

השינויים העונתיים באוכלוסיית כנימת עלה הבננה *Pentalonia nigronervosa*
(Hemiptera: Aphididae), והחרקים המלווים אותה במטע

עבודת-גמר מוגשת לפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה של
האוניברסיטה העברית בירושלים לשם קבלת תואר 'מוסמך למדעי החקלאות'

מאת

חיים ביאלה

עבודה זו נעשתה בהדרכתם של: ד"ר ויקטוריה סורוקר
פרופ' צביקה מנדל

עבודה זו מוקדשת להורי היקרים שהשקיעו בי ימים ולילות, והביאוני עד הלום.

ברצוני להודות בראש ובראשונה למנחה הראשית שלי- ד"ר ויקטוריה סורוקר מהמחלקה לאנטימולוגיה, מכון המחקר החקלאי, בית דגן, על הדרכתה הנהדרת שכללה המון תשומת לב והכוונה, על שעות רבות של תמיכה והקשבה, על הנתינה הנפלאה והאכפתיות שלה בכל תחום אפשרי, גם אם זה לא ממש היה לרוחה, ועל היותה חברה קרובה.

למנחה פרופ' צבי מנדל מהמחלקה לאנטימולוגיה, מכון המחקר החקלאי, בית דגן, על הכוונתו הנחוצה, על הערותיו ורעיונותיו שהיו חשובים לי כל כך, ועל תשומת הלב והסבלנות.

לטכנאי המחלקה לאנטימולוגיה במכון וולקני, סעדיה רנה על שהסיע אותי לשטחי המחקר בחוף הכרמל, ועל שעות רבות של עזרה הן באיסוף הנתונים, והן בעזרה טכנית. על לבו הרחב כל-כך וסבלנותו הרבה, שתמיד פינק אותי מכל הבא ליד אם במאפה בית ואם מפירות העונה.

לד"ר סלבט טלבייב שעזר לי רבות באיסוף הנתונים.

למלכי ספיבק על עזרתה בהגהה של התקציר באנגלית, ועל היותה ידידה קרובה.

לד"ר אלכס פרוטסוב על מלכודות הפרומון והאספקה הרציפה של הנדיפיות, ועל עצותיו הנבונות.

לטכנאית המעבדה שלומית לבסקי על עזרתה הטכנית החשובה, ועל דאגתה ש"הילד לא יהיה רעב".

לחברי למעבדה: ד"ר ליאוניד אנשלבין, מור יערי, ד"ר ג'סנקאר אלגרמלאי, טויבא ספרונובה, מריאלה לידרמן, יואל פנחס, על האווירה הטובה והחברית, על ההומור השופע, העצות, וההווי.

לאריאלה ניב על עזרתה בהגהת העבודה

לד"ר יאיר ישראלי על הדרכתו ועצותיו הנבונות.

לגל אור על עזרתו במציאת חלקות למחקר, על עצותיו והדרכתו, ועל הקשר עם המגדלים בחוף הכרמל.

ליובל לוי, על עצותיו, שאלותיו וסקרנותו.

לפרופ' ולדימיר צ'יקטונוב על הגדרת מיני החיפושיות, ד"ר ארמין יונסקו-על הגדרת מיני הנמלים ושיחותיו המרתקות, ד"ר אמנון פרידברג- על הגדרת מיני זבובי הרחף, לד"ר נטע דורצ'ין מאוניברסיטת צפון קורולינה, על הגדרת היתוצים, ומירב ווינשאק-על עצותיה ועזרתה בדיגום הנמלים, והמידע החיוני שסיפקה לי.

לד"ר הילרי פוט מהמחלקה לכלכלה בפקולטה לחקלאות על עצותיה הסטטיסטיות, ועל היותה אשת שיחה.

למירי זרחי מהמחלקה לסטטיסטיקה במנהל המחקר החקלאי על עזרתה הרבה בנייתוחים הסטטיסטיים.

6	.....	תקציר
9	.....	1. מבוא
9	.....	1.1 כנימת הבננה
9	.....	1.1.1 תפוצה
9	.....	1.1.2 אפיונים ביולוגיים כלליים
9	.....	1.1.3 אופן תפוצת הכנימה במרחב
10	.....	1.1.4 צמחים פונדקאים של כנימת הבננה
12	.....	1.1.5 הפגיעה ע"י כנימת הבננה
12	.....	1.2 מיני החרקים המלווים
13	.....	1.2.1 קמחית ההדר
13	.....	1.2.2 נמלים
14	.....	1.2.3 אויבים טבעיים
14	.....	1.3 מטרות העבודה
16	.....	2. חומרים ושיטות
16	.....	2.1 ניסויי שדה
16	.....	2.1.2 השפעת תנאי גידול המטע על הפנולוגיה של כנימת הבננה
17	.....	2.1.2 מעקב אחרי פנולוגיית צמח הבננה לאורך העונה
18	.....	2.1.3 מעקב אחרי קמחית ההדר
19	.....	2.1.4 אפיון אוכלוסיית האויבים הטבעיים של כנימת הבננה
20	.....	2.1.5 הרכב מיני הנמלים במטע
20	.....	2.1.6 בחינת השפעת הנמלים על גודל אוכלוסיית הכנימה ונוכחות אויביה הטבעיים
21	.....	2.2 ניסויי מעבדה
21	.....	2.2.1 בחינת השפעת טמפרטורה על התפתחות כנימת הבננה
22	.....	2.2.2 בחינת פונדקאים פוטנציאליים נוספים של כנימת הבננה הגדלים בארץ
23	.....	2.3 ניתוח התוצאות
24	.....	3. תוצאות
24	.....	3.1 כנימת הבננה
24	.....	3.1.1 פנולוגיית כנימת הבננה בהקשר לפנולוגיית צמח הבננה
24	.....	3.1.2 מיקום אוכלוסיית כנימת הבננה בבית הבננה
31	.....	3.1.3 פנולוגיית כנימת הבננה
31	.....	3.1.3.1 השינויים העונתיים של האוכלוסייה הכללית של כנימת הבננה במטע על פי סקר הבתים
31	.....	3.1.3.2 השינויים העונתיים של מופעי אוכלוסיית כנימת הבננה
38	.....	3.1.4 השפעת הטמפרטורה על השרידות והרבייה של כנימת הבננה
43	.....	3.1.5 השפעת האקלים (לחות וטמפרטורה) על אוכלוסיית כנימת הבננה במטע
45	.....	3.1.7 פונדקאים פוטנציאליים של כנימת הבננה
46	.....	3.2 מינים המלווים את כנימת הבננה
46	.....	3.2.1 קמחית ההדר
46	.....	3.2.1.1 שינויים עונתיים באוכלוסיית הכנימה הקמחית
48	.....	3.2.1.2 בחינת אינטראקציות בין כנימת הבננה לקמחית ההדר
50	.....	3.2.2 נמלים מלוות
50	.....	3.2.2.1 מיני הנמלים הפעילים במטעי הבננה
52	.....	3.2.2.2 בחינת אפשרות אינטראקציה בין מיני נמלים
52	.....	3.2.3 אויבים טבעיים
52	.....	3.2.3.1 סקר אויבים טבעיים
52	.....	3.2.3.2 שינויים עונתיים באוכלוסיית האויבים הטבעיים, והשפעתם על כנימת הבננה
56	.....	3.2.4 השפעת הנמלים המלוות על צפיפות האוכלוסייה של כנימת הבננה ואויביה הטבעיים
58	.....	4. דיון
58	.....	4.1 כנימת הבננה
62	.....	4.2 מינים מלווים
66	.....	4.3 היבטים חקלאיים
69	.....	5. רשימת ספרות
73	.....	נספחים

תקציר

כנימת הבננה *Pentalonia nigronervosa* Coquerel, חיה על מספר מצומצם של פונדקאים, אך למעשה הפונדקאים העיקריים הם מיני הסוג בננה *Musa*. כנימת עלה זו מהווה מזיק קשה של ענף הבננות בכלל ובישראל בפרט. הכנימה גורמת לנזק ישיר המתבטא בעיוותים ועיכוב צימוח ולהפחתה ביבול, בעוד הנזק העקיף הנו כסוי הפרי בפייחת הפוגמת באיכות הפרי ושיווקו. בישראל, הכנימה נפוצה במישור החוף, ולאחרונה, מסתמנת התגברות אוכלוסיותיה בעמק הירדן. קיימת עדות נסיבתית שהבעיה בעמק הירדן מחמירה בשל השימוש ברשתות צל. המידע על הפעילות העונתית של כנימת הבננה והקשרה להיבטים האקולוגיים של מטעי בננה, האויבים הטבעיים ושאר המינים המלווים את הכנימה מועט ביותר.

המחקר נערך במטעי בננה במישור החוף ומטרותיו היו כדלקמן: (1) לימוד הגורמים האביוטיים והביוטיים המשפיעים על ההתפתחות דפוסי האכלוס של צמח הבננה והפעילות העונתית של הכנימה (2) לבחון את השפעות הרישות, הישירות והעקיפות על אוכלוסיית הכנימה, (3) בחינת המינים המלווים, תוך דגש על מגוון האויבים הטבעיים ומיני הנמלים שעלולות להוות גורם מגביל בהדברתה הביולוגית של הכנימה, (4) בחינה של פונדקאים פוטנציאליים של כנימת הבננה בארץ.

נבחרו שני אתרי דגימה סמוכים באזור חוף הכרמל (כפר גלים והחותרים), שבכל אחד מהם שתי חלקות: אחת מרושתת ואחת פתוחה (ללא רשת). כל חלקה כללה כ-25 בתים (בית-מקורו בצמח אחד שהתפצל, ומכיל את המרכיבים הבאים: סבתא-הניבה כבר ובתהליכי התייבשות, אמא-צמח בוגר שמניב או בדרך להניב, ונצרים-צמחים צעירים שאחד עד שניים מהם יושארו ויניבו בשנה הבאה). בכל חלקה, נדגמו 7 בתים אחת לחודשיים ו-20 נצרים אחת לחודש. בכל בדיקה של הבתים, תועדה הנגיעות בכנימת הבננה, וגודל אוכלוסייתה, שהוערכה על פי מדד, תוך הבחנה בין 6 דרגות של צפיפות, והבחנה בין המופע המכונף לחסר הכנפיים שדורג אף הוא בנפרד על פי 3 דרגות צפיפות. בנוסף, נוטרה צפיפות הכנימות המכונפות מידי חודש באמצעות מלכודות דבק צהובות. במקביל, נרשם המצב הפנולוגי של צמח הבננה שהוערך על פי אמות מידה שנקבעו במהלך המחקר (אמא לפני ואחרי פריחה, נצר צעיר כלומר בעל עלי חרב, ונצר בוגר כלומר בעל עלים רחבים). בחנו צמחים פונדקאים פוטנציאליים שגדלו בסמוך לחלקות המחקר, בכדי לבדוק אכלוסם ע"י כנימת הבננה. במקביל למעקב אחר כנימת הבננה בבתים ובנצרים, בחנו את החרקים המלווים: קמחית ההדר *Planococcus citri* (Rizo), הנמלים והאויבים הטבעיים. האחרונים, נשלחו להגדרת מומחים. על מנת לבחון את השפעת הנמלים על אוכלוסיית כנימת הבננה ואוכלוסיית אויביה הטבעיים, הוצבו במטע עציצי-פיתיון המאוכלסים בכנימת הבננה כאשר במחציתם היה מחסום דבק למניעת גישה של הנמלים.

בניסויים מבוקרים במעבדה, נבדקה השפעת טמפרטורה על השרידות, קצב התפתחות והרבייה של פרטים שנמצאו על קטעי עלים מנותקים בצלחות פטרי. נוסף לכך, בדקנו את יכולתה של כנימת הבננה להתפתח על צמחי-בר הגדלים בסמוך למטע. בניסויים אלו כמו בניסויי הטמפרטורה, נבחנה השרידות, קצב התפתחות והרבייה של פרטים שנמצאו על קטעי עלים מנותקים בצלחות פטרי. בניסוי נוסף במסגרת שאלת מחקר זו, נבחנה ההעדפה של המופע המכונף של כנימת הבננה בין צמח הבננה לבין הפונדקאי הפוטנציאלי.

נמצא, כי במטעי הבננה מרכיבי הבית השכיחים הם אמא בוגרת שעדיין לא הניבה ונצר צעיר. באופן כללי, מטעי הבננה מניבים לאורך כל השנה, אך שינויים עונתיים ניכרים בעיקר בהופעת האשכולות, ששכיחותם רבה בחודשים

אוגוסט-דצמבר, ולאחר מכן הם מתמעטים עד לשפל בסביבות חודש יוני וחוזר חלילה. לרוב, כנימת הבננה מופיעה בצפיפות גבוהה על הנצרים הצעירים יותר מאשר על האמא או על האשכול. מיקום המושבות בנצר הוא בעיקר בחיק העלים ובגזעול, ובאמא בגזעול, כאשר בחודשים אוקטובר-דצמבר וכן לקראת יוני-יולי, הכנימה מצויה באופן בולט גם בקודקוד הצמיחה ובאשכול. באשכול היא נוכחת גם בפברואר, וגם אז כמו בשאר השנה, הכנימה נוכחת בענבל האשכול יותר מהאשכול עצמו. נרשמו שינויים עונתיים בצפיפות האוכלוסייה של כנימת הבננה לאורך השנה: האוכלוסייה במטע מצטמצמת בין החודשים ינואר עד אפריל ובין אוגוסט לספטמבר, ומתעצמת בין אפריל ליוני-יולי, ובין אוקטובר לדצמבר. עוד נמצא, כי השינויים העונתיים של המופע המכונף של כנימת הבננה תואמים את השינויים העונתיים של האוכלוסייה הלא מכונפת. התנודות בצפיפות הלכידה של הכנימות המכונפות באמצעות מלכודות הדבק, תואמות היטב את השינויים העונתיים הן של המכונפות והן של המופע חסר הכנפיים על הצמחים. תנודות האוכלוסייה של הכנימה, מושפעות ככל הנראה בעיקר מהטמפרטורה. נראה כי אוכלוסיית הכנימה פוחתת בטמפרטורות מעל 30°C ומתחת ל- 12°C . ממצאים אלו תואמים את ממצאי הניסויים המבוקרים במעבדה. בניסויים אלו נמצא כי הטמפרטורה האופטימלית של הכנימה (טווח הטמפרטורות בו הכנימה מתפתחת הכי מהר ובעלת מספר הצאצאים הגדול ביותר), היא בין 28°C - 20°C , בעוד שהטמפרטורות 12°C - 30°C , מהוות מעין ספים כאשר מעבר להם אין התפתחות. עוד נמצא, כי שינויים בטמפרטורה במהלך חיי הכנימה משפיעים מאד על משך תקופת הרבייה ופוגעים בכשירותה. כאשר הכנימה גדלה בתנאים האופטימליים (25°C), מספר הצאצאים שלה הינו הגבוה ביותר.

