

בחינת האפשרות של פיתוח עמידות אצל נקבות כנגד "שיטת בלבול הזכרים"

דו"ח לשנת 2008

תוכנית מחקר מספר 131-1358-08

מוגשת לקרן לגידול פירות בממשק ידידותי

ע"י

אלי הררי ודבורה גורדון – מרכז וולקני

תירצה זהבי - שה"מ

Ally Harari, Dvorah Gordon, Entomology, Volcani Center

Tirtza Zahavi, MOAG

מרץ 2009

הממצאים בדוח זה הינם תוצאות ניסויים

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

אלי הררי

א. הררי

תקציר

הצגת הבעיה

בשיטת "בלבול הזכרים" האווירה בשדה המבולבל רוויה בפרומון המין של הנקבה, הזכר מתקשה לאתר את הנקבה, יש פחות הזדווגויות, פחות ביצים מוטלות ומידת הנזק ליבול פוחתת. החשיפה הקבועה של זכרים ונקבות לפרומון עשוייה להוביל להתפתחות שינויים בפרומון, אם בהרכבו ואם בכמות המיוצרת על ידי כל נקבה מצד אחד, ולהשפיע על ההישרדות של הנקבה מצד שני. בעוד ששינוי בפרומון, עשוי להוביל למפגשים תכופים יותר עם הנקבה ולכישלון ההדברה, השפעת הפרומון על ההישרדות של הנקבה עשוי להוביל לתמותה מהירה יותר של נקבות החשופות לפרומון עוד בטרם סיימו להטיל את מלאי הביצים. המחקר בשנה זו בא לבחון את ההשפעה שיש לחשיפה לפרומון המין של עש האשכול על הנקבה.

מהלך ושיטות העבודה

במשך ארבעה ערבים הושוה קצב ה"קריאה" (שחרור פרומון וקריאה לזכרים להזדווגות) של נקבות החשופות לפרומון סינטטי, כנהוג במשטר בלבול, לקצב הקריאה של נקבות בחלקת הביקורת בכרם מסחרי בגשור. שאלה זו נבדקה גם במעבדה כאשר הנקבות נחשפו ל- 5 נקבות ("בלבול") או שהו לבדן בכלי (ביקורת). השפעה של הפרומון על הישרדות הנקבות נבדקה אף היא במעבדה כאשר נקבות נחשפו לפרומון של 4 או 9 נקבות נוספות (בלבול) או שהו לבדן (ביקורת). כל יום נספרו הנקבות ששרדו.

תוצאות עיקריות

נקבות עש האשכול שנחשפו לפרומון סינטטי התחילו לקרא מוקדם יותר מהנקבות בכרם הביקורת, יותר נקבות קראו ולמשך זמן רב יותר, במשך הערב. במעבדה, נקבות שנחשפו ביומן הראשון לפרומון של 5 או 10 נקבות (בלבול) התחילו לקרא מוקדם יותר וקראו לאורך זמן רב יותר מנקבות שהו לבדן (ביקורת). ביום השני לניסוי לא נמצא הבדל שיעור הנקבות הקוראות או בזמן הקריאה בין שני הטיפולים, אולם ביום החמישי לקריאה נקבות שהיו חשופות לפרומון של נקבות אחרות קראו פחות מהנקבות שהו בכלי לבדן.

מסקנות והמלצות

נקבות עש האשכול מגיבות לנוכחות של פרומון מנקבות אחרות או פרומון סינטטי על די הגברת הפעילות. הגברת הפעילות היא כנראה תוצאה של תחרות בין הנקבות על הזכרים. כתוצאה מהגברת הפעילות של הנקבות המתחרות הן משחררות יותר פרומון וקוראות יותר זמן, דבר המשפיעה על ההישרדות שלהן. נקבות שהיו חשופות לפרומון (בלבול) שרדו פחות שמן מנקבות שנמצאו לבדן (ביקורת). מותן המוקדם של הנקבות יכול להוביל לירידה במספר הביצים המוטלות ולפיכך, מעודד את ההצלחה של השימוש בפרומון לבלבול כאמצעי הדברה של העשים.

מבוא ותיאור הבעיה

בשיטת בלבול הזכרים, שיטת הדברה ידידותית לסביבה, מוצף השדה בנדיפיות המכילות את פרומון המין הנקבי של המזיק (Carde and Minks 1995). שיטה זו פועלת בישראל מאז שנות ה-80 בשדות כותנה בהם בולבלו זכרים של הזחל הוורוד ומאז ראשית שנות ה-90 בכרמים בהם בולבלו זכרים של עש האשכול (Gordon et al. 2003; Gordon et al. 2005). מאז החל השימוש בשיטת בלבול הזכרים יש דיווחים נקודתיים על כישלון ההדברה או ירידה ביעילותה. דיווחים אלו באים בעיקר מחלקות כותנה וכרם בהן יש שימוש בשיטת הבלבול מספר רב של שנים. הכישלון, או פחיתה ביעילות ההדברה, עשויים לנבוע מתנאים מקומיים שעודדו אוכלוסייה גבוהה של המזיק, כמו הדברה לקויה בשנה החולפת, העדר סניטציה (בכותנה), חזירה של נקבות מזווגות מחלקות סמוכות שאינן מטופלות וכדומה. כתוצאה מכך גדלה האוכלוסייה של המזיק לרמה שבה מפגשים אקראיים בין הזכרים והנקבות אינם מאפשרים את הקטנת האוכלוסייה. אולם, כישלון בהדברה או פחיתה ביעילות השיטה עלולים לנבוע גם מהתפתחות עמידות לשיטת ההדברה. עמידות לשיטת בלבול הזכרים עלולה להתבטא בתגובה חיובית של הזכרים אל הפרומון, על אף פיזור הפרומון בשטח, אם לנקבות מסוימות מאותו מין פרומון השונה ולו במעט מהפרומון שבשימוש לבלבול.

