מאידך, שינוי איכותי במרכיבי הפרומון יוביל לשחרור פרומון בשדה השונה מהפרומון הסינטטי. במידה ולתכונות הפרומון החדש (כמותית או איכותית) יש מרכיב תורשתי, אזי נקבות הנושאות את הפרומון "החדש" ייהנו מיותר מפגשים עם זכרים, ובמשך הזמן התכונה תתפשט באוכלוסייה ויעילות הבלבול תקטן (Shani and Clearwater 2001).

עד היום נמצאו רק שני מרכיבים בפרומון הנקבי של ההלקטית הוורודה, האיזומרים OAc - Z7, E 11 : OAc - 16 ו- OAc : Z7, Z 11-16 ביחס של 1:1 (Roelofs 1978). בהתאמה, בפרומון הסינטטי המשמש בשיטת בלבול הזכרים (Shin-Etsu Japan) נמצאים שני מרכיבי הפרומון ביחס של 1:1.

מטרת המחקר: לבדוק האם אכן חל שינוי ביחס שבין שני מרכיבי הפרומון באוכלוסיית השדה של ההלקטית הוורודה.

שיטות

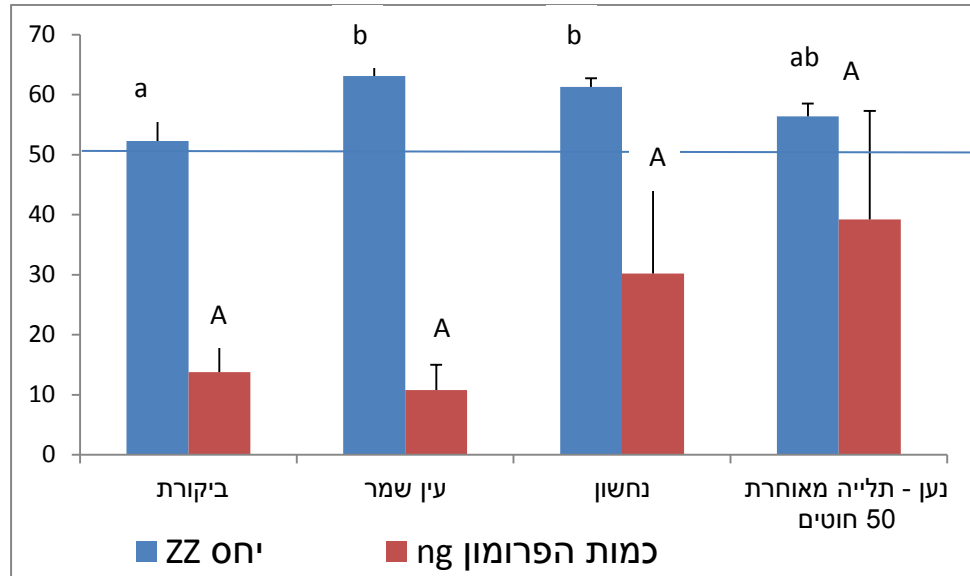
זחלים של ההלקטית הוורודה נאספו ממספר שדות כותנה שבהם אוכלוסייה גבוהה של המזיק. הזחלים הוצאו מההלקטים, מוינו לזכרים ונקבות והוכנסו לפי הזויג לקופסאות התגלמות. נקבות בוגרות הוכנסו, כל אחת בנפרד, למבחנות זכוכית עליהן נרשם יום הגיחה לבוגר. בגיל 3 ימים, בזמן המתאים לשיא ה"קריאה" של הנקבות, הושמו כל המבחנות בקרח. הקרח מונע מהנקבות לשנות את הרכב בלוטת הפרומון ומשמר את איכות הפרומון בזמן שיא הקריאה. בלוטת הפרומון הוצאה מהנקבה והושמה במבחנת זכוכית עם ממס. כל הבלוטות נשלחו למעבדתו של Russel Jurenka באוניברסיטה של Iowa בארצות הברית לאיפיון המרכיבים וכמותם ב-GC.