בהשוואה של צפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה בין מטע פתוח למטע מרושת, לא נמצאו הבדלים ברורים. במבחן שונות תלת-גורמי למיקום, תנאי-גידול וזמן, נמצאה השפעה מובהקת של כל אחד מהם על צפיפות אוכלוסיית הכנימה. בשל האינטראקציות המובהקות בין המשתנים, נראה שגורם תנאי הגידול, כלומר מטע פתוח או מרושת, אינו המשפיע העיקרי.

מבחינת פונדקאים פוטנציאליים, נמצא כי כנימת הבננה יכולה לשרוד ואף להתרבות על מיני צמחים ממשפחת הלופיים (מינים אשר גדלים במשך החורף בסמוך למטע). בניסוי בתנאים מבוקרים, נמצא שכנימת הבננה אף מתפתחת מהר יותר ובעלת צאצאים רבים יותר על הלופית המצויה מאשר על צמח הבננה, אך בניסויי הבחירה במעבדה, כנימת הבננה העדיפה להתיישב על צמח הבננה יותר מאשר על הלופית המצויה, אם כי לא היה הבדל בהעדפתה בין צמח הבננה לבין הלוף הירוק. יחד עם זאת, בשטח לא נצפתה כנימת הבננה על צמחים אלו.

מבחינת המינים המלווים של הכנימה, קמחית ההדר המופיעה יחד עם כנימת הבננה במטעים בישראל, מציגה שינויים עונתיים, כאשר השינויים הבולטים נראו בעיקר בסביבות החודשים ינואר-פברואר, אז צפיפות האוכלוסייה יורדת. בסה"כ, נצפתה הקבלה בשינויים העונתיים בצפיפות הקמחית לבין צפיפות כנימת הבננה. הקמחית פעילה מאוד בסתיו ובאביב, כך גם כנימת הבננה, כאשר ההקבלה מתבטאת בעיקר בחודשים יוני-יולי ואוקטובר. לא הבחנו באינטראקציה ישירה בין הקמחית לבין כנימת הבננה. קשר הדוק נמצא בין נמלים לכנימת הבננה. מבחינת הנמלים המלווים, נמצא כי לאורך השנה, כמעט כל מושבות כנימת הבננה מבוקרות ע"י נמלים. נמצאו עשרה מיני נמלים המלווים את כנימת הבננה בחלקות הניסוי. המין השכיח ביותר בדגימות היה אצנית ארוכת המחוש (*Paratrechina longicornis* (Latreille)). מינים אחרים שנמצאו בשכיחות גבוהה יחסית היו שני מינים של מוריות: *Monomorium sahlbergi* Emery ו- *Monomorium pallidum* Donisthorpe, סחבנית ננסית *Plagiolepis ancyrensis* Santschi, ובנאית צידונית *Tapinoma simrothi phoenicium* (Emery). חלק

ממיני הנמלים באים במגע, עם מיני נמלים אחרים, ומטפלים יחדיו במושבות הכנימה. מין הנמלה המופיע בתדירות גבוהה יחד עם מיני נמלים אחרים הוא אצנית ארוכת המחוש. ייתכן מאוד שזה קשור להיותו מין פולש (מוצאו אינו מהפאונה המקומית, ובעל תכונות המאפשרות לו התאקלמות מהירה ויתרונות על המינים המקומיים). אל פיתיונות נמלים במטע נמשכו גם שני מיני נמלים נוספים שלא נצפו במושבות הכנימה. מידת השפעתם של מיני הנמלים השונים על השרידות והכשירות של כנימת הבננה אינם ידועים.

האויבים טבעיים של הכנימה שנדגמו בחלקות המחקר משתייכים למספר קבוצות: מושיות (Coccinellidae), צרעות טפיליות (Aphelinida, Brachonidae, Aphidiidae), זבובי-רחף (Syrphidae) ויתוצים (Cecidomyidae), כאשר המושיות מהוות את הקבוצה הגדולה והשכיחה ביותר (הן מבחינת מגוון המינים, הן מבחינת נוכחות רציפה, ולרוב גם מבחינת גודל האוכלוסיות), ונציגיה נצפו בכל חלקות הניסוי. צרעות טפיליות היו נדירות במושבות הכנימה בחלקות הניסוי, ורובן תועדו בחלקות אחרות בהן ביקרנו. האויבים הטבעיים נצפו בעיקר בחודשים יוני-אוגוסט. המתאם בין האויבים הטבעיים לבין כנימת הבננה היה חיובי, אם כי מובהק רק לעיתים. לנוכחות נמלים במושבות כנימה השפעה על ההדברה הביולוגית של הכנימה. עציצים המאוכלסים בכנימה שגישת הנמלים אליהם נמנעה על ידי מריחת דבק, היו בעלי מספר אויבים גדול באופן מובהק, וצפיפות אוכלוסיית הכנימה הייתה קטנה באופן מובהק מאשר בעציצי הביקורת עם הנמלים, מה שמעיד כי הנמלים מגינות על הכנימה מאויביה הטבעיים.

לסיכום, בעבודה זו תועדו לראשונה בישראל השינויים העונתיים בצפיפות ואכלוס צמח הבננה על ידי כנימת הבננה. שינויים ברורים אלו מושפעים בעיקר מהטמפרטורה. הרישות במטעי הבננה בחוף כרמל כנראה אינו משפיע על צפיפות אוכלוסיית הכנימה. עוד נמצא כי ליחסים בין הכנימה לבין הנמלים המלווים אותה, יש השפעה משמעותית על נוכחות אויבים טבעיים וגודל מושבות הכנימה. האויבים הטבעיים של הכנימה אינם ספציפיים, וכנראה מגיעים מריכוזים של מיני כנימות אחרים.

המידע שנאסף במחקר הנוכחי נותן כיוונים לפיתוח הממשק כנגד הכנימה, בנוגע לעיתוי ההדברה, לסניטציה של המטע (למשל, הורדת נצרים וענבלים), וכן בנוגע למינים המלווים את הכנימה, בדגש על אפשרות ההדברה של הנמלים המלוות.

1. מבוא

כנימת הבננה (*Pentalonia nigronervosa* Coquerel) (Hemiptera: Aphididae), היא אחד ממזיקי המפתח של ענף הבננות בישראל. מחקר זה בוחן את כנימת הבננה ואויביה הטבעיים העיקריים, ושתי קבוצות נוספות של חרקים המלווים אותה- הנמלים ממינים שונים וקמחית ההדר. הרקע למחקר הם הנזקים החמורים הנגרמים למטעי הבננות בישראל ע"י כנימת הבננה והמידע המועט הקיים אודותיה, אודות אויביה הטבעיים בבתי גידול אלו והשפעות של החרקים המלווים את מושבות הכנימה. בעשור האחרון מגדלים מטעי בננות רבים תחת רשתות. שינוי זה בבית הגידול משפיע גם על אוכלוסיות כנימה העלה הבננה ומחקר זה מאיר גם סוגיה זו.

1.1 כנימת הבננה

1.1.1 תפוצה הכנימה תוארה לראשונה במאה ה-19 באי 'Isle de Bourdon' של מדגסקר ע"י האנטומולוג Charles Coquerel (Robson et al., 2007). מוצאה של הכנימה הוא כנראה דרום-מזרח אסיה שהינו אזור המוצא של צמח הבננה. כיום, היא נפוצה בכל האזורים הטרופיים והסוב-טרופיים של העולם בהם מגדלים בננה, ואף בחממות באירופה ובצפון אמריקה (Mau et al., 2004 ; Blackman and Eastop, 1984).

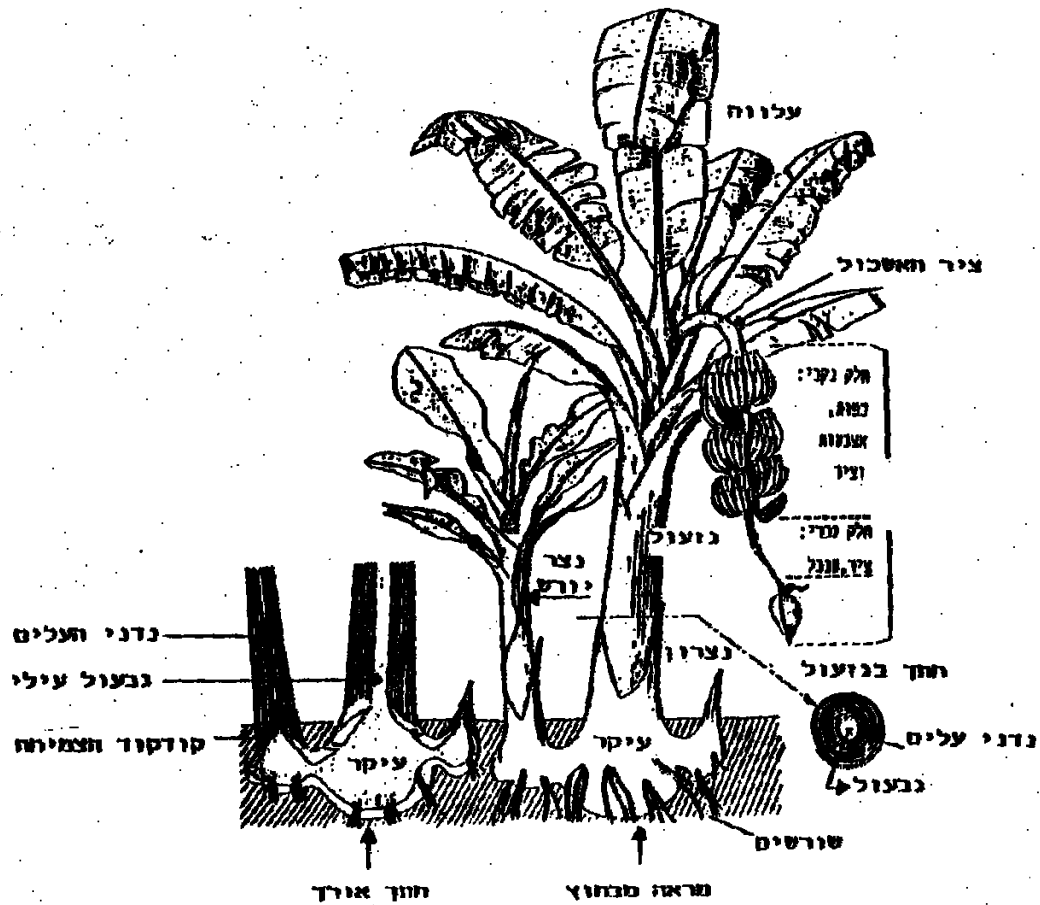
1.1.2 אפיונים ביולוגיים כלליים כנימת הבננה, כמו מרבית כנימות העלה (Aphididae), ניזונה ממוהל צינורות השיפה של הצמח. נוזל השיפה עשיר בסוכרים, אך דל בתרכובות חנקן (Klingauf, 1987b; Stadler et al., 1998). כתוצאה מכך, הכנימה צורכת כמויות גדולות של נוזל-שיפה, שרובו מופרש כטל-דבש. כנימת הבננה מתרבה בעיקר ברביית בתולין. המופע המיני נדיר ביותר, והתגלה עד כה רק בהודו ונפאל (Bhanotar and Ghosh, 1969). לכנימת הבננה, אופן התפתחות טיפוסי לכנימות עלה (Lomerio and Calilung, 1993), הכולל 4 דרגות נימפה ודרגת בוגר. הכנימה הבוגרת הינה בעלת גוון חום-כהה, וכדרכן של כנימות עלה, בעלת שני מופעים: ללא כנפיים (apterous), ומכונף (alata). רוב הידע על הביולוגיה והפנולוגיה של הכנימה, מקורו במחקרים שנעשו בהודו והוואי. בארצות אלה, הכנימה מקימה בסביבות 30 דורות בשנה (Mau et al., 2004; Rajan, 1981). בישראל, הביולוגיה והפנולוגיה של כנימת הבננה טרם נחקרו.

1.1.3 אופן תפוצת הכנימה במרחב ככלל, הפצת כנימות עלה מתבצעת הן ע"י תעופה, הליכה, והן נישאות גם ע"י נמלים (עליהן אדבר בהמשך). הכנימות מועברות ע"י בני האדם על חומר ריבוי מאוכלס. התנועה באמצעות תעופה מתחלקת לאקטיבית ופסיבית. התעופה הפסיבית מתבצעת כאשר הכנימה נישאת על זרמי אוויר המעבירים את הכנימות למרחקים של מאות ואף אלפי קילומטרים (Robert, 1987). תעופה אקטיבית תלויה בעוצמת האור, הטמפרטורה והרוח. בד"כ, דרושה עוצמה מינימאלית לעורר תעופה. התעופה מוגבלת לטווח טמפרטורות מסוים. בד"כ כשהרוח במהירות של פי שניים ויותר ממהירות התעופה העצמית של הכנימה, תעופת הכנימה תדחה (Robert, 1987). Johnson (1963), מצא שכנימת הבננה אינה מצטיינת בתעופה אקטיבית, ופיזורה מתבצע בעיקר על ידי הליכה בין צמחים ונשיאה ע"י הרוח.