שני סוגים של שינויים בפרומון עשויים להשפיע על הסיכוי של הזכר לאתר נקבה בשדה מבולבל:

1. ייצור רב יותר של פרומון – נקבות כאלו "צועקות" חזק יותר מכלל הנקבות בשדה, "קולן" עשוי לבלוט בתוך השדה המבולבל ולהיקלט על ידי הזכרים שיאתרו אותן ויזדווגו.
2. שינוי היחס בין מרכיבים שונים של הפרומון. נקבות כאלו, משתמשות בפרומון שונה בהרכבו במעט מהיחס המקובל בפרומון המסחרי ולכן הפרומון שלהן בולט על פני הפרומון בשדה ומאותר בקלות על ידי הזכרים. מאידך, ייתכן שגם הנקבות מגיבות לרווייה של הפרומון בשטח המבולבל. לאחרונה יש עדויות לכך שהנקבות של מספר עשים, מזדווגות גם בשדה "מבולבל". כמו כן נמצא במגוון עשים שהנקבות מסוגלות לקלוט את פרומון המין (אם סינטטי ואם מיוצר על ידי נקבות אחרות מאותו מין) (Light and Birch 1979), ולהגיב אליו התנהגותית (Dunkelblun and Kehat 1987; Lim and Greenfield 2007). ייתכן שהתנהגות הנקבות מעודדת פגישה בין הזכרים והנקבות (הגדלת הסיגנל), או דוחפת להטלה מוגברת של הנקבות תחת משטר הבלבול. במקרה כזה היעילות של שיטת הבלבול תקטן ואוכלוסיית המזיק לא רק שלא תצטמצם אלא אפילו צפויה לגדול.

בשנתיים הראשונות של המחקר נבדק אם גודל הנקבות משפיע על כמות הפרומון (הצעקה) שכל נקבה משחררת בחלון הזדווגות אחד ובאם יחס המרכיבים של הפרומון משתנה עם גודל הנקבה (דוח לקרן המדען ראשי 2006). המחקר בשנה זו (2008) בא לבדוק את השפעת הפרומון בשדה מבולבל על התנהגות הנקבות.

מטרת העבודה

בדיקת האפשרות של התפתחות עמידות לשיטת בלבול הזכרים על פי התנהגות הנקבות: (1) השוואת אחוז הנקבות המזווגות בשדה "מבולבל" לעומת שדה שאינו תיחת משטר פרומון של "בלבול הזכרים". (2) השפעת הפרומון על התנהגות הנקבות בשדה תחת משטר בלבול לעומת התנהגותן בשדה תחת משטר הדברה קונבנציונאלי. (3) השפעת הפרומון על התנהגות הנקבות במעבדה.

שיטות וחומרים

1. השוואת אחוז הנקבות המזווגות בשדה "מבלבל" לעומת שדה שאינו תחת משטר פרומון של "בלבול הזכרים".

לצורך ההשוואה נבחרו שלושה זוגות כרמים ברמת הגולן: ביונתן, אודם ומבא חמה. בכרמים של יונתן ואודם-חלק מהכרם אורגני ונמצא במשטר בלבול מזה כמה שנים וחלקו מטופל כימית, במבוא חמה הופעל השנה לראשונה משטר "בלבול" והוא הושווה לכרם סמוך השייך למושב כנף – כרם תחת משטר קונבנציונאלי, ללא בלבול. בכל חלקה הונחו 3 מלכודות ובהן פיתיון מזון של שמרים וסוכר (הנקבות לא נמשכות לפרומון המין). מספר הנקבות שנלכדו נבדק באותם ימים, במשך מספר תאריכים שונים, הנקבות נלקחו למעבדה והושמו בכלוב עם מצע הטלה ולאחר מותן נבדקה מערכת המין לאיתור ספרמטופור. ספרמטופור הוא שק הזרע אותו מעביר הזכר לנקבה בזמן ההזדווגות והוא נותר בתוך מערכת המין כל חיי הנקבה. בשיטה זו ניתן גם לראות אם נקבה נותרה בתולה או הזדווגה פעם אחת או יותר.

2. השפעת הפרומון על התנהגות ה"קריאה" הנקבות בשדה תחת משטר בלבול לעומת התנהגותן בשדה תחת משטר הדברה קונבנציונאלי.