כביקורת שימשו נקבות של ההלקטית הוורודה מגידול מעבדה (למעלה מ-30 שנה, אצל רמי הורוביץ) שלא נחשפו לפרומון הסינטטי המשמש לבלבול. בלוטות הפרומון של נקבות הביקורת נלקחו מהנקבות באותו גיל ובאותו פרק זמן בו נלקחו הבלוטות של הנקבות מהשדה. כמות הפרומון והיחס בין המרכיבים של נקבות אלה הושווה לתכונות הפרומון בבלוטות הנקבות שנאספו מהשדה.

תוצאות ודיון

למקור הנקבות (שדה או מעבדה) לא היתה השפעה על כמות הפרומון בבלוטות של נקבות בתולות בנות 3 ימים. כמות הפרומון הייתה דומה בנקבות שגדלו במעבדה מזה שנים רבות ללא חשיפה לפרומון לבלבול ובנקבות שנלקחו מחלקות הכותנה שבהן הייתה התפרצות של אוכלוסיית המזיק. מאידך בבדיקת היחס שבין שני המרכיבים של הפרומון עולה כי ליישום שיטת ההדברה יש השפעה משמעותית על יחס המרכיבים של הפרומון. יחס המרכיבים של הפרומון של נקבות הביקורת, שלא היו חשופות לפרומון לבלבול, נמצא קרוב ל 1:1, מאידך, יחס המרכיבים של הפרומון בחלקות כותנה לבלבול של 100 חוטים לדונם (עין שמר ונחשון) נמצא מוטה בשתי החלקות לכמות גדולה יותר של המרכיב ZZ מאשר זה של המרכיב השני, ZE. יחס המרכיבים של הפרומון בתכשיר המסחרי של בלבול הזכרים (Shin – Etsu) הוא 1:1. יחס זה מבטא את הממוצע של הפרומון של נקבות באוכלוסיית שדה. השינוי שחל ביחסים שבין המרכיבים בבלוטות הפרומון של נקבות בחלקות מבולבלות עשוי להצביע על שינוי ביחס שבין המרכיבים של הפרומון בחלקות כותנה כתוצאה משמוש חוזר ונשנה של שיטת בלבול הזכרים. היחס שבין המרכיבים בחלקת הכותנה בנען לא היה שונה במובהק מ 1:1 אך גם לא שונה מיחס המרכיבים בחלקות המבולבלות. בחלקה זו, בנען, יוּשמו חוטי הפרומון מאוחר יחסית לעונה ובמינון מוקטן של 50 חוטים לדונם בלבד. הקשר (אף כי נובע מתוצאות של שדה אחד בלבד) שבין מינון נמוך וההצבה המאוחרת של הפרומון לבלבול לבין ההטיה הנמוכה (שאינה מובהקת) ביחסים שבין מרכיבי הפרומון, מרמז על האפשרות כי בחלקה זו, בשל המינון נמוך והתליה המאוחרת של הפרומונים, הזכרים הצליחו לאתר את הנקבות "הרגילות", שלהן יחס 1:1 בין מרכיבי הפרומון ויחס זה בהיותו מורש נשמר באוכלוסייה. יחד עם זאת, תלייה של 50 חוטים גרמה למיסוך חלקי של הנקבות שלהן יחס מרכיבים דומה לזה של הפרומון הסינטטי. לכן, חלק מהנקבות לא נמצאו על ידי הזכרים ולא הזדווגו. ייתכן, אם כן, שבתוך שדה הכותנה בנען, במקומות בהם לא נמצא פרומון בריכוז מתאים, הזכרים הזדווגו עם נקבות שלהן פרומון ביחס מרכיבים של 1:1 ובמקומות שבהם שיטת הבלבול עבדה,

הזכרים אתרו נקבות שלהן יחס מרכיבים שונה מזה של הפרומון הסינטטי. לפיכך נמצאו באוכלוסייה בסוף העונה נקבות שלהן יחס מרכיבים של 1:1 יחד עם נקבות שיחס המרכיבים בפרומון שלהן מוטה לטובת המרכיב ZZ (איור 1).