ההפצה למרחק של כנימות עלה, מתבצעת בעיקר ע"י פרטים מכונפים. ככלל, מעבר אוכלוסיית כנימת עלה ממצב של יצירת פרטים חסרי כנפיים (apterous) למופע של פרטים מכונפים (alate) מושפע ממספר גורמים. האותות העיקריים הנחשבים כמושרים ליצירת הכנפיים הינם צפיפות יתר ו/או איכות פונדקאי ירודה. צפיפות יתר גורמת בד"כ למחסור במשאב, ו/או לירידה באיכותו, ומעלה את התחרות בין הפרטים על המשאב. מצב זה מעודד את הכנימה לעבור למקור מזון חלופי (Robert, 1987; Muller et al., 2001; Irwin et al., 2007). גורם נוסף אפשרי להשראת מופע מכונף הוא נוכחותם של טורפים (Dixon and Agarwala, 1999; Irwin et al., 2007). מחקרים נוספים הראו כי נוכחות של פטרייה פתוגנית, גרמה אף היא להיווצרות מוגברת של פרטים מכונפים (Muller et al., 2001). עוד נמצא כי בצמחים הנגועים בוירוסים, נוצרים יותר פרטים מכונפים מאשר בצמח בריא (Muller et al., 2001). ישנם גם גורמים המעכבים יצירה של פרטים מכונפים. נמצא כי הטפלה ע"י צרעות טפיליות וכן נוכחותן של נמלים מטפלות, מביא לעיכוב ביצירת הפרטים המכונפים (Muller et al., 2001). השלב העיקרי בהפצה מוצלחת הוא איתור פונדקאי מתאים. תהליך בחירת הפונדקאי (שמתבצע בעיקר ע"י הכנימה המכונפת-alate), הנו תהליך מורכב, ונהוג לחלקו לששה שלבים: **בשלב ראשון** טרם הנחיתה, הכנימה מאתרת פונדקאים על פי אורכי-גל המוחזרים ממקור צמחי, ונדיפים הנפלטים מהצמחים. **בשלב שני**, נוצר מגע ראשוני ישיר באמצעות המחוששים עם שטח פני העלה של הפונדקאי. **בשלב שלישי**, הכנימה מבצעת טעימת-מבחן או מספר טעימות קצרות (פחות מדקה) של האפידרמיס בלבד. בשלב זה ייקבע האם לעוף או להישאר ולהמשיך לבחון את הפונדקאי. **בשלב רביעי**, מתבצעת מציצת-מבחן ארוכה יותר בה חודר החזק מעבר לאפידרמיס עד לרקמות הפרנכימה והמזופיל. **בשלב חמישי**, מתבצע ניקוב של אלמנט השיפה. החדירה כוללת גם הפרשת רוק המשמש כנראה בין השאר כמגן מפני תגובת נגד של הצמח, ומאפשר רצף של זרימת נוזל השיפה. **השלב השישי**, זהו שלב ההזנה. (Klingauf, 1987a; Powell et al., 2006)

1.1.4 צמחים פונדקאים של כנימת הבננה כנימת הבננה היא מין סטנופאגי, כאשר הפונדקאים העיקריים הם ממשפחת המוזיים Musaceae. משפחות אחרות בהם קיימים מינים פונדקאים של כנימת הבננה הן: הכניים – Cannaceae, הלופיים – Araceae, הזנגוויליים – Zingiberaceae, הסטרליציים – Stelitzeaceae, ציפורן הסרטן – Heliconiaceae, המרנטיים – Marantaceae, השושניים – Liliaceae, הקומליניים – Commelinaceae (Lomerio and Calilung, 1993; Mau et al., 2004; Blackman and Eastop, 1984,) (Pike et al., 2000; Rajan, 1981), ומשפחת הסולניים (Mau et al., 2004; Pike et al., 2000). הצמח החשוב מבחינה כלכלית הוא הבננה *Musa* sp. (Lomerio and Calilung, 1993; Mau et al., 2004). הבננה היא צמח עשבוני הגדול במימדיו, חד פסיגי, בעל קנה-שורש סימפודיאלי דמוי פקעת (=העיקר-corm), ציצת שורשים אדוונטיבית, גזעול הבנוי מנדני עלים ומתנשא לגובה מספר מטרים, ועלים גדולים הפרושים מול הרקיע (ראה סכימה, תמונה 1). בראש העיקר (corm), בלב הגזעול סמוך לפני הקרקע, נמצא קודקוד הצמיחה המייצר עלים בתקופה הוגטיבית, וחפים ובחיקם דורי פרחים (=כפות) לאחר ההתמיינות. כ 5-15 מדורי הפרחים הקרובים הם נקביים, והשאר (200 ויותר) זכריים. הפרחים נפתחים ומפרישים צוף, אולם בזנים התרבותיים אין האבקה והפריה. הבננות הנאכלות הן סטריליות ופרתנוקרפיות. הזנים המקובלים בסחר העולמי הם טריפלוואידים. כל צמח בפני עצמו הוא מונוקרפי (מניב ומת לאחר מכן), אולם נצרים מתפתחים מפקעים שעל העיקר והיחידה

הצמחית (=בית-mat), היא רב שנתית (כפי שצוטט בסקירתו של ישראלי, 1991).



תמונה 1. תאור סכמטי של צמח הבננה (עפ"י Champion, 1963 באדיבות ישראלי, 1991).

מחזור החיים: שני שלבים מוגדרים, השלב הווגטיבי והשלב הרפרודוקטיבי המחולקים לשלבי משנה:

א. השלב הווגטיבי המוקדם (EV) (=השלב היובנלי): תחילתו בהתארכות פקע הצומח מאוזן למרחק קצר, ואח"כ פונה כלפי מעלה ובוקע מעל פני הקרקע. בשלב זה מופיעים כ-10 עלים קשקשיים, המגנים על הנצר. לאחר גיחת הנצר מופיעים 9-15 עלים עם טרף צר ("עלי חרב"). השלב מאופיין ע"י תלות הנצר בצמח האם: שטח העלווה קטן ולנצר אין (בתחילה) שורשים. בהדרגה מתעבים הפרקים התחתונים ויוצרים את העיקר, מתפתחים השורשים והגזעול, נחלשת הדומיננטיות של צמח האם, ומתחילים להופיע עלים עם טרף רחב. סיום השלב הווגטיבי המוקדם מתרחש בהדרגה לאחר התמיינות וההופעה הראשונית של הפריחה בצמח האם.

ב. השלב הווגטיבי המאוחר (LV): בשלב זה מופיעים 12-16 עלים, ששטחם הולך וגדל עד למקסימום האופייני לזן ולתנאי הגידול. השלב מתאפיין בצמיחה נמרצת ובגידול מהיר בשטח העלווה, במהלכו מגיחה התפרחת של צמח האם.

ג. השלב הפלורלי: זהו השלב בו חלה התמיינות ותחילת הופעת הפרחים, במעלה הגזעול תוך התארכות 5-6 הפרקים האחרונים, עד לגיחת התפרחת במרכז כותרת העלים בראש הגזעול.

ד. שלב נשיאת הפרי: בשלב זה הנמשך כ-120-90 יום בתנאים טרופיים ו-210-80 באזורים סובטרופיים, גדל הפרי עד לקטיפה. אין הופעה של עלים חדשים, והקודקוד הטרמינלי הנמצא בקצה ציר התפרחת. ה"ענבל" ממשיך לייצר כפות עם פרחים זכריים עד סמוך לקטיפה כל עוד לא יוסר הענבל (כפי שצוטט בסקירתו של ישראלי, 1991).

בשנים האחרונות, החלו לגדל בישראל את מטעי הבננה בבית רשת. הרשת מטילה 12% צל ומאפשרת הגנה מברד, גשם ורוח. כיסוי ברשת משפיע על המיקרו-אקלים במטע (למשל, שינויים בלחות ובטמפרטורה), שינוי שעשוי להשפיע על אוכלוסיית כנימת הבננה והמינים המלווים אותה.

1.1.5 הפגיעה ע"י כנימת הבננה הפגיעה הישירה של הכנימה מתבטאת בקיפול העלים וסלסולם, עיכוב גדילה והחלשת הצמח. נגיעות גבוהה של הכנימה יכולה לגרום אף לקטילת נצרים צעירים. הפגיעה העקיפה נגרמת בשל הפרשה רבה של טל-הדבש, המהווה מצע לפטריות הפייחת. הפטרייה משחירה את העלווה, מה שגורם להפחתה בפעילות הפוטוסינתטית של הצמח ולפחיתת ערך האשכולות. כמו כן, הצטברות של טל הדבש מסביב לבסיס העלים, עלול לגרום לריקבון ולמות הצמחים. נוסף לכך, הפייחת יוצרת כתמים על הפרי, מה שגורם לפגמים אסתטיים הפוגעים באיכות ובערך הפרי (Mau et al., 2004; Crop Protection Compendium, 2004). במדינות רבות, הנזק העיקרי של כנימת הבננה נגרם עקב היותה נשא יחידי של הווירוס הגורם למחלה BBTB- (INIBAB Annual Report, 1993; Mau et al., 2004; Blackman and Eastop,) Banana bunchy top (Ocfemia, 1930; Dale, 2002; Young and Wright 2005; Robson et al., 2006; 1984). מחלה זו נחשבת כחמורה והנרחבת ביותר לגידול הבננה בעולם. הווירוס תוקף את רוב זני הבננה, וגורם לעצירת הגידול ולנזק קשה ליבול. הכנימה מהווה נשא של הווירוס באיזורי גידול הבננה: באסיה, באפריקה ובאוסטרליה (INIBAB Annual Report, 1993; Blackman and Eastop, 1984; Lomerio and Calilung, 1993;). המחלה קיימת במצרים, אך בישראל היא אינה קיימת. אמנם קיים ממצא מ-1936 במטע בגבע, אך ממצא זה מוטל בספק בגלל יכולת זיהוי מוגבלת של ווירוסים באותם השנים. יכולת התפשטות של הווירוס BBTB בין מדינות, היא בעיקרה ע"י חומר ריבוי נגוע (INIBAB Annual Report, 1993).

1.2 מיני החרקים המלווים

מינים רבים של כנימות, ניזונים מאלמנט השיפה של הצמח. בזמן ההזנה, הכנימות מפרישות רוק המביא בד"כ לשינויים פיזיולוגיים בצמח הפונדקאי. ברגע שיש יותר ממין כנימה אחד הניזון על אותו הפונדקאי, השינויים הפיזיולוגיים של הצמח יהיו בהשראה של כלל המינים שניזונים ממנו. השינויים הפיזיולוגיים של הצמח שנוצרו בהשראת מין כנימה אחד, יכולים לגרום להשפעות חיוביות, ניטרליות או שליליות על מיני כנימה נוספים המנסים להיזון מאותו הפונדקאי. היחסים האפשריים הם כדלהלן: amensalism - אוכלוסיית מין אחד ניזוקה או התפתחותה מעוכבת, והמין השני לא מושפע כלל, commensalism - מין אחד מפיק תועלת והמין השני לא מושפע, mutualism - שני המינים מפיקים תועלת, antagonism - שני המינים מושפעים בצורה שלילית (Qureshi and Michaud, 2005).

במחקר הנוכחי, לצידה של כנימת עלה הבננה, מוצאים לעיתים קרובות את קמחית ההדר.

1.2.1 קמחית ההדר (*Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), בעלת תפוצה כלל עולמית, ובעלת טווח פונדקאים נרחב ביניהם צמח הבננה (אבידב, 1961; Martin et al., 2004); Bodenheimer, 1951). היא פעילה במטע הבננה במשך כל חודשי השנה, ומקימה כ-6 דורות. כמו כנימת הבננה, הקמחית נמצאת בד"כ במקומות נסתרים כמו חיקי עלים, על הגזעול בין הגדנים, בענבל, ובין ועל אצבעות האשכול. נזק הקמחית מתבטא בזיהום האשכולות ע"י הכנימה עצמה, וע"י הפיחת היושבת על טל הדבש שהיא מפרישה, וגורמת לנזק אסתטי (פרץ ופלד, 1964; פרץ ופלד, 1965 סבירסקי וחובריו, 2002). שני מינים אלו שוכנים בסמוך אחד לשני וניזונים מאותו מקור מזון, אך לא ברור מה טיב היחסים בין שני המינים: האם ישנה הפרעה, האם אין השפעה, או האם דווקא הן עוזרות אחת לשנייה להתגבר על הגנות הצמח.

1.2.2 נמלים כנימת הבננה מלווה ע"י נמלים. מספר מינים מסוגים ומשפחות שונים של נמלים המלוות את כנימת הבננה, תועדו בארצות שונות (פירוט בנספח 1). באופן כללי, הטיפול בכנימות המפרישות טל דבש בכלל ובכנימות-עלה בפרט נפוץ אצל הנמלים, ומפותח ביותר בתת-המשפחות Dolichoderinae ו-Formicinae, אך התופעה קיימת גם במספר מיני נמלים מהסוגים *Myrmica* ו-*Tetramorium* מתת-המשפחה Myrmicinae. לרוב, הקשר בין כנימות העלה לנמלים אינו ספציפי. כך למשל, הנמלה *Lasius flavus* (Fabricius) נמצאה בקשר עם 13-17 מיני כנימות (Studd, 1987).

טל הדבש המופרש ע"י כנימות עלה, מכיל כמות גדולה של סוכרים (Klingauf, 1987b). הנמלים משתמשות בטל הדבש כמקור מזון לצריכה מיידית, וגם כמאגר (Stadler and Dixon, 2005). הנמלים מצידן, מגינות על הכנימות מטורפים וטפילים, דואגות לכנימות לבית גידול איכותי למשל, ע"י העברה לפונדקאי ראוי בעת הצורך (Collins and Leather, 2002), ואף מנקות ושומרות על היגיינת אזור המחיה ע"י הסרת טל הדבש שנדבק שם, וכך מונעות התפתחות של פטריות (Studd, 1987; Matsuura and Yashiro, 2006; Renault et al., 2005; Bach, 1991). יחסי כנימות-עלה נמלים הינם מורכבים: לקיום הקשר, הכנימות נדרשות לייצר כמויות גדולות יותר של טל דבש ובאיכויות טובות יותר מה שבא על חשבון ההשקעה בגדילה וברבייה; תוך כדי טיפול הנמלים, הן מסתכנות מטריפה על ידן (Billick et al., 2007). מאידך, הנמלים משקיעות משאבים בהגנה על הכנימות מפני אויביהן הטבעיים. העובדה כי הנמלים מטפלות ונוכחות במושבות הכנימה לזמן ממושך, גובה מהן מחיר. המחיר מתבטא בכך שבזמן זה ייתכן ויכלו למצוא מקור-מזון טוב יותר, ובנוסף לכך, הן מעמידות את עצמן בסכנת טריפה (Studd, 1987; Stadler and Dixon 2005).