נקבות עש האשכול משחררות פרומון ו"קוראות" לזכרים החל משקיעת השמש למשך כשעה. פעולת ה"קריאה" מתרחשת לסירוגין במשך הדמדומים כאשר הנקבות נעמדות בתנוחה אופיינית וזוקרות את בלוטת הפרומון מתוך חלל הגוף החוצה. התנהגותן של נקבות צעירות בנות יומיים-שלושה נבדקה במשך ארבעה ערבים בחלקת ענבי יין בגשור. בתוך הכרם הוגדרה חלקת בלבול, בת דונם אחד, בה נתלו חוטי פרומון בריכוז של 75 חוטים לדונם (Shin Etsu), ריכוז המקובל בכרמים מסחריים תחת משטר של "בלבול זכרים". בקצהו המרוחק של אותו כרם, במרחק של כ- 1000 מטר ממקום ה"בלבול" נקבע מקטע ובו נערך טיפול הביקורת, ללא פרומון. בכל אחד מהמקטעים (בלבול וביקורת) הונחו 15 נקבות כמחצית השעה לפני השקיעה. הנקבות (אחת בכל גליל) נמצאו במבחנת פלסטיק שקופה, פתוחה משני קצותיה למעבר אויר. בכל אזור נמצא דוגם אחד שהסתכל על התנהגות הנקבות מרגע התחלת הקריאה ועד לרדת החשכה, כאשר לא ניתן היה להבחין בבלוטת הפרומון הזקורה החוצה.

3. השפעת הפרומון על התנהגות הנקבות במעבדה.

(א) השפעת הפרומון של נקבות עש האשכול על זמן הקריאה של נקבות מאותו מין נבדקה במעבדה מעט לפני שקיעת השמש. בכלי פלסטיק 250 סמ"ק נבדקה ההתנהגות של נקבה בתולה בת יום אחד. כל נקבה לעיל נחשפה לאחד משני טיפולים: טיפול הפרומון, בו הוכנסו לכלי הפלסטיק 5 מבחנות כשבכל אחת מהן נקבה אחת, בתולה בת יום אחד (N=23). המבחנה נסגרה בנייר שעווה מחורר למעבר הפרומון אל כלי הפלסטיק בו נמצאה הנקבה שבמבחן. בטיפול הביקורת הושמו יחד עם הנקבה שבמבחן 5 מבחנות ריקות שכל אחת מהן סגורה בנייר שעווה מחורר (N=20). התצפית על התנהגות הנקבה החלה רגעים ספורים לפני שקיעה ונמשכה עד שלא ניתן היה להבחין בבלוטת הפרומון הזקורה, שמעידה על שחרור פרומון, פעילות אופיינית של "קריאה" לזכר. הנקבות נשארו בתוך הכלים חמישה ימים רצופים והתצפית נערכה ביום הראשון, השני

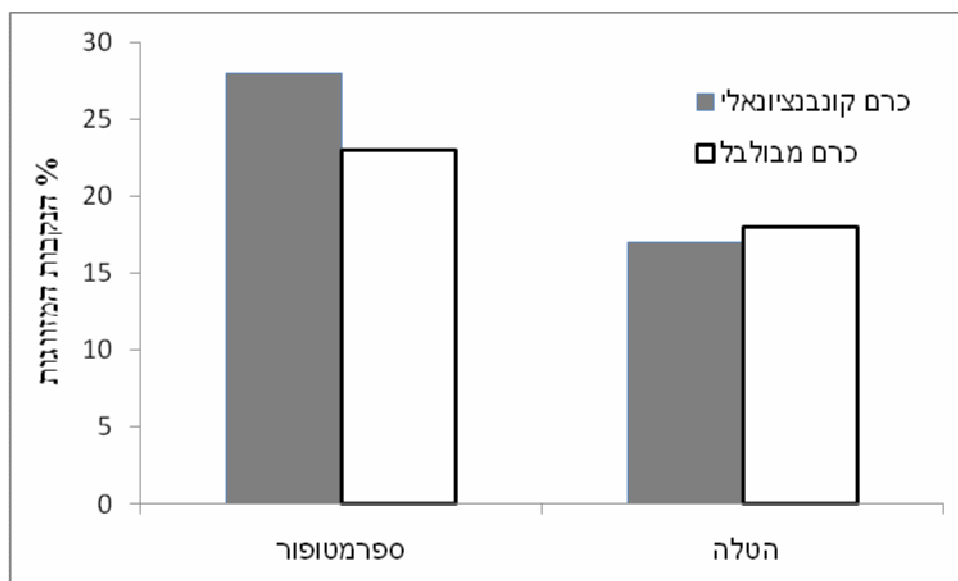
והחמישי, כלומר כאשר הנקבות היו בנות יום אחד, יומיים וחמישה ימים שבמהלכם נחשפו כל ערב לאותו טיפול.

(ב) השפעת הפרומון על הישרדות הנקבות. השפעת הפרומון של 5 ו-10 נקבות על הישרדות הנקבות נבדקה במעבדה. במבחנות זכוכית הושמו נקבות בתולות בנות יום אחד, נקבה אחת בכל מבחנה. בטיפול הפרומון, נסגרו המבחנות בפיסת נייר שעווה מחוררת, ו-5 מבחנות (טיפול 1, N=10 סה"כ 50 נקבות) או 10 מבחנות (טיפול 2, N=5 סה"כ 50 נקבות) הוכנסו לכלי זכוכית אטום. בטיפול 1 כל הנקבות בכלי נחשפו מדי ערב לפרומון שלהן ושל 4 נקבות נוספות. בטיפול 2 כל נקבה נחשפה לפרומון של עצמה ושל עוד 9 נקבות נוספות. כביקורת שימשו נקבות במבחנות שנאטמו בנייר שעווה ללא חורים בכלי זכוכית אטום (N=49). כל נקבה בטיפול הביקורת נחשפה רק לפרומון של עצמה. בכל יום נבדקו הנקבות בכל מבחנה. נקבה שמתה הורחקה מהניסוי והוחלפה בנקבה חדשה. הנקבה החדשה לא לקחה חלק בניתוח הניסוי ושמשה רק כמקור לפרומון כדי להבטיח רמת פרומון קבועה של 5 או 10 נקבות בטיפול והחליפה נקבה בכלי סגור בביקורת.