איור 1. העמודות הכחולות מתארות את שיעור המרכיב ZZ בתוך בלטות הפרומון (ZE+ZZ). העמודות האדומות מתארות את כמות הפרומון ב ng בתוך בלטות הפרומון של הנקבות באוכלוסייה הביקורת (מעבדה, רמי הורוביץ), עין שמר (100 חוטים לדונם), נחשון (100 חוטי מלדונם) ונען (תלייה מאוחרת 50 חוטים לדונם) (2-tailed t-test, with lab strain using for comparison for each test ($P < 0.05$)).

ממחקר זה עולה האפשרות שהתרחש שינוי ביחס המרכיבים בפרומון של נקבות ההלקטית הוורודה בשדה כותנה מבלבל. שדות כותנה בארץ מטופלים מזה שנים רבות בפרומון לבלבל הסינטטי. יחס מרכיבי הפרומון הסינטטי הוא 1:1 והזכרים לא מזהים (כצפוי) את הנקבות שלהן פרומון עם יחס מרכיבים דומה. נקבות אלו לא מזדווגות ואין להן צאצאים ואוכלוסיית המזיק קטנה. עם זאת, באוכלוסיית המזיק יש שונות ביחסים שבין מרכיבי הפרומון. לחלק קטן מהנקבות יש פרומון שיחס המרכיב ZZ בו נמוך יותר ולחלק אחר מהנקבות יש פרומון שיחס המרכיב ZZ נמוך יותר (Lofstedt 1990). במחקר קודם (במימון BARD) נמצא שיחס מרכיבי הפרומון של נקבות צעירות וגדולות (שלהן הצלחה רבייתית גדולה יותר) מוטה לטובת מרכיב ZZ ולא זו בלבד אלא שזכרים מזהים את הנקבות האלה על פי הפרומון שלהן ומעדיפים אותן על פני נקבות מבוגרות וקטנות. בשדה מבלבל הזכרים, כאמור, לא מזהים את הנקבות ה"ממוצעות" שיחס מרכיבי הפרומון שלהן הוא 1:1, אבל כן מזהים את הנקבות שלהן פרומון שונה ביחס מרכיביו לשני הכיוונים - יותר או פחות בפרומון. הזכרים מעדיפים את הנקבות הגדולות והצעירות המאופיינות בפרומון שבו יותר ZZ ובדור הבא שיעורן באוכלוסייה יעלה. שיעור הנקבות שלהן פרומון מוטה גדל באוכלוסייה עם הזמן והנזק להלקטים הולך וגדל על אף הטיפול בפרומון המסחרי לבלבל.

במחקר קודם גידלנו במעבדה נקבות וזכרים מאוכלוסיית שדה מבולבל (עין שמר) בשני טיפולים: באחד נשמרה שיטת הבלבול עלי ידי חוטי בלבול שנתלו בחדר הגידול ואילו בטיפול השני גדל המזיק ללא חוטי בלבול. לאחר מספר דורות נבדק יחס מרכיבים של הפרומון בשני הטיפולים ונמצא כי בטיפול עם חוטי הבלבול יחס המרכיבים נשאר מוטא לטובת ZZ בעוד בהעדר הפרומון הסינטטי, יחס המרכיבים לא היה שונה מ-1:1 (52.9 ± 2.5). ניסוי זה שנערך פעם אחת בלבד, מצביע על האפשרות שיחס המרכיבים של הפרומון באוכלוסייה שאינה מבולבלת נוטה לשוב להיות 1:1. תוצאות אלו יחד עם התוצאות בחלקת הכותנה בנען מעודדות ומצביעות על האפשרות להחזיר את היעילות של שיטת הבלבול לקדמותה על ידי שינוי בשיטת היישום של חוטי הבלבול.