חרקים החיים בשיתוף עם נמלים והחולקים עמן את אותו בית הגידול, נקראים myrmecophile. מידת התלות בין הכנימות לנמלים מתחלק לשלושה מצבים: תלותיות גמורה obligate myrmecophiles, ומצב של חוסר תלות nonmyrmecophilous. תלותיות גדולה בין נמלים לכנימה ניתן לראות לדוגמא, בכנימה *Stomaphis hirukawai* Sorin, הניזונה מהחלק העצי (גבעולים, גזע) של הברוש *Chamaecyparis obtusa* Siebold & Zucc. כנימה זו נזקקת לזמן ממושך בכדי להגיע לצינורות הכברה הממוקמים עמוק, מה שמקבע ומגביל את יכולת הניידות שלה, וכך גורם לה להיות חשופה להתקפה של אויבים טבעיים. לכן, מתקבל על הדעת שיהיה קשר קרוב יותר עם הנמלים בכדי לנצל את תפקידן כמגנות (Matsuura and Yashiro, 2006; Stadler et al., 2003). למרות הימצאותו של קשר אובליגטורי בין מיני כנימות לנמלים, לרוב הקשר הוא פקולטטיבי. כאמור, בהרבה מהמקרים מספר מינים של כנימות/נמלים

חולקים את אותו בית הגידול, מה שמביא לעיתים לתחרות. תחרות בתוך ובין מיני כנימות על טיפול הנמלים על אותו צמח או על צמחים אחרים תתכן, בעיקר כאשר הטיפול ע"י הנמלים מוגבל ומאוד משמעותי, או כאשר מיני נמלים מסוימות מעדיפות מיני כנימות מסוימות. למשל, נמצא כי ההסתברות להכחדה של מושבה של הכנימה *Aphis varians* Patch על הצמח *Epilobium angustifolium* Linnaeus, תלויה לא רק בנוכחות או העדר של נמלים מלוות, אלא גם אם ענף של הצמח *Epilobium*, היה בסמוך לשיחים בהם אותן הנמלים מלוות מיני כנימות אחרים (Studd, 1987). תחרות בין מיני-נמלים גם קיימת. לכן, ניתן לראות מיני נמלים שונים המנצלים נישות שונות. למשל, מין אחד יטפל בכנימות מעל פני הקרקע, ומין אחר יטפל בכנימות בשורשים (Studd, 1987). בישראל, תועדו במטעי הבננה שמונה מינים של נמלים המטפלות בכנימה הקמחית: *Paratrechina longicornis* (Latreille), *Tapinoma simrothi phoenicium* (Emery), *Monomorium gracillimum* (Smith), *Monomorium pharaonis* (Linnaeus), *Monomorium salmonis* Linnaeus, *Crematogaster jehovae* (פרץ ופלד, 1964), *Forel*, *Plagiolepis ancyrensis* Santschi, *Aphenogaster obsidana* (Emery) (פרץ ופלד, 1965), אך טיב היחסים בין מיני נמלים אלה לבין כנימת הבננה טרם התברר.

1.2.3 אויבים טבעיים בעולם, תועדו 31 מיני טורפים ו-10 מיני צרעות טפיליות (פירוט בנספחים 2 ו-3). חשוב לציין כי האויבים שנמצאו אינם ספציפיים לכנימת הבננה, וכי 13 מהמינים יובאו על מנת לשפר את ההדברה הביולוגית של הכנימה: 5 מיני צרעות טפיליות (Stechmann and Volkl, 1990; Wellings et al., 1994;) ו-7 מינים של חיפושיות (Volkl et al., 1990; Miller et al., 2002), מין אחד מהזבובאים (Stechmann and Volkl, 1990) ו-1 מינים של חיפושיות (Stechmann and Volkl, 1990; Mau et al., 2004). הטורפים העיקריים של הכנימה הינם חיפושיות ממשפחת המושיתיים (Coccinellidae), וזבובים ממשפחת הרחפניים (Syrphidae). הפרזיטואידים של כנימת הבננה הינם צרעות טפיליות, המשתייכים בעיקר למשפחת האפידנייים (Aphidiidae). קבוצות אויבים אלה, הן קבוצות האויבים הטבעיים הטיפוסיות לכנימות עלה (Volkl et al., 2007). בישראל, לא ידוע דבר על אויביה הטבעיים של כנימת הבננה.

1.3 מטרות העבודה

פיתוח ממשק הדברה ידיותי ובר-קיימא, מותנה בהכרת מרכיבי בית הגידול של מזיקי המפתח. מחקר זה עוסק בכנימת עלה הבננה שהיא מזיק מפתח של גידול הבננה בישראל. המעבר של גידול הבננה מגידול במטע פתוח למרושת, הביא לשינויים במערכת האקולוגית של הגידול וייתכן שמשפיע על דפוסי ההתפתחות של אוכלוסיית הכנימה.

המחקר הנוכחי בא לבחון את ההיבטים הבאים:

1. הפעילות העונתית של כנימת הבננה באזור מישור החוף והקשר לפנולוגיה של צמח הבננה.
2. השפעת הטמפרטורה על התפתחות ורביית כנימת הבננה.
3. אפיון האויבים הטבעיים של כנימת הבננה במטע, והופעתם באוכלוסיית כנימת הבננה.
4. אפיון אוכלוסיית הנמלים השכיחות המלוות את כנימת הבננה במטע.
5. השפעתן של הנמלים המלוות על צפיפות האוכלוסייה של כנימת הבננה ואויביה הטבעיים.
6. השפעת תנאי גידול הבננה/מרושת על כנימת הבננה והחרקים המלווים אותה.

7. פונדקאים פוטנציאליים של כנימת הבננה בארץ.

המידע שנאסף, יבסס את ידיעתנו על הפעילות העונתית של כנימת הבננה, והגורמים המשפיעים עליה (מינים מלווים, תנאי גידול). המידע ההשוואתי של אוכלוסיית האויבים הטבעיים של הכנימה בעולם עם אלו המצויים בישראל, והשיבוש האפשרי של ההדברה הביולוגית ע"י נמלים, מהווים בסיס לשיפור הממשק של הכנימה.

2. חומרים ושיטות

2.1 ניסויי שדה

המחקר נערך במטעי בננה באזור חוף הכרמל, תחילה בעין-כרמל (3-7/2005). עקב יישום תכשירי הדברה בחלקות הדגימה, הניסוי הועתק לכפר-גלים והחותרים (החל מ-8/2005). הניסויים בשדה נערכו בארבע חלקות על שטח של כ-10 דונם, כאשר שתיים מהן "פתוחות", ולהלן ללא כיסוי כלשהו, והשתיים האחרות מכוסות ברשת קריסטלית שקופה, 12% צל (מטאור, קליימן מטאור בע"מ-פתח תקווה, ישראל). בכל חלקה הוקצה שטח בו גדלים 25 בתי-בננה לערך (בית בננה- מקורו בצמח אחד שהתפצל, ומכיל שלושה דורות של צימוח). בחלקות הדגימה הייתה הכוונה להימנע מטיפולי הדברה כימית.

את נתוני הטמפרטורה והלחות בחוף הכרמל, קיבלנו מהשירות המטראולוגי בבית דגן. נוסף לכך, בכדי לבדוק את ההבדל בין בתי הגידול, תלינו (HOBO Onset -Pocasset, USA) Data-Logger בחלקה הפתוחה והמרושתת של כפר גלים.

2.1.2 השפעת תנאי גידול המטע על הפנולוגיה של כנימת הבננה

(i) מעקב אחר פיזור הכנימה על פני בית הבננה (ולהלן בית), התבצע אחת לחודשיים, במשך כשנתיים, מ-8/2005 ועד 8/2007. נדגמו שבעה בתים קבועים בכל חלקה. בכל בית נדגמו: צמח האם ונצר אחד. בכל בית צוינה המצאות הכנימות, והוערך גודל האוכלוסיות והרכבן, תוך חלוקת אוכלוסיית הכנימה לשתי קבוצות: מכונפות ושאינן מכונפות. גודל האוכלוסייה של הכנימות המכונפות ושאינן מכונפות, הוערך על פי דירוג שנקבע בניסויים ראשוניים, כאשר הכנימות שאינן מכונפות הוערכו על פי שש דרגות (כאשר הנחת היסוד הייתה ש-400 כנימות הינו המקסימום האפשרי), והמכונפות הוערכו על-פי שלוש דרגות. בשלב של סיכום התוצאות, שונו הדירוגים, כאשר הדירוג המשוקלל הינו ממוצע של הדירוג המקורי. כך למשל דרגה 3 (הערך לקוח מהטבלה) שהינה בטווח 6-20, מקבלת את הערך 13, כאשר החישוב הוא כדלהלן: $6-20=6+20=26/2=13$. מופיעים בטבלה 1.

טבלה 1: דירוג הכנימה המקורי והמשוקלל שבהם השתמשנו בכדי להעריך את אוכלוסיית כנימת הבננה שאינה מכונפת במטע.

הדרגה	הדירוג המקורי	הדירוג המשוקלל
0	ללא כנימות	ללא כנימות
1	כנימה אחת	כנימה אחת
2	2-5	3.5
3	6-20	13
4	21-100	60
5	100-400	250

הערה: הנחת היסוד היא ש-400 כנימות הינו המקסימום האפשרי.

הדירוג של הכנימות המכונפות היה כדלהלן: $0 =$ ללא כנימות, $1 =$ עד 5 מכונפות, $2 = 6$ מכונפות ויותר. גם כאן הדירוג שוקלל באותו האופן: $0 =$ ללא כנימות, $1 = 2.5$, $2 = 7.5$ (הסולם הינו רק של 3 דרגות מכיוון שבד"כ לא נצפו יותר מ-10 פרטים של המופע המכונף ליחידת דיגום).

(ii) הערכת השכיחות היחסית של כנימת הבננה על ידי לכידת פרטים מכונפים, באמצעות מלכודות זבק צהובות (ראה תמונה 2). המלכודות הוכנו מלוח פוליגל בצבע צהוב בגודל אחיד של 24×15.5 ס"מ (רוחב אורך), שנמרחו בדבק תמידי שקוף (רימי Rimi להגנת הצומח והסביבה בע"מ - פתח תקווה, ישראל). המלכודות נתלו באמצעות חבל על עלי בננה בגובה שנע בין 1-1.5 מטרים, כאשר פיזורן בשטח נעשה בצורת האות Z. נתלו עשר מלכודות בכל חלקה, המלכודות הוחלפו אחת לחודש. כנימות העלה שנלכדו בהן מוינו במעבדה באמצעות סטריאוסקופ ($25 \times$) לשתי קבוצות: כנימת הבננה, ומיני כנימות עלה אחרים.

(iii) רמת הנגיעות של נצרים צעירים בכל חלקות הניסוי נבדקה מידי חודש החל מ-3/2006 ועד 9/2007. הנצרים שנבדקו היו נצרי חרב (sword sucker) בגובה שנע בין 10 ל-50 ס"מ לערך. בדיקת הנצרים נעשתה במקביל להחלפת המלכודות. סה"כ נדגמו 20 נצרים צעירים בכל חלקה, ונקבע שעור הנצרים הנגועים (מתוך ה-20), וכמו כן, נקבע גודל האוכלוסייה של הכנימה בהתאם לדירוג שצוין לעיל.

(iv) מעקב אחרי נגיעות האשכולות החל מתקופת הפריחה ועד להורדתם, נערך בכל חלקות הניסוי מידי חודש החל מ-11/2005 ועד 5/2007. הפרחים הצעירים (שחרוב היו עדיין בשלבי פתיחה ולא נגועים), סומנו בסרט. כל פרח חדש סומן במספר, ומיקומו תועד בשביל המשך המעקב.



תמונה 2: מימין - מלכודת צהובה כפי שנתלתה בחלקות הניסוי. משמאל - המלכודות מקרוב, בה ניתן להבחין בחרקים שונים שנלכדו.

2.1.2 מעקב אחרי פנולוגיית צמח הבננה לאורך העונה

המעקב התבצע אחת לחודשיים במקביל למעקב אחר ההתפתחות העונתית של אוכלוסיית כנימת הבננה. בכל חלקה נבדקה השושרת (שושרת - חלק מבית, הכולל בד"כ שלושה דורות של צימוח "סבתא", "אמא" ונצר. **סבתא** - היא צמח שפרח והניב בשנה הקודמת, ונמצא בתהליכי התייבשות מתקדמים, **אמא** - היא צמח בעל עלים רחבים [מעל 25 ס"מ רוחב; בד"כ מדובר על לפחות 4 עלים רחבים], שיפרח ויניב עוד בעונה הנוכחית, ו**נצר** - צמח היוצא מגזע האם, מצמיח בהתחלה עלי חרב ואז נקרא **Sword-sucker**, ולאחר מכן משריש ומתחיל להוציא עלים רחבים. הנצר יפרח ויניב בעונת הגידול הבאה). אנו התעלמנו מהסבתא שבד"כ כבר יבשה או מצויה בשלבים מתקדמים של התנוונות בכל 25

הבתים. בכל תצפית, השושרת אופיינה על-פי אמות מידה המתייחסות להרכב השושרת (באיזה הרכב פנולוגי נמצאת השושרת: רק אמא, רק נצר, או אמא ונצר), למצב הצימוח, ולדרגת התפתחות הפרי של צמח האם (הסבר לכך מופיע בהמשך). חשוב לציין כי בשלב מסוים אשכולות הבננה במטע מכוסים בשרוול פלסטיק, מצב שיוצר מיקרו-אקלים מיוחד (טמפרטורה ולחות גבוהים יותר) לאשכול, ובנוסף מקנה הגנה מפני פגעי מזג האוויר ומזיקים (בעלי-כנף, מכרסמים וחרקים). הערכת המצב הפנולוגי של השושרת כללה תחילה מספר רב של שלבים (בהתייעצות עם מדריך בנות, גל-אור משה"ם), תוך התייחסות לצמח האם עצמו ולנצרים. בצמח האם עצמו התייחסות הינה להמצאות אשכול ודרגת התפתחותו. כך לדוגמא, באשכול צעיר אצבעות (אצבעות- פירותיה המוארכים של הבננה) האשכול קצרות יחסית ורזות, ובד"כ אינו מכוסה, לעומת זאת באשכול הבוגר, אצבעות האשכול ארוכות ומלאות והוא בד"כ מכוסה. בנוסף לכך, יש התייחסות למספר העלים בצמח האם. בנצר הדגש הוא האם יש עלי חרב (עלי חרב-עלים דקים וארוכים) בלבד, או שכבר התפתחו עליים רחבים (מעל 25 ס"מ רוחב) וכמה מהם ישנם. תצפיות המטע העלו אפשרויות רבות של שילובים, ובשל כך גם השונות גדולה. לאחר התייעצות עם ד"ר יאיר ישראלי (מומחה לגידול הבננה), צמצמנו את מספר המצבים הפנולוגיים. ההערכה המקורית של המצבים הפנולוגיים וההערכה לאחר צמצום נמצאת בטבלה 2.