תוצאות

1. השוואת אחוז הנקבות המזווגות בכרם "מבולבל" לעומת כרם שאינו תיחת משטר פרומון של "בלבול הזכרים".

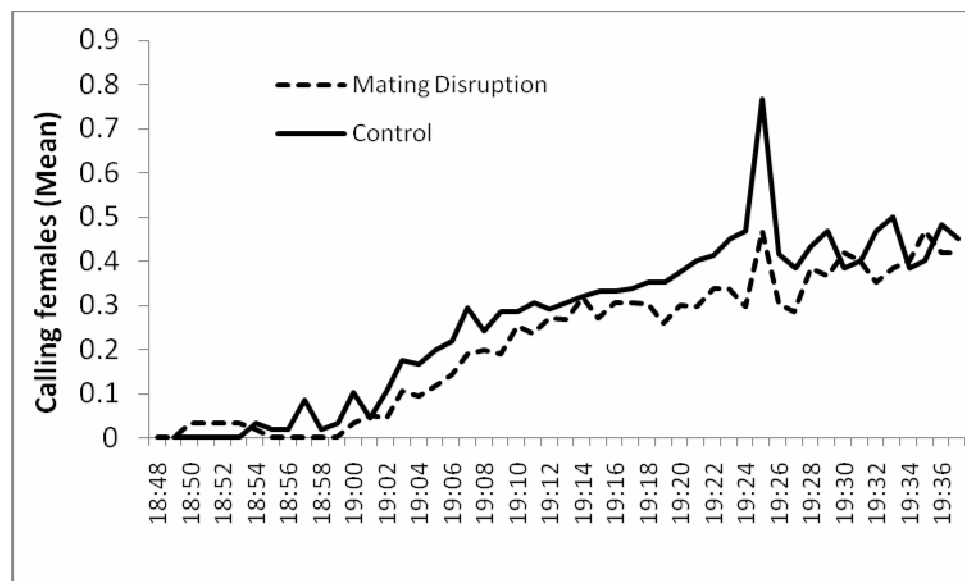
בסך הכל נלכדו 122 נקבות בכרמים הקונבנציונאליים ו-60 נקבות בכרמים ה"מבולבלים", רובם בכרם מבוא חמה שבולבל השנה לראשונה, ואוכלוסיית המזיק עדיין ברמה גבוהה. לא נמצא הבדל בין אחוז הנקבות שהטילו בכרם המבולבל לעומת מספר המטילות שמקורן בכרם הקונבנציונאלי. כמו כן, לא נמצא הבדל בין מספר הנקבות המזווגות בכרם המבולבל לעומת מספרן בכרם הקונבנציונאלי (איור 1). גיל הנקבות שנלכדו ומצבן הרבייתי אינו ידוע אולם שיעור הנקבות ה"מזווגות" גבוה יותר מזה של המטילות, דבר מצביע על לכידה של נקבות מבוגרות שגמרו את מלאי הביצים לפני לכידתן.



איור 1. אחוז הנקבות המזווגות (בעלות ספרמטופור) בכרם מבולבל וכרם במימשק הדברה קונבנציונאלי ואחוז הנקבות שהטילו בכל אחד מטיפולי ההדברה.

2. השפעת הפרומון על התנהגות ה"קריאה" של הנקבות בכרם תחת משטר בלבול לעומת התנהגותן תחת משטר הדברה קונבנציונאלי.

בכל ארבעת הלילות נצפתה התנהגות דומה של הנקבות ולפיכך אוחדו הנתונים למערך סטטיסטי אחד (N=32, $f=1.11$, $P>0.05$). הנקבות תחת משטר בלבול החלו "לקרא" מספר דקות לפני הנקבות במשטר ההדברה ללא פרומון. אולם, עם הזמן פחת קצב הקריאה של הנקבות בחלקת הבלבול לעומת קצב הקריאה של הנקבות בכרם הביקורת, ללא פרומון. התנהגות זו נמשכה עד שלא ניתן היה יותר להבחין בתנוחת ה"קריאה" של הנקבות (השוואת השטח מתחת לעקומה $f=7.4$, $P=0.01$, N=32) (איור 2).