טבלה 2: אופן הערכת המצב הפנולוגי המקורי של צמח הבננה, וההערכה לאחר צמצום.

המצב הפנולוגי	ההערכה המקורית	המצב הפנולוגי	ההערכה לאחר צמצום
1	נצר עם מקסימום 6 עלי חרב	1	נצר עם עלי חרב ועד לנצר עם 3 עליים רחבים
	נצר בעל לפחות 7 עלי חרב ללא עליים רחבים		
3	נצר בעל 2 עליים רחבים מקסימום	2	צמח בעל 4 - 9 עליים רחבים
	נצר בעל 3 עליים רחבים		
5	אמא בעלת 4-9 עליים רחבים	3	אמא לפני פריחה (החל מ-10 עליים רחבים ועד לפריחה)
	אמא בעלת 10 עליים רחבים ועד לפריחה כולל		
7	אמא בעלת אשכול לא מכוסה	4	אמא אחרי פריחה
	אמא בעלת אשכול מכוסה		

2.1.3 מעקב אחרי קמחית ההדר

(א) אוכלוסיית הזחלנים (בשלבים מתקדמים) והנקבות הבוגרות של קמחית ההדר, תועדה והוערכה במקביל לתיעוד וההערכה של אוכלוסיית כנימת הבננה במטע בסעיפים א'(i) ו-א'(iii). גודל האוכלוסייה נקבע על פי מדד כדלהלן: $1 = \text{עד } 10$ קמחיות, $2 = \text{מעל } 11$. לקראת סיום התוצאות, המדד שונה לדרוג: $1 = 5$, $2 = 20$.

(ב) לכידת זכרים. הלכידה הייתה באמצעות מלכודות פרומון (היחידה לכימיה של המחלקה לאנטומולוגיה במינהל המחקר החקלאי, ישראל). המלכודות היו בנויות בצורת דלתא 10×16 ס"מ (רוחב X אורך), עם גדיפיות של פרומון נקבי שנתלו באמצע המלכודת בעזרת אטב. הגדיפיות הכילו $50 \mu\text{g}$ של הפרומון

Bierl- et al., 1981) (+)-(1*R*)-*cis*-2,2-dimethyl-3-isopropenyl cyclobutane methanol acetate (Leonhardt). בתחתית המלכודת הונח לוח פוליגל עליו נמרח דבק תמידי שקוף. המלכודות נתלו בעזרת סרט סימון על עלי הבננה בגובה שנע בין 1-1.5 מטרים (ראה תמונה 3). מלכודות הפרומון פוזרו בשתי החלקות של קיבוץ החותרים, ארבע מלכודות בכל חלקה. המלכודות הוחלפו אחת לחודש במקביל להחלפה של מלכודות הדבק של כנימת הבננה. הפרטים שנלכדו בכל מלכודת נספרו בעזרת סטריאומיקרוסקופ.



תמונה 3: מלכודת פרומון ללכידת זכרי הקמחית, כפי שנתלתה בחלקות בקיבוץ החותרים.

2.1.4 אפיון אוכלוסיית האויבים הטבעיים של כנימת הבננה

(i) הרכב המינים של האויבים הטבעיים של כנימת הבננה נחקר באמצעות מספר שיטות:

א. תצפיות ישירות במטע הבננה, הן בחלקות הדגימה הקבועות והן במטעי בננה נוספים בעין- איילה, ובשדה- תרומות. פרטים בוגרים של אויבים טבעיים של כנימת הבננה שנמצאו במטע, נאספו באמצעות אספירטור, בעוד דרגות התפתחות צעירות יותר נלקחו למעבדה, וגודלו עד לגיחת הבוגרים. הבוגרים מוינו לסדרות ו/או סוגים, ונשלחו להגדרה ע"י מומחים (זבובאים - Dr. Netta Dorchin-Bucknell University, ד"ר אמנון פרידברג-אוניברסיטת תל אביב; חיפושיות - פרופ' ולדימיר צ'יקטונוב-אוניברסיטת תל אביב, Dr. Raimundo- Armando University of Évora; צרעות טפיליות - Dr. Jose Manuel Michelena Saval- University of Valencia).

ב. הצבת "פיתיונות כנימה" במטע. כפיתיונות שימשו שתילי בננה שאוכלסו בכנימת הבננה במעבדה, והוצבו במטע בחודשים בהם הכנימה פעילה במיוחד (יוני-יולי, אוקטובר-נובמבר, כפי שהתברר במהלך המחקר), לתקופה קצובה (בין שבועיים לחודש). האויבים שנצפו תועדו, ונלקחו להגדרה.

(ii) שינויים עונתיים של אוכלוסיית האויבים הטבעיים: במהלך המחקר, נערך במקביל לסקר הפנולוגיה של כנימת הבננה (בבתי-הבננה ובנצרים), מעקב אחר נוכחות האויבים הטבעיים של הכנימה. האויבים השונים תועדו ע"פ הקבוצות כדלקמן: מושיות (Coccinellidae), זבובי-רהף (Syrphidae), יתוצים (Cecidomyidae), צרעות טפיליות (Aphidiidae), תוך ציון מספר הפרטים שנאספו מכל קבוצה.

2.1.5 הרכב מיני הנמלים במטע

להערכת מידת הקשר בין כנימת הבננה לנמלים המלוות, נדגמו עמלות - נמלים שנצפו בסביבת מושבות כנימת הבננה וקמחית ההדר. העמלות הוגדרו באמצעות מפתח להגדרת נמלים (קוגלר, 1984), בסיועו של ד"ר ארמין יונסקו מאוניברסיטת תל-אביב.

בנוסף, בכדי לבחון את מגוון מיני הנמלים הפעילות במטע ואת נוכחותן במהלך היום, בוצע ניסוי בעזרת פיתיונות (ראה תמונה 4) כדלהלן: בכל חלקה הוצבו 5 תחנות האכלה, כאשר כל תחנה כללה לוח פוליגל צהוב (24.0X15.5 ס"מ). על כל לוח הודבקו ע"י דבק דו צדדי שלוש צלחות פטרי (בקוטר 50 מ"מ). בכל צלחת הונח פיתיון אחר: ביצה-קשה (מרוסקת), חמאת- בוטנים או טונה משומרת (טונה במים). פיתיונות אלו נבחרו לאחר סדרת ניסויי-פיילוט בשטח (21/9/06), שהראו כי אכן נמלים ממינים שונים נמשכות אל פיתיונות אלה. הניסוי נערך בשלושה מועדים: ב- 21/9/06, 28/11/06 ו- 10/7/07, כשבכל מועד המלכודות הוצבו פעמיים למשך שעתיים: בשעות הבוקר (8:00-10:00), ואחר הצהריים (13:00-15:00). בעקבות אכילת הפיתיון על ידי גורם בלתי ידוע במועד הראשון, מהמועד השני והלאה כוסו לוחות הפוליגל עם הפיתיונות ברשת אלומיניום שנעצה באדמה ע"י יתדות.



תמונה 4: לוח הפוליגל עם צלחות הפיתיון השונות (א-טונה, ב-חמאת בוטנים וג-ביצה קשה). משמאל- עם רשת הגנה, מימין- לאחר הסרת הרשת. בתמונה מימין ניתן גם להבחין בנמלים הבאות אל הפיתיונות (נראות כנקודות כהות על רקע הפוליגל הצהוב).

2.1.6 בחינת השפעת הנמלים על גודל אוכלוסיית הכנימה ונוכחות אויביה הטבעיים

לניסוי שימשו צמחי בננה בעציצים בגובה של 20-40 ס"מ. אכלוס העציצים בכנימת הבננה נעשה במעבדה בעזרת העברה של כנימות מאוכלוסייה קיימת בחדר גידול אל העציצים הנ"ל, ע"י מכחול עדין. נעשה שימוש רק באותם העציצים בהם התבססה אוכלוסיית הכנימה והגיעה לכדי מאות פרטים. התעוררה בעיה של הגעה והתגודדות של הנמלים בעציצים עוד לפני שהוצבו במטע, בעיה שנפתרה חלקית ע"י פיזור פיתיון מגורען (Niban א.פ מזיקי עץ בע"מ-רמת גן, ישראל), והצפת העציץ במים. עציצים בהם התבססו מושבות נמלים לא נלקחו או שנפסלו בדיעבד. בעיה נוספת הייתה התמוטטות של חלק מהשתילים בעציצים עוד לפני ההצבה במטע, אם בגלל פגיעה ע"י אוכלוסיית הכנימה, ואם בגלל בעיות אחרות, כמו למשל ריקבון. בעיה נוספת שצצה במטע הייתה רוחות חזקות שהפילו את העציצים. הפתרון לכך היה שימוש בעציצים בעלי נפח של 5 ליטר. לבסוף, הניסוי התבצע במשך שבועיים בחודשים

אוקטובר-נובמבר, בשנים העוקבות 2006-2007. בסה"כ הועמדו בהצלחה 11 זוגות של עציצים המאוכלסים בכנימה, מתוכם 11 עציצים נמרחו (בשליש העליון של העציץ) בפס של דבק תמידי שקוף בכדי למנוע הגעת הנמלים אל הצמח, בעוד ש- 11 עציצים נוספים לא נמרחו בדבק (כביקורת). העציצים פוזרו באופן אקראי בחלקת הניסוי המרושתת בכפר גלים, כאשר בכל נקודה הונחו 2 עציצים: אחד עם ואחד ללא דבק. על העציצים ללא הדבק הושענו חלקי צמח יבשים בכדי להקל על מעבר הנמלים. כל עציץ חובר למערכת ההשקיה בטפטוף של המטע (ראה תמונה 5). הערכת גודל אוכלוסיית הכנימה והאויבים הטבעיים התבצעה לאחר שבוע במטע עצמו ולאחר שבועיים במטע ו/או במעבדה. במהלך הבדיקה, גודל אוכלוסיית הכנימה הוערך על פי הדירוג שנקבע בסעיף א' (i), תוך כדי בחינה יסודית של פני כל הצמח. לעומת זאת, כל האויבים הטבעיים שניתן היה להבחין בהם נספרו.



תמונה 5: בחינת ההשפעה של מניעת גישה של הנמלים, על אוכלוסיית כנימת הבננה. מימין עציץ ללא דבק (ב2) ומשמאל עציץ עם הדבק החוסם את הנמלים (2). הדבק נמרח בחלקו העליון של העציץ. כמו כן, נמרח צינור הטפטפת המוביל לעציץ.

2.2 ניסוי מעבדה

2.2.1 בחינת השפעת טמפרטורה על התפתחות כנימת הבננה

(i) נימפות לאחר 24 שעות מזמן השרצתן, גודלו בתנאים מבוקרים באינקובטורים (VELP Scientifica Milano, -) בתנאי יום ארוך 14 שעות אור, ו-10 שעות חושך, במספר משטרי טמפרטורה: 17°C , 15°C , 12°C , 10°C , 20°C , 25°C , 28°C , 30°C , 32°C . הכנימות גודלו כל אחת בנפרד על קטעי עלי-בננה בצלחות פטרי (50 מ"מ) עם מצע אגר 2% (פינקלמן כימיקלים בע"מ- יהוד, ישראל), כאשר בכל חזרה היו 25-30 פרטים. המעקב אחר התפתחות ורבייה של כל אחד מהפרטים התבצע בד"כ מידי יום או יומיים עד למותם. תועדו מספר משתנים: מספר הצאצאים שהשריץ כל פרט, משך זמן התפתחות (כמה זמן לקח לפרט להגיע לבגרות), משך תקופת ההשרצה, משך זמן בין סיום ההשרצה עד למוות, ומשך החיים סה"כ.

(ii) כדי לבדוק את ההשפעה של השינוי בטמפרטורה (מנמוכה לאופטימלית ולהיפך), כאשר הכנימות נכנסות לשלב ההשרצה, נערך הניסוי הבא: שתי קבוצות של נימפות לאחר 24 שעות מזמן השרצתן, גודלו בשני משטרי טמפרטורה: 15°C ו- 25°C , עד להתבגרותן. סה"כ הכנימות שהתבגרו, בכל משטר טמפרטורה, חולקו ל-2 קבוצות: לאחת ניתן להמשיך להתפתח בטמפרטורה בה החלה את התפתחותה, והשנייה הועברה לטמפרטורה האחרת. כלומר, מחצית מהכנימות שהתפתחו ב- 15°C , הועברו בהמשך ל- 25°C , ולהפך. בניסוי זה נבחנו אותם המשתנים שנבחנו בסעיף הקודם.

2.2.2 בחינת פונדקאים פוטנציאליים נוספים של כנימת הבננה הגדלים בארץ

(i) נבחנה התפתחות הכנימה על נציג ממשפחת הלופיים Aracea, המצויים בצמחיית הבר בישראל וגדלים בסמוך למטעי הבננה- הלופית המצויה Targioni-Tozzeti *Arisarum vulgare*. בנוסף, נבחנה התפתחות הכנימות על שני זנים איזוגניים של עגבנייה, (העגבנייה מופיעה בספרות כפונדקאי של כנימת הבננה), ובנוסף לכך מגודלת במקומות רבים בישראל. זני העגבנייה עליהם נבחנה התפתחות הכנימה היו הזן של שדה פתוח cv. Castlemar (wt) של *Lycopersicon esculentum*, והמוטנט שלו def-1 הפגוע בייצור החומצה הג'סמונית, כך שנפגעת יכולת הגנה של הצמח כנגד הרביבורים שונים (Chuanyou et al., 2002). בחינת התפתחות כנימת הבננה על הצמח המוטנט של העגבנייה באה כדי לבדוק האם כאשר פוחתת יכולת ההגנה של הצמח, כנימת הבננה מסוגלת לשרוד ולהתפתח בצורה טובה יותר. צמח הבננה (מהזן Grand Nain), שימש כביקורת. הניסויים נערכו על קטעי עליים מנותקים בצלחות פטרי בקוטר של 90 מ"מ. חלקי העלים הונחו על מצע של נייר סינון ספוג במים, ועל כל עלה הונחו שתי נקבות בוגרות. הצלחות הונחו בתאי גידול בטמפרטורה של 25°C בתנאי יום ארוך 14 שעות אור ו-10 שעות חושך. הואיל והתפתחות סבירה של הכנימה נצפתה על הלופית המצויה בלבד, נערך ניסוי המשך במתכונת של הניסוי של השפעת הטמפרטורה (סעיף 2.2.1 (i) לעיל) ובאותה שיטת גידול.

(ii) ניסוי העדפה: העדפת כנימת הבננה בין צמח בננה למיני צמחים ממשפחת הלופיים, נבחנה בניסוי מעבדה בכלובים (34X37.5X60) אורךXרוחבXגובה בהתאמה, ראה סכימה בתחתית הכיתוב הנוכחי). בכל כלוב הושמו שני עציצים אחד עם צמח בננה ואחד עם צמח ממשפחת הלופיים (לופית מצויה- Targioni-Tozzeti *Arisarum vulgare* או לחילופין לוף ירוק- Boissier *Arum hygrophilum*), כאשר שני מיני הצמחים היו ללא הכנימות. כ-30 כנימות מכונפות שנלקחו מהאוכלוסייה הקיימת בחדר הגידול, שוחררו אל חלל הכלוב ממתקן שהיה ממוקם באמצע הכלוב במקביל לגובה של עלוות הצמחים (כך שברגע השחרור, הכנימות יוכלו להבחין בעלווה של שני מיני הצמחים הנבחנים). לאחר 4-5 ימים, נבדק כמה פרטים התיישבו על כל אחד מהצמחים שנבחנו. בסה"כ היו 5 חזרות (5 כלובים) לכל מין פונדקאי שנבחן.



סכימה של ניסוי הבחירה כפי שבוצע במעבדה.

2.3 ניתוח התוצאות

התוצאות מוצגות כמוצע עם שגיאת תקן (אלא אם צוין אחרת). בטרם עיבוד סטטיסטי במידת הצורך, עברו הנתונים טרנספורמציה ל- $\ln(X)$ או $\sqrt{x+0.5}$.

בחירת הבדלים בין שתי קבוצות נעשתה באמצעות Student t-test או Wilcoxon Signed Rank test. בהתאם לסוג המשתנים. הבדלים בין יותר משתי קבוצות נבחנו במבחן שונות חד/דו כיווני או תלת-גורמי ANOVA (בהתאם למספר המשתנים) בפרוצדורת GLM (2002 SAS). במידה ונמצא שוני מובהק, נערך ניתוח לבדיקת הבדלים בין הקבוצות השונות Student Newman Keuls test (SNK). מידת המתאם בין משתנים שונים נבדקה באמצעות Pearson correlation test. קשר ליניארי בין משתנים נבחן במבחן רגרסיה בפרוצדורת REG (2002 SAS).

3. תוצאות

3.1 כנימת הבננה

3.1.1 פנולוגיית כנימת הבננה בהקשר לפנולוגיית צמח הבננה

בית בננה כולל יחידות צמח ממספר רב של שלבי צימוח. 15 השכיחים מצוינים בטבלה 3. לתיאור פשטני של מצב מורכב זה, בחרנו להציג את אוכלוסיית הכנימה הנחקרת בארבעה שלבי צימוח עקרוניים: שני מצבי נצר: צעיר בעל עלי חרב בעיקר או בוגר בעל עלים רחבים, ושני מצבי אמא: לפני או אחרי פריחה. כל אחד משלבי צימוח אלו קיים בבתי הבננה לאורך השנה, אם כי שכיחותם משתנה (איור 1). כדלקמן, מהשכיח ביותר ועד לשכיח במידה הקטנה ביותר: נצר עם עלי חרב < אמא לפני פריחה > אמא עם אשכול < נצר בוגר. התנודתיות העונתית מורגשת בעיקר לגבי המרכיב של האמא עם האשכול. האשכול מופיע בבית הבננה בשכיחות גבוהה בעיקר בין החודשים אוקטובר-פברואר, מאפריל נרשמת ירידה הנמשכת עד לסביבות יוני-יולי (ולעיתים גם אוגוסט), ומאז שוב מתחילה לעלות בשכיחותה עד שמגיעה שוב לשיא בסביבות אוקטובר-דצמבר וחוזר חלילה. בד"כ כשישנה עלייה בשכיחות האמא עם האשכול, ישנה ירידה בשכיחות הנצר הצעיר והאמא לפני פריחה. באופן כללי, לא נראה שישנו שוני מבחינת שכיחות מרכיבי בית הבננה בין החלקות השונות ובין בתי הגידול.

טבלה 3: המופעים הפנולוגיים העיקריים של צמח הבננה כפי שנצפו בחלקות השונות במחקר הנוכחי.

1- נצר צעיר	9- אמא אחרי פריחה עם נצר צעיר
2- נצר בוגר	10- אמא אחרי פריחה עם נצר בוגר
3- נצר צעיר ובוגר	11- אמא אחרי פריחה עם נצר בוגר וצעיר
4- אמא לפני פריחה	12- אמא אחרי פריחה ואמא לפני פריחה
5- אמא לפני פריחה ונצר צעיר	13- אמא לפני פריחה, אמא אחרי פריחה ונצר צעיר
6- אמא לפני פריחה ונצר בוגר	14- אמא לפני פריחה, אמא אחרי פריחה ונצר בוגר
7- אמא לפני פריחה ונצר בוגר וצעיר	15- אמא לפני פריחה, אמא אחרי פריחה ונצר בוגר וצעיר
8- אמא אחרי פריחה	

3.1.2 מיקום אוכלוסיית כנימת הבננה בבית הבננה

באופן כללי, ניתן למצוא את הכנימה בכל חלקי הבית, הן על צמח האם, והן על הנצרים בדרגות השונות. כשמשווים את רמת אוכלוסיית הכנימה הממוצעת באמא לעומת הנצר (איור 2), ניתן לראות כי האוכלוסייה הגבוהה יותר נמצאת רוב הזמן בנצר. את זאת ניתן לראות היטב בכל החלקות, כאשר בחלקה המרושתת של כפר גלים התופעה בולטת במיוחד (איור 2א). המקרים יוצאי הדופן בהם באמא הייתה אוכלוסייה גבוהה יותר הם: ביוני 2006 בחלקה הפתוחה של כפר גלים (איור 2ב), בפברואר, אפריל ואוגוסט 2006 וכן ביוני 2007 בחלקה המרושתת של החותרים (איור 2ג), ובחודשים פברואר 2006 ואוגוסט 2007 בחלקה הפתוחה של החותרים (איור 2ד). באופן כללי, ניתן

לראות כי העלייה באוכלוסיית הכנימה על צמח האם מתרחשת בעיקר בחודש יוני ביחס לשאר החודשים, ולעיתים אוכלוסייה זו אף גבוהה יותר מאשר אוכלוסיית הכנימה בנצר.

מבחינה סטטיסטית, נמצא כי בחודשים אוקטובר 2005 ודצמבר 2006 בחלקה המרושתת של כפר גלים, ובאוקטובר 2005 בחלקה הפתוחה של כפר גלים, אוכלוסיית הכנימה בנצר הייתה גבוהה יותר באופן מובהק מאשר באמא (Wilcoxon test, $p < 0.05$), ובשאר החודשים לא היה הבדל מובהק, בעיקר בגלל גודל מדגם קטן.

כשהשוונו בין השינויים העונתיים ברמת אוכלוסיית הכנימה באמא לעומת הנצר, נמצא מתאם חיובי וגבוה בין רמת האוכלוסייה באמא לאוכלוסיית הנצר בכל החלקות (Pearson correlation, $df=12$, $r=0.75$, 0.95 , $p < 0.01$) המרושתת של כפר גלים והפתוחה של החותרים בהתאמה, ו- $r=0.64$, $p < 0.05$ בחלקה הפתוחה של כפר גלים). בחלקה המרושתת של החותרים ההתאמה הייתה נמוכה יותר ($r=0.5$). מהמתאם הגבוה ניתן לקבוע שבאופן כללי, האוכלוסייה משתנה בנצר ובאמא במקביל.

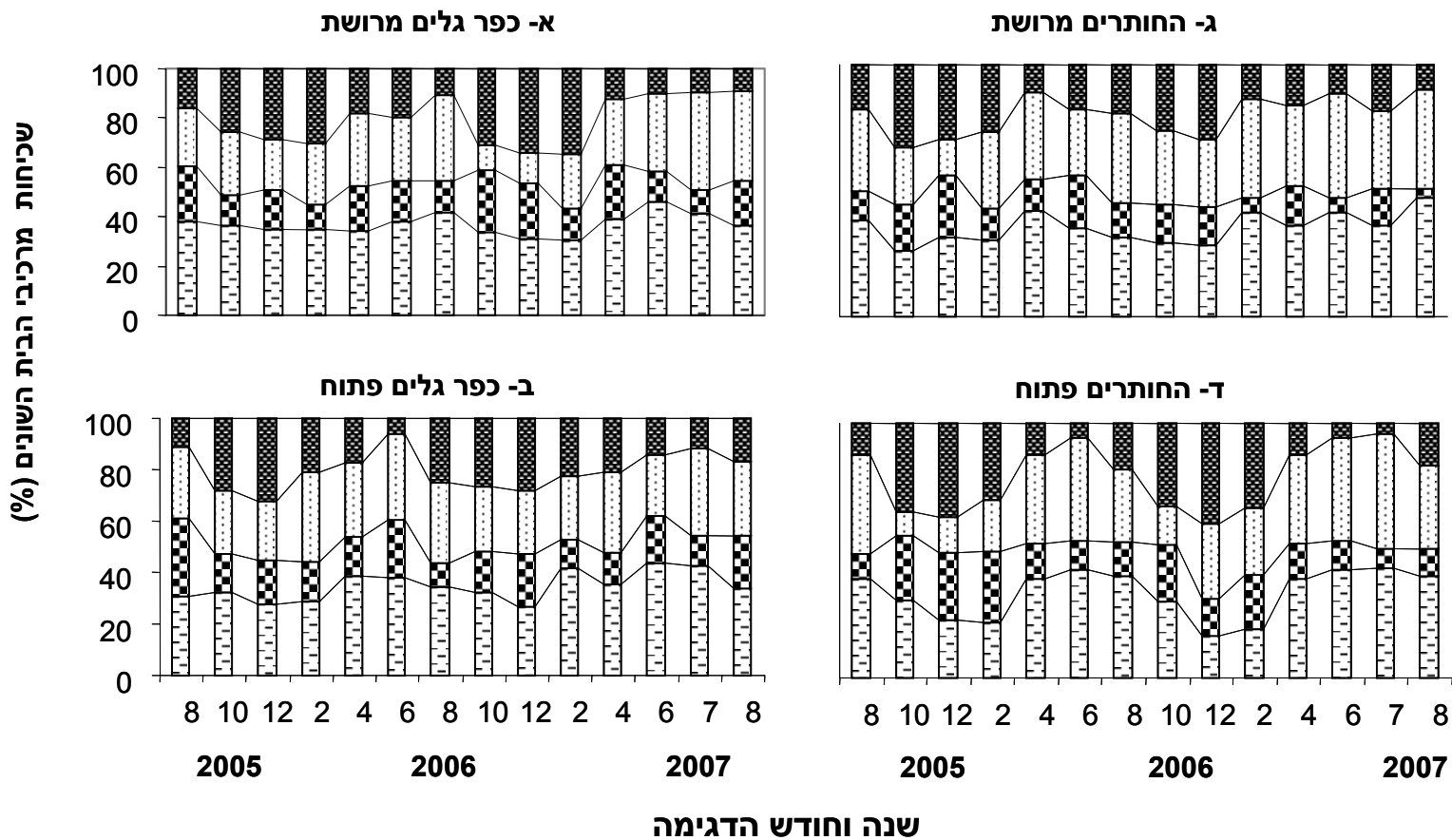
השוואה שנעשתה בין מצבי נגיעות אפשריים בין הנצר (חלק וגטטיבי) לאשכול (חלק רפרודוקטיבי), מגלה כי ברוב המקרים האשכול אינו נגוע, והמצב השכיח ביותר (כ-89%), הוא שרק הנצר נגוע. ב-10% מהמקרים גם הנצר וגם האשכול נגועים, ורק באחוז אחד מהמקרים רק האשכול היה נגוע.

מבחינת מיקום הכנימה באשכול (ניתן להיעזר בתמונה 1 במבוא), נמצא כי לרוב הכנימה נמצאת בענבל- האשכול ולא באשכול עצמו (ב-15 מתוך 19 אשכולות נגועים, הכנימה הייתה בענבל, ורק 9 מתוך 19 האשכולות הכנימה הייתה באשכול).

כשבדקנו האם ישנם שינויים במיקום הכנימה בנצר ובאמא לאורך השנה, נמצא כי בנצרים הצעירים (איור 3), הכנימה נמצאת לרוב בחיקי העלים ובגזעול, וכי בעיקר בחודש דצמבר היא מגיעה גם לאזור קודקוד הצמיחה (לולב) והעלים המרכזיים של הנצר, מגמה החוזרת על עצמה בכל חלקות הניסוי. בצמח האם (איור 4), אוכלוסיית הכנימה נמצאת לרוב בגזעול, ובסביבות החודשים דצמבר-פברואר, היא מגיעה גם לאשכולות (אם כי ניתן למצוא אותה באשכול גם באוגוסט יוני או אוקטובר, אך בדצמבר התופעה בולטת במיוחד). דבר נוסף בולט הוא המצאות הכנימה בחיקי העלים ובקודקוד הצמיחה (לולב) בעיקר בחודש יוני, אך גם לעיתים בחודשים האחרים.