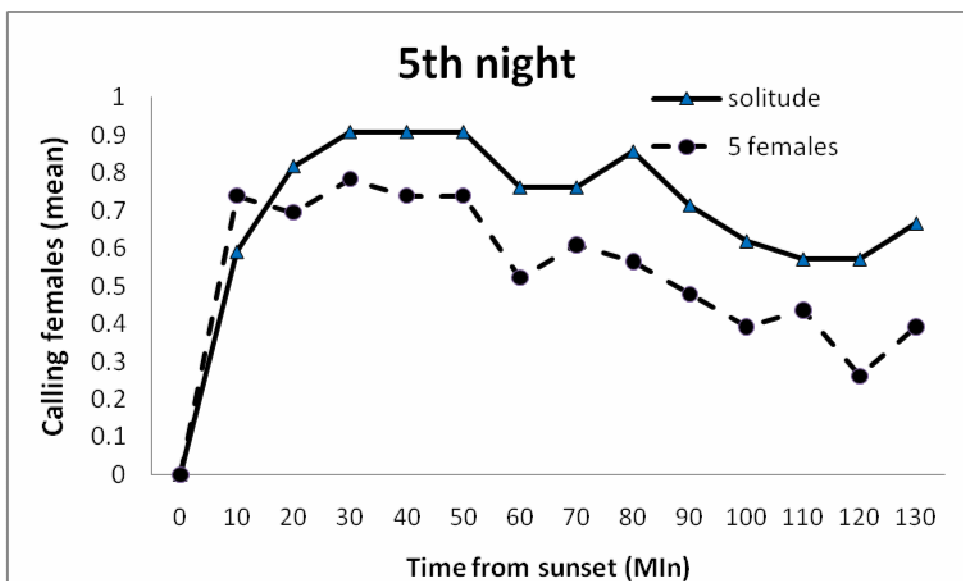
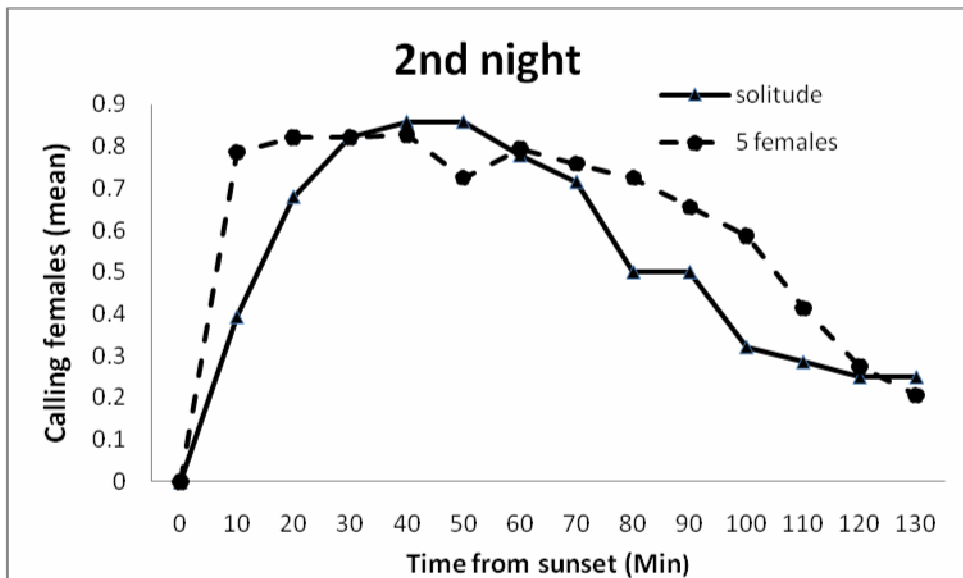
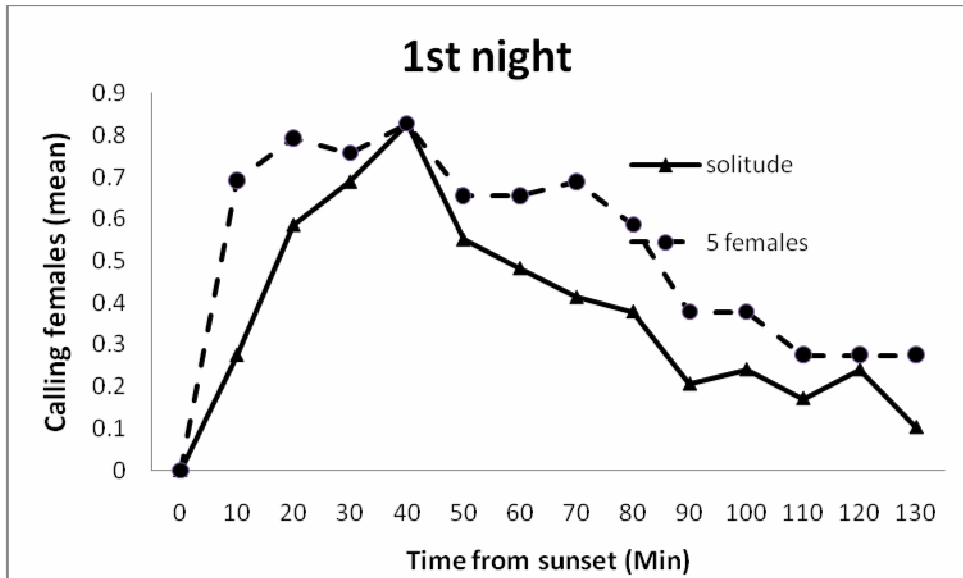


איור 2. השיעור הממוצע של נקבות שקראו בכרם תחת השפעת הפרומון לעומת כרם ללא פרומון.

3. השפעת הפרומון על התנהגות הנקבות במעבדה.

(א) זמן הקריאה של הנקבות.

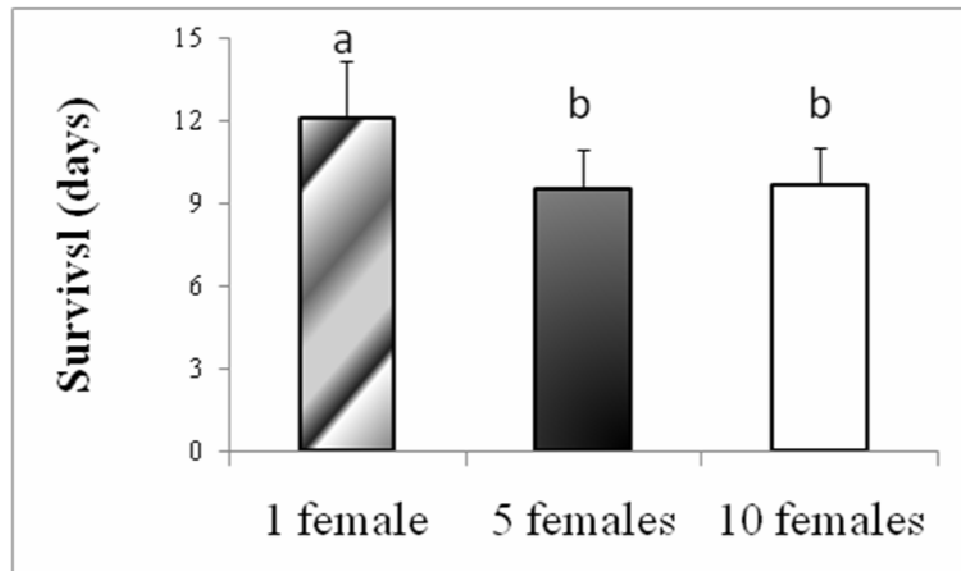
הנקבות בניסוי זה היו בנות יום אחד כאשר נחשפו לפרומון לראשונה. ביום הראשון הנקבות בקבוצה (חשופים לפרומון) החלו לקרא מוקדם יותר, קראו בקצב גדול יותר והפעילות דעכה לאט יותר מאשר הנקבות שלא נחשפו לפרומון של נקבות אחרות (השטח מתחת לעקומה T -test: $t=2.03$, $d.f.=56$, $P=0.047$). בערב היום השני, הנקבות בקבוצה החלו לקרא מוקדם יותר מהנקבות שלא היו חשופות לפרומון, אך לאורך זמן הקריאה לא נמצא הבדל בין שתי הקבוצות (T -test: $t=1.11$, $d.f.=56$, $P>0.05$). בערב היום החמישי הנקבות בקבוצה החלו לקרא באותו וזמן בו קראו הנקבות הבודדות וקצב הקריאה שלהם דעך מהר יותר מזה של הנקבות שלא היו חשופות לפרומון של נקבות אחרות (T -test: $t=2.35$, $d.f.=41$, $P=0.02$) (איור 3).



איור 3. שיעור הנקבות שקראו בקבוצה או לבדן.

(ב) השפעת הפרומון על הישרדות הנקבות.

נקבו שנמצאו לבדן במבחנה ולא נחשפו לפרומון של נקבות אחרות (מאותו מין) שרדו זמן רב יותר מאשר הנקבות שנחשפו לפרומון (5 ו-10 נקבות). לא נמצא הבדל מובהק בין אורך החיים של נקבות שנחשפו לפרומון של 5 או 10 נקבות מאותו מין (Anova, $f_{2,146}=37.24$, $P<0.001$, Tukey comparison) ($p<0.05$) (איור 4).



איור 4. אורך החיים של נקבות שנחשפו לפרומון של נקבות אחרות (5 או 10 נקבות) ונקבות שנחשפו לפרומון של עצמן בלבד.

דיון

המחקר בשנה זו בא לבדוק את השפעת הפרומון על הנקבות (על השפעת הפרומון על הזכרים ראה דוח לקרן המדען לשנים 2005 ו-2006). בבדיקת שיעור הנקבות שהזדווגו בחלקות כרם שבהן יושמה שיטת הבלבול בהצלחה מזה כמה שנים לעומת שיעורן בחלקות כרם בהן לא יושמה שיטת "בלבול" הזכרים ונקטה הדברה כימית קונבנציונאלית, עולה כי שיעור הנקבות המזווגות בשני סוגי הטיפול דומה. מכאן, אנו למדים שגם אם קצב ההזדווגות איטי יותר בחלקות מבולבלות (לזכרים קשה לאתר את הנקבה), הרי שבמשך הזמן הזכרים מאתרים את הנקבות ואכן מתרחשת הזדווגות. תופעה זו ידועה ותופסת גם באזורים חקלאים שבהם שיטת הבלבול מצליחה לאורך זמן (Carde and Minks 1995), ועד כה הוסברה בעיכוב שחל במועד ההזדווגות. בשל גילן המאוחר של הנקבות מספר הביצים המוטלות קטן יותר וחיוניותן נמוכה יותר. מתוצאות מחקר זה עולה כי ההצלחה בשיטת הבלבול נובעת גם מההשפעה השלילית שיש לפרומון על חיוניותן של הנקבות. בבדיקת זמן ה"קריאה" של הנקבות בכרם "מבולבל", תחת השפעת פרומון המין של הנקבה, נראה כי הנקבות בכרם ה"מבולבל" החלו לקרא מוקדם יותר מאשר הנקבות בחלקות הביקורת, אולם עם חלוף הזמן נקבות אלו "התעייפו" וקצב הקריאה שלהם פחת, יחסית לזה של הנקבות בביקורת. חיזוק לתופעה זו נמצא בניסוי מעבדה בו זמן הקריאה וקצב הקריאה של נקבות ששהו יחד עם נקבות אחרות (השפעה של הפרומון) הושאו לאלו של