מאחר ולנגיעות האשכולות יש משמעות חקלאית, בדקנו את מועד מעבר הכנימה אליהן (איור 5). נמצא, כי האשכולות נגועים בעיקר בין החודשים אוקטובר-פברואר ומאי-יולי (המגמה של נגיעות האשכולות בלטה בחלקה הפתוחה של כפר גלים באיור 5), בעוד שבחלקה המרושתת של כפר גלים הנגיעות של האשכולות הייתה נמוכה מאוד לאורך שנות המחקר בהשוואה לאשכולות שבשאר החלקות.

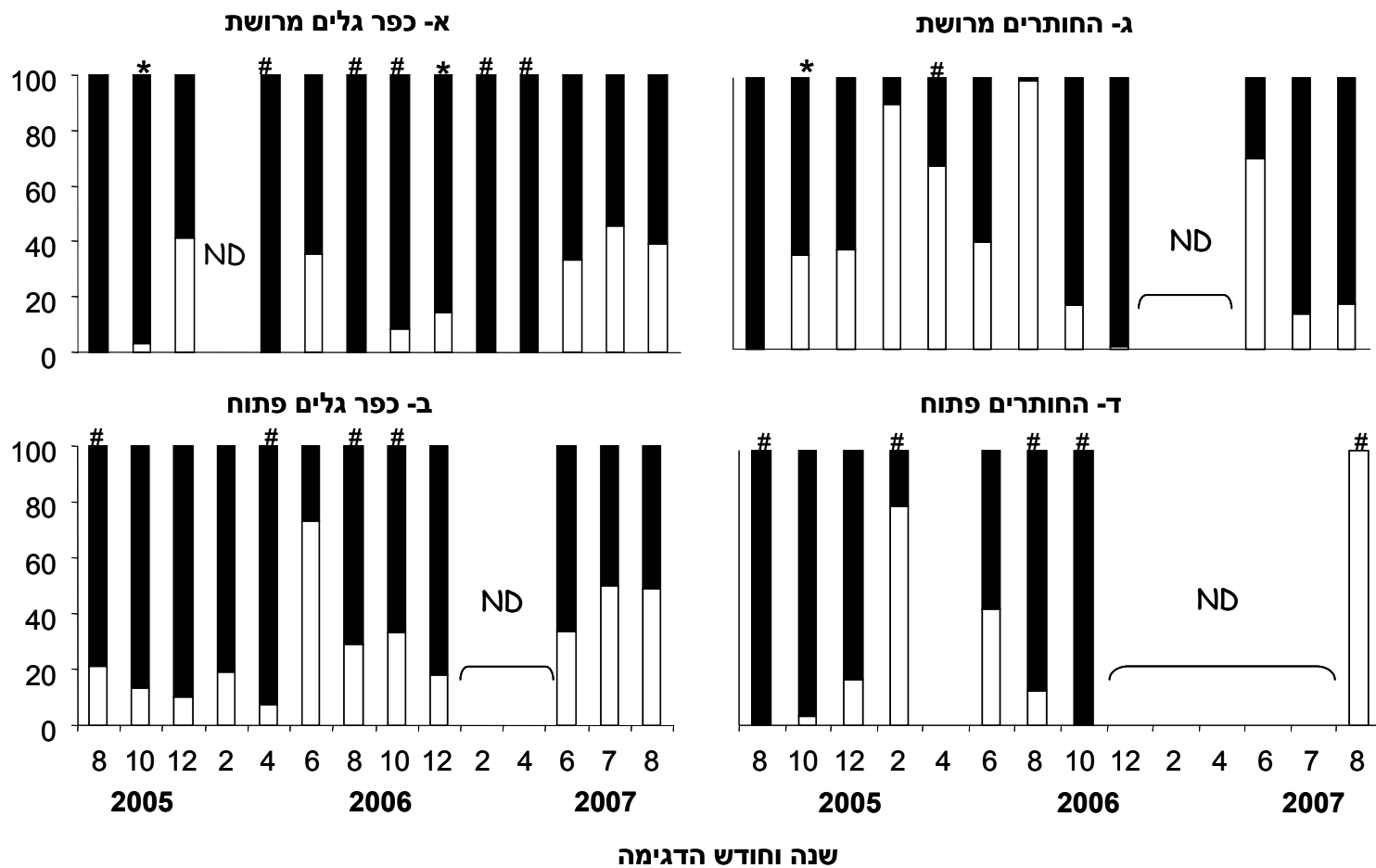
נצר בוגר
 נצר צעיר
 אמא אחרי פריחה
 אמא לפני פריחה



איור 1. השינויים הפנולוגיים במטע הבגנה המבוטאים בשכיחות מרכיבי הבתים, בשנים 2005-2007 בכפר גלים והחותרים.

נצר צעיר-נצר בעל עלי חרב בעיקר, נצר בוגר-נצר בעל עלים רחבים.

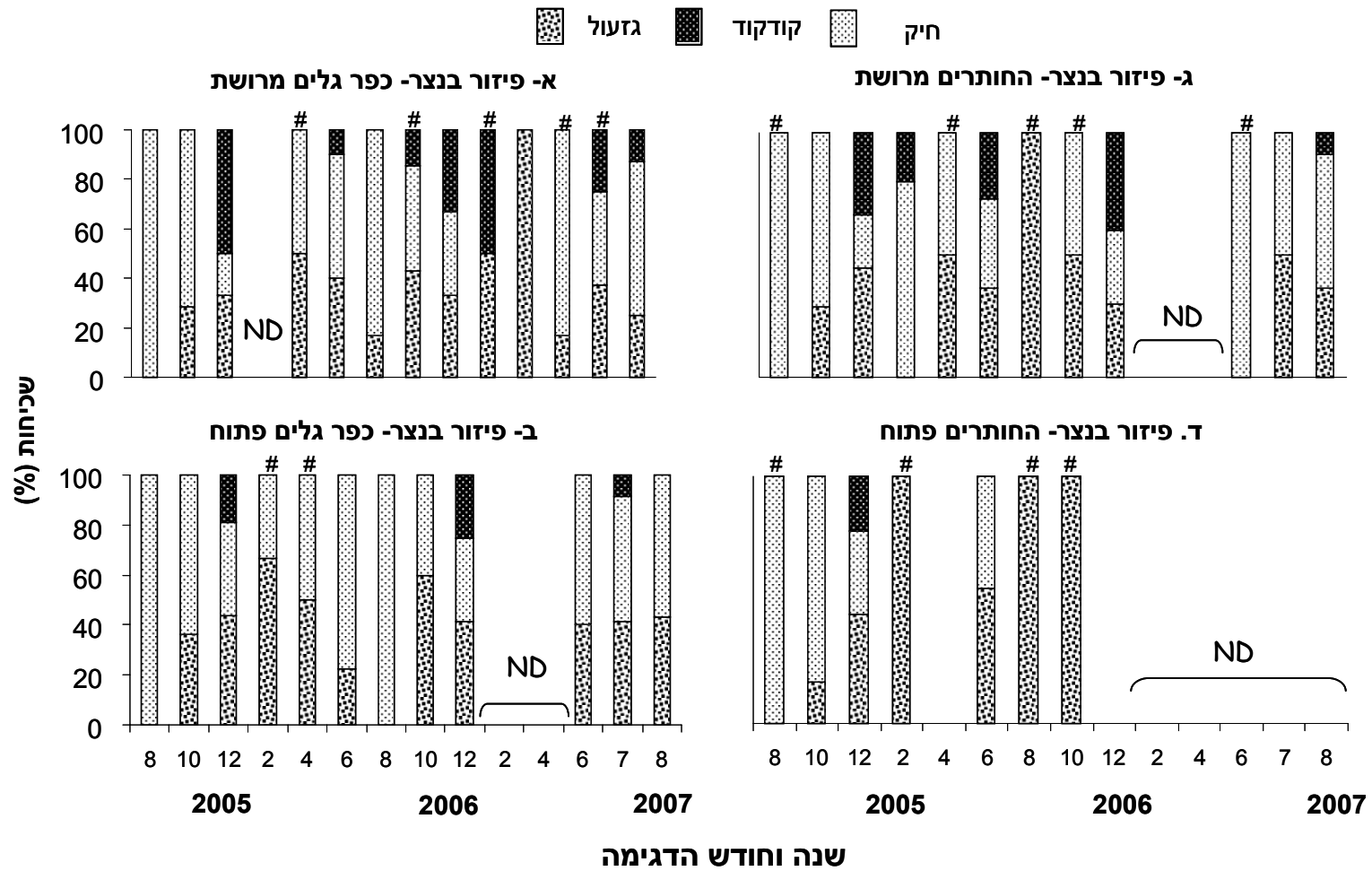
■ נצר □ אמא



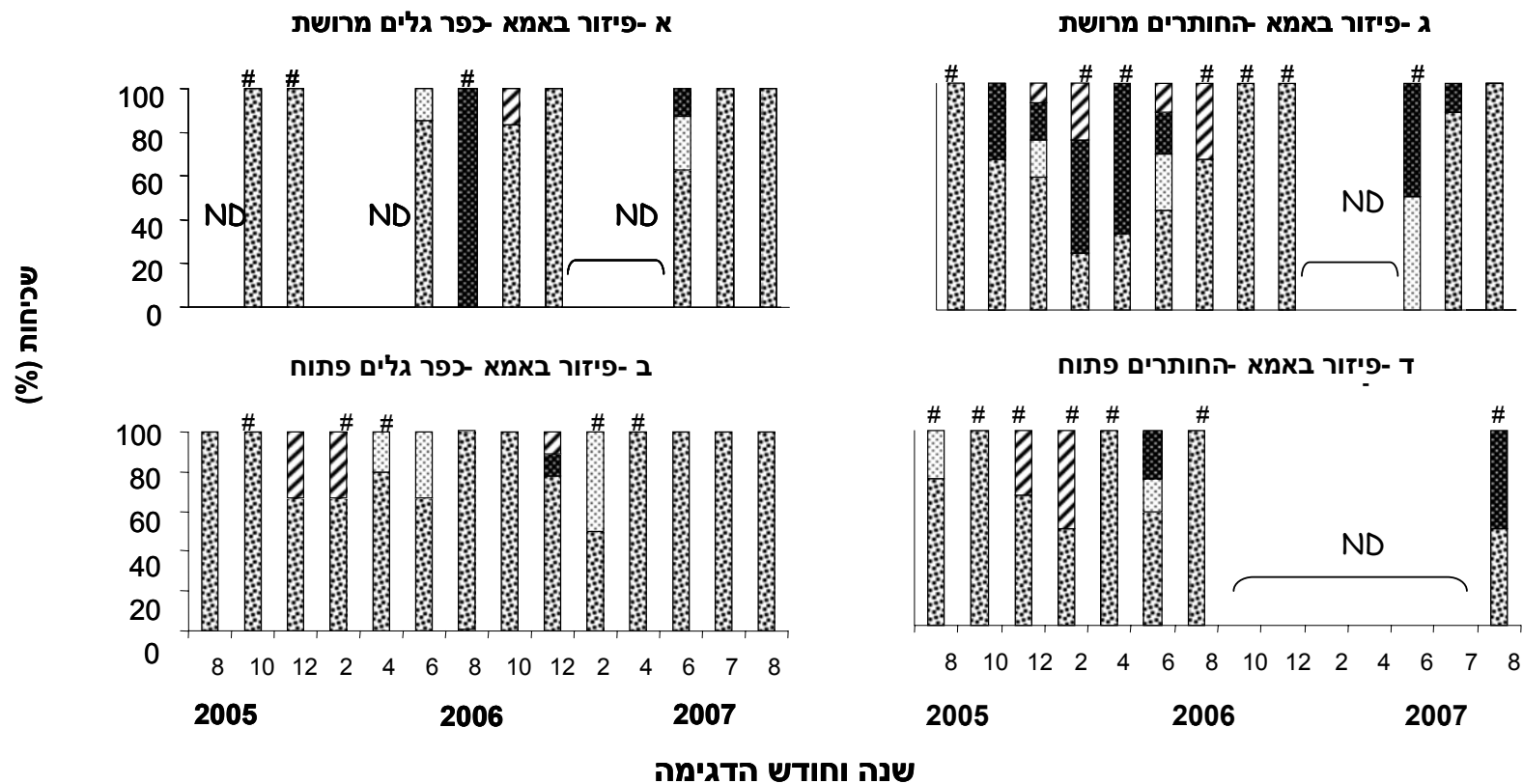
איור 2. השוואה בין רמת אוכלוסית הכנימה בנצר לעומת האמא לאורך השנה בחלקות השונות כפי שנצפתה בסקר הבתים.