נקבות שנמצאו לבדן (ביקורת, ללא פרומון). בניסוי זה נמצא כי נקבות בנות יום, שלא חוו פרומון קודם לכן, הקדימו לקרא בהשוואה לנקבות שהיו לבדן. דבר זה מצביע על תחרות בין הנקבות, מרגע שנקבה ראשונה קוראת מצטרפות אליה הנקבות האחרות. תופעה זו נצפתה בחרקים אחרים וכונתה "מקהלה" (Lim and Greenfield 2007). בהמשכה של פעילות "המקהלה" הנקבות ממשיכות את התחרות בניהן לאורך זמן, כאשר יותר נקבות קוראות ולאורך זמן רב יותר בהשוואה לנקבות שנמצאו לבדן. אולם, לקצב "הקריאה" המוגבר של נקבות ה"מקהלה" יש, כנראה, מחיר שבא לביטוי בדעיכה של קצב הקריאה וזמן הפעילות בערבים הבאים. בהתאם לכך, ביום השני ל"תחרות" לא נראה הבדל מובהק בקצב הקריאה של הנקבות ב"מקהלה" לבין הנקבות שנמצאו לבדן ואילו ביום החמישי נקבות ה"מקהלה" קראו באופן מובהק פחות מאשר הנקבות ששהו לבדן ולא הושפעו מהפרומון של נקבות שכנות. המחיר שיש לקריאה המוגברת של הנקבות במקלה בא לידי ביטוי במשך ההישרדות של הנקבות. נקבות ששהו עם נקבות אחרות והיו חשופות לפרומון שרדו פחות זמן מנקבות שהיו לבדן. לא נמצאה השפעה גדולה יותר של הפרומון שמקורו ב-10 נקבות לעומת זה של 5 נקבות ונראה כי מספר קטן של נקבות (כמות פרומון מועטה יחסית) מספיק כדי לגרום לתופעה. נראה שקיומן של נקבות אחרות, הבא לידי ביטוי בריכוז הפרומון באויר, מעודד נקבות אחרות לייצר ולהפריש פרומון כדי להתחרות על הזכרים. נקבה ששהתה לבד, ללא תחרות עם הנקבות האחרות, לא הוצרכה להגדיל את כמות הפרומון כדי להתחרות בנקבות אחרות בסביבתה על ההזדווגות עם הזכרים שמגיעים מרחוק אל הפרומון. ייצור הפרומון והפרשתו, או הפעילות האנרגטית של עצם ה"קריאה" גבו מחיר שהתבטא במשך החיים של הנקבות ונקבות ש"קראו" יותר מתו מהר יותר מנקבות ש"קראו" פחות. בשטח "מבולבל" בו כמות הפרומון גדולה, הנקבות מתחילות לקרא מוקדם בכל ערב וקצב הקריאה מוגבר לאורך כל חלון הפעילות. כתוצאה מכך הנקבות שנמצאות תחת משטר בלבול שורדות פחות זמן ולכן מטילות פחות ביצים. שילוב תוצאות אלו, תמותה מהירה יחד עם העובדה שהנקבות במשטר של בלבול מזדווגות בגיל מאוחר יותר (הזכר מתקשה לאתר את הפרומון של הנקבה כאשר הוא ממוסך בפרומון הסינטטי) מוביל למספר קטן יותר של הביצים המוטלות וירידה בגודל אוכלוסיית המזיק. תופעה זו, בה שיטת בלבול הזכרים מובילה להקטנת האוכלוסייה, פועלת בניגוד לתוצאות שהתקבלו מתוצאות המחקר בשנים הקודמות (2005-2006). שם נמצא כי הזכרים נמשכים אל הנקבות הגדולות יותר מאשר אל הנקבות הקטנות וזאת על פי כמות הפרומון והרכב הפרומון שיש לנקבות בהתייחס לגודלן. לנקבות קטנות יותר יש כמות קטנה יותר של פרומון בבלוטה ואצל יותר נקבות קטנות מאשר גדולות, חסרים מספר מרכיבים של הפרומון, או שכמות החומר בבלוטה קטנה מיכולת האומדן של המכשירים הקיימים (FID, GC-MS). העדפה של הזכרים לנקבות גדולות, הקוראות חזק יותר, יכולה לשמש כבסיס להתפתחות עמידות לשיטת "בלבול הזכרים" בחלקות המטופלות בשיטה זו לאורך זמן. יתכן, עם כן, ששני המנגנונים פועלים בו זמנית במישורים שונים. מצד אחד עשויה להתפתח עמידות כנגד הפרומון, כאשר הזכרים, שמעדיפים נקבות גדולות, יוצרים למעשה סלקציה לטובת נקבות המייצרות יותר פרומון והמכיל יותר מרכיבים, ומצד שני הנקבות שמושפעות מנוכחות הפרומון הסינטטי ליצירה מוגברת של פרומון, מתות מהר יותר ומטילות פחות ביצים. שני הכוחות משפיעים על התפתחות העמידות לפרומון בכיוונים מנוגדים דבר שעשוי להאט את קצב התבססות של העמידות לפרומון.

- Carde A.K. and Minks A.K. (1995). Control of moth pests by mating disruption successes: and constrains. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 559-585.
- Gordon D., Anshelevich L., Zahavi T., Ovadia S., Dunkelblum E. and Harari A.R. (2003) Integrating mating disruption techniques against the honeydew moth and the European vine moth in vineyards. *Integrated Protection and Production in Viticulture. IOBC wprs Bull* 26:131-134.
- Gordon D., Zahavi T., Anshelevich L., Harel M., Ovadia S., Dunkelblum E. and Harari A.R. (2005) Mating Disruption of *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae): the Effects of Pheromone Formulations and Concentrations. *J Econ Entomol* 98:135-142.
- Dunkelblun E. and Kehat M. 1987. sex pheromone precursors in *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Nuctuidae). *Insect Biochemistry* 17 : 877-881.
- Light D. M. and Birch M. C. 1979. Electrophysiological basis for the behavioural response of male and female *Trichoplusia ni* to synthetic female pheromone. *J. Insect Physiol.* 25: 161-167
- Lim H. and Greenfield M.D. 2007. Female pheromonal chorusing in an arciid moth. *Utetheisa otnatrix*. *Behav. Ecol.* 18: 165-173.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרת המחקר:

בדיקה של תגובת הנקבות לכמות פרומון מוגברת, כפי שבא לידי ביטוי בשיטת בלבול הזכרים.

עיקרי הניסויים:

1. נקבות בוגרות נאספו במלכודות מזון שהוצבו בכרמים תחת משטר בלבול הזכרים ובכרמים במשטר הדברה קונבנציונאלי. נקבות שהטילו ביצים במעבדה ונקבות שנמצא בהם ספרמטופור הוגדרו כנקבות מזווגות. שיעור הנקבות המזווגות בכרם המבולבל השווה לשיעורן בכרם הקונבנציונאלי.
2. נבדקה התנהגות "הקריאה" של הנקבות בחלקת כרם מוצפת פרומון לעומת התנהגותן בחלקת כרם ללא פרומון כביקורת.
3. נבדק משך הזמן בו חיו נקבות בתולות שהיו לבדן בכלי בהשוואה לנקבות ששהו עם עוד 4 או 9 נקבות בתולות.

תוצאות עיקריות

1. שיעור הנקבות המזווגות בכרם הקונבנציונאלי אינו שונה מזה שבכרם תחת משטר בלבול.
2. הנקבות בכרם המבולבל החלו לקרא מעט לפני הנקבות בכרם הביקורת אולם במשך מרבית זמן הפעילות, פחות נקבות קראו, וקראו לזמן קצר יותר מאשר הנקבות בביקורת.
3. הנקבות שהיו חשופות לפרומון שרדו באופן מובהק פחו מאשר הנקבות שלא נחשפו לפרומון.

המסקנות המדעיות והשלכות לגבי ישום המחקר והמשכו:

על פי תוצאות המחקר שיעור הנקבות שהזדווגו בכרם המבולבל דומה לזה של הנקבות בכרם שאינו חשוף לפרומון. כלומר יש מנגנונים נוספים שמשפיעים על היעילות של שיטת הבלבול, בנוסף על "בלבול" הזכרים שייתכן שפועלים דרך השפעת הפרומון על הנקבה ולא רק על הזכר. הנקבות תחת משטר הבלבול החלו לקרא מוקדם יותר בערב, דבר שמזכיר את התנהגות ה"מקהלה" של חרקים שמשמשים בקול לחיזור ולפגישה בין הזכרים והנקבות (צרצרים). מאידך הנקבות תחת משטר הבלבול קראו פחות זמן מאשר הנקבות בביקורת. דבר זה מצביע על "התעייפות" הנקבות לאורך זמן תחת הפרומון. חיזוק למסקנה זו התקבל מניסויי המעבדה. ביום הראשון לקריאת הנקבות, הנקבות ב"מקהלה" קראו יותר מאשר הנקבות שהיו לבד, אולם, עם חלוף הזמן, הנקבות בביקורת (לבד) קראו יותר מאשר הנקבות ש"התעייפו" מקריאתם המוגברת בערבים הקודמים. חיזוק נוסף למסקנה זו התקבל כאשר הנקבות ששהו עם נקבות אחרות בכלי (מקהלה של 5 או 10 נקבות) חיו פחות זמן מאשר הנקבות ששהו לבדן.

הבעיות שנותרו לפתרון: המנגנון שבו פועל פרומון המין על הנקבות עדיין לא ברור.

השינויים שחלו במהלך העבודה: לאחר 10 דורות של גידול קו החשוף לפרומון במעבדה, התמוטט הגידול עקב התפרצות של וירוס, לכן שונה כיוון המחקר לבדיקת התנהגות של הנקבות בשדה ובמעבדה בקווי גידול רגילים של המזיק.

האם הוחל בהפצת הידע? כן, בהרצאות בכנסים בין לאומיים. Chemical ecology meeting 2008,

Behavioral ecology meeting 2008.

אני ממליצה לא פרסם את הדוח בשלב זה של המחקר.