ND-לא נצפתה נגיעות של הכנימות בתקופה זו, * - $p < 0.05$ במבחן זוגות ע"פ Wilcoxon Signed Rank test. מספר החזרות בהן קיימת השוואה בין

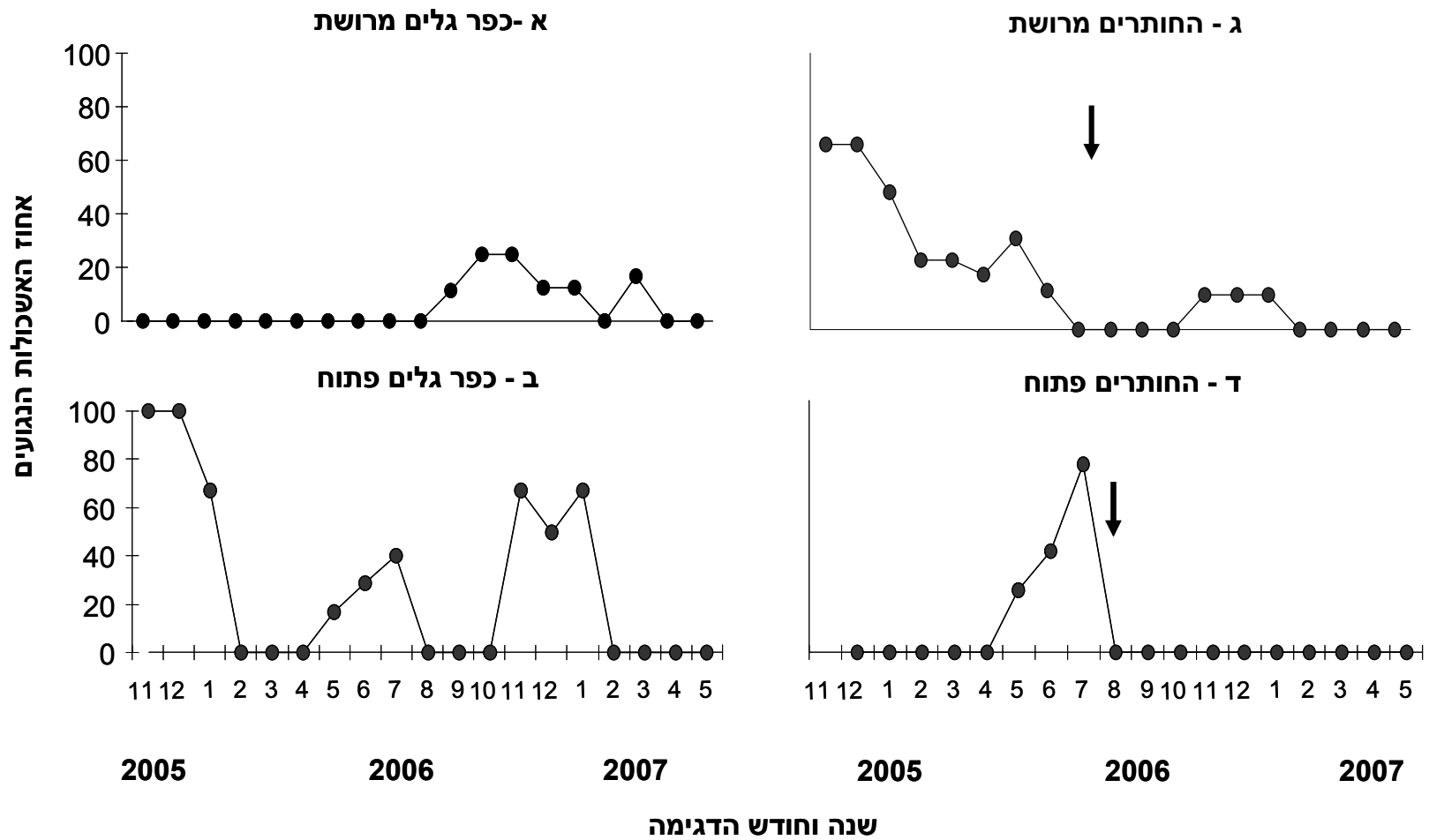
אמא לנצר (לעיתים רק האמא או הנצר קיימים), נע בין 1 ל-7 בכל מועד דגימה, כאשר הממוצע הוא כ- 4.5 חזרות. #-מסמן פחות מ-4 חזרות.



איור 3. תנודתיות האוכלוסייה של כנימת הבננה לאורך השנה בנצרים הצעירים באתרים כפר-גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. ND- לא נצפו כנימות בנצרים בתקופה זו. בכל מועד דגימה, מספר הנצרים הנגועים בכנימה נע בין 1 ל-7, ובמוצע 4. #-מסמן פחות מ-4 חזרות.



איור 4. תנודתיות האוכלוסייה של כנימת הבננה לאורך השנה בצמח האם על פי סקר הבתים, באתרים כפר-גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. ND- לא נצפו כנימות בצמחים הנבדקים בתקופה זו. בכל מועד דגימה, מספר האמהות הנגועות בכנימה נע בין 1 ל-7, ובמוצע 4. #-מסמן פחות מ-4 חזרות.



איור 5. השוואה בין המגמות של הנגיעות הכללית לאורך השנה באשכולות, בחלקות של כפר גלים והחותרים. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.

3.1.3 פנולוגיית כנימת הבננה

הנתונים של אוכלוסיית כנימת הבננה לקוחים משני סקרים: סקר בתי-בננה וסקר נצרים. סקר בתי-בננה נעשה אחת לחודשיים והחל עם תחילת המחקר, ממנו נמצא שמיקומה העיקרי של הכנימה הוא בנצרים צעירים כפי שתואר בסעיף 3.1.2. לכן, הוספנו את סקר הנצרים שהתחיל כחצי שנה מאוחר יותר, אחת לחודש. חשוב לציין שבאוגוסט-2006, בוצעה הדברה באמצעות החומר הסיסטי קונפידור באתר החותרים שפגעה באוכלוסיית הכנימה.

3.1.3.1 השינויים העונתיים של האוכלוסייה הכללית של כנימת הבננה במטע על פי סקר הבתים

מגמת השינויים העונתיים בנגיעות הבתים באוכלוסייה הכללית של הכנימה (איור 6), מראה שבאופן כללי, הכנימה מצויה במטעים לאורך השנה, ושיעור הבתים הנגועים גבוה יחסית (לרוב מעל 50%) בכל חלקות הניסוי. ישנה מגמה ברורה של ירידה בסביבות החודשים ינואר-אפריל, עליה בחודשים מאי-יוני ואף יולי, וירידה בחודשים אוגוסט וספטמבר, אם כי באוגוסט 2007, הירידה באחוז הבתים הנגועים פחות מורגשת. בחלקה הפתוחה של החותרים הייתה ירידה חזקה בנגיעות באוגוסט 2006 בעקבות טיפול ההדברה, שנמשכה עד יולי-2007.

3.1.3.2 השינויים העונתיים של מופעי אוכלוסיית כנימת הבננה

ככלל, נמצא שכנימת הבננה מורכבת מאוכלוסיית נקבות שרובן לא מכונפות, ומיעוטן מכונפות. נרשמו שינויים עונתיים ברורים בשכיחות אוכלוסיית הכנימה הלא מכונפות והמכונפת (המגמה פחות ברורה), החוזרת על עצמה בכל החלקות (איורים 7-8). אוכלוסייה נמוכה של הלא מכונפות והמכונפות בסביבות החודשים ינואר-אפריל, (בולטת יותר ב-2006), עליה באוכלוסיית הכנימה בחודשים מאי-יוני ואף יולי, ירידה בחודשים אוגוסט וספטמבר (ולעיתים כבר ביולי, חוץ מהתפתחות חריגה בחלקת החותרים המרושתת בסקר נצרים באוגוסט 2007, שם העלייה נמשכה גם באוגוסט [איור 8]), ושוב עלייה בסביבות החודשים אוקטובר-דצמבר. רמת האוכלוסייה הגבוהה ביותר תועדה בחודשים בחודשים אוקטובר-דצמבר ויוני-יולי, בעוד שרמת האוכלוסייה הנמוכה ביותר תועדה בחודשים פברואר-אפריל. חשוב לציין שמאחר ואוכלוסיית הכנימה מתרכזת בנצרים (איור 2), ובנוסף לכך, הנצרים נבדקו בכל חודש, אז מכאן ואילך רוב התוצאות מתבססות על הנתונים מסקר הנצרים.

בהשוואה בין תנודתיות באוכלוסייה המכונפת לעומת הלא מכונפת, ניתן לראות כי בכל חלקות הניסוי התנודתיות שלהן מקבילה לאורך העונה, הווה אומר שעליות וירידות של הכנימה המכונפת לאורך העונה, באות במקביל לאלו של הכנימה חסרת הכנפיים. המתאם בין שתי האוכלוסיות היה חיובי, גבוה ומובהק ($r=0.74, 0.82, 0.72, 0.69, P<0.01$), למרות $Pearson\ correlation, df=17$ בחלקות כפר גלים מרושת ופתוח, והחותרים מרושת ופתוח בהתאמה), למרות שישנן פעמים בהם השיאים נבדלים בין מופעי הכנימה כמו למשל, בסקר הנצרים בחלקה הפתוחה של כפר גלים בה השיא של הכנימה המכונפת מקדים בחודש את השיא של הכנימה חסרת הכנפיים שנרשם ביוני (איור 8ב). בנוסף לסקרים, נוטרה אוכלוסיית הכנימה המכונפת באמצעות מלכודות דבק. בסה"כ, מספר הפרטים שנלכדו הנו נמוך, ובשיא הגיע לפחות מעשרים לפרטים למלכודת בממוצע לחודש. יחד עם זאת, הכנימות המכונפות נלכדו לאורך רוב

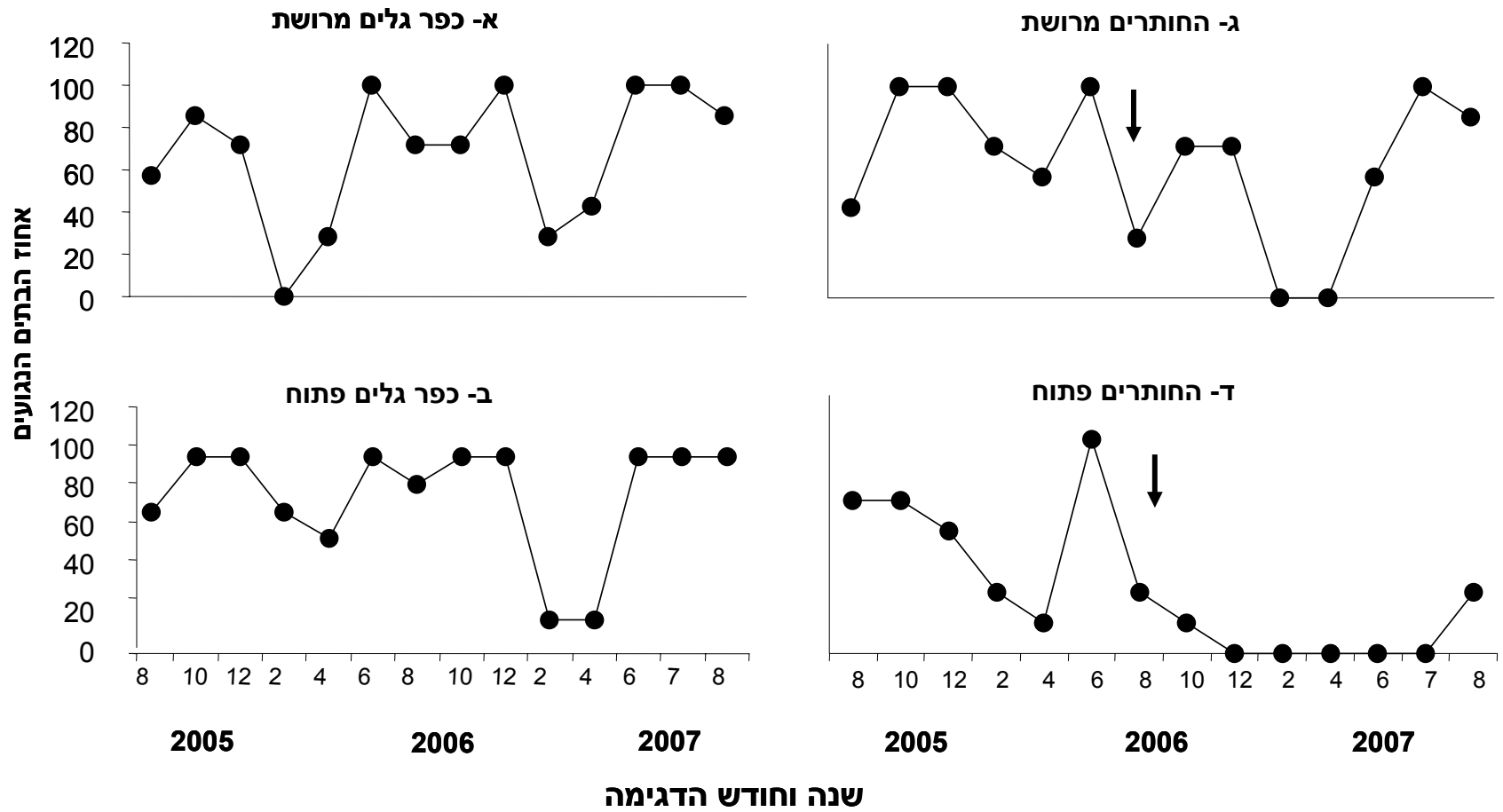
השנה (איורים 9-10) בין החודשים מאי-דצמבר, למעט החודשים ינואר-אפריל (בינואר-פברואר לא היו לכידות כלל, ובמרץ-אפריל היו לכידות מועטות, או שלא היו לכידות כלל).

כשמשווים בין תנודתיות הכנימה המכונפת כפי שנצפתה באוכלוסייה הכללית בנצרים, לבין הלכידות של הכנימה המכונפת במלכודות הדבק (איור 9), ניתן לראות כי בכל חלקות הניסוי העלייה והירידה של הלכידות תואמת היטב את תנודתיות הכנימה בתקופה המקבילה לה (Pearson correlation, $df=16$, $r=0.61$, 0.81 , 0.94 , $P<0.01$) כפר גלים מרושת ופתוח, והחותרים פתוח בהתאמה, ו $r=0.57$ $P<0.05$ בחלקה המרושת של החותרים). מכאן, שהמלכודות משקפות את מצב אוכלוסיית המופע המכונף בשטח, אם כי חריגה מסוימת נראית בחלקת החותרים המרושתת (איור 9ג), שם ישנה עליה ניכרת ברמת אוכלוסיית המופע המכונף בחודש דצמבר 2006 לעומת ירידה בלכידות, וכן באוגוסט 2007 שם החריגה חוזרת על עצמה.

גם כשמשווים בין לכידות המכונפות במלכודות הדבק לבין רמת האוכלוסייה של המופע חסר הכנפיים (איור 10), ניתן לראות כי התנודתיות של האוכלוסייה של המופע חסר הכנפיים תואמת את רמת הלכידות של המופע המכונף. המתאם בין לכידת המכונפות לבין אוכלוסיית הכנימה חסרת הכנפיים היה חיובי, גבוה ומובהק ($r=0.65$, 0.82 , 0.77 , $p=0.01$), כאשר בחלקה המרושתת של החותרים המתאם היה אומנם חיובי, אך קטן יותר ואינו מובהק ($r=0.38$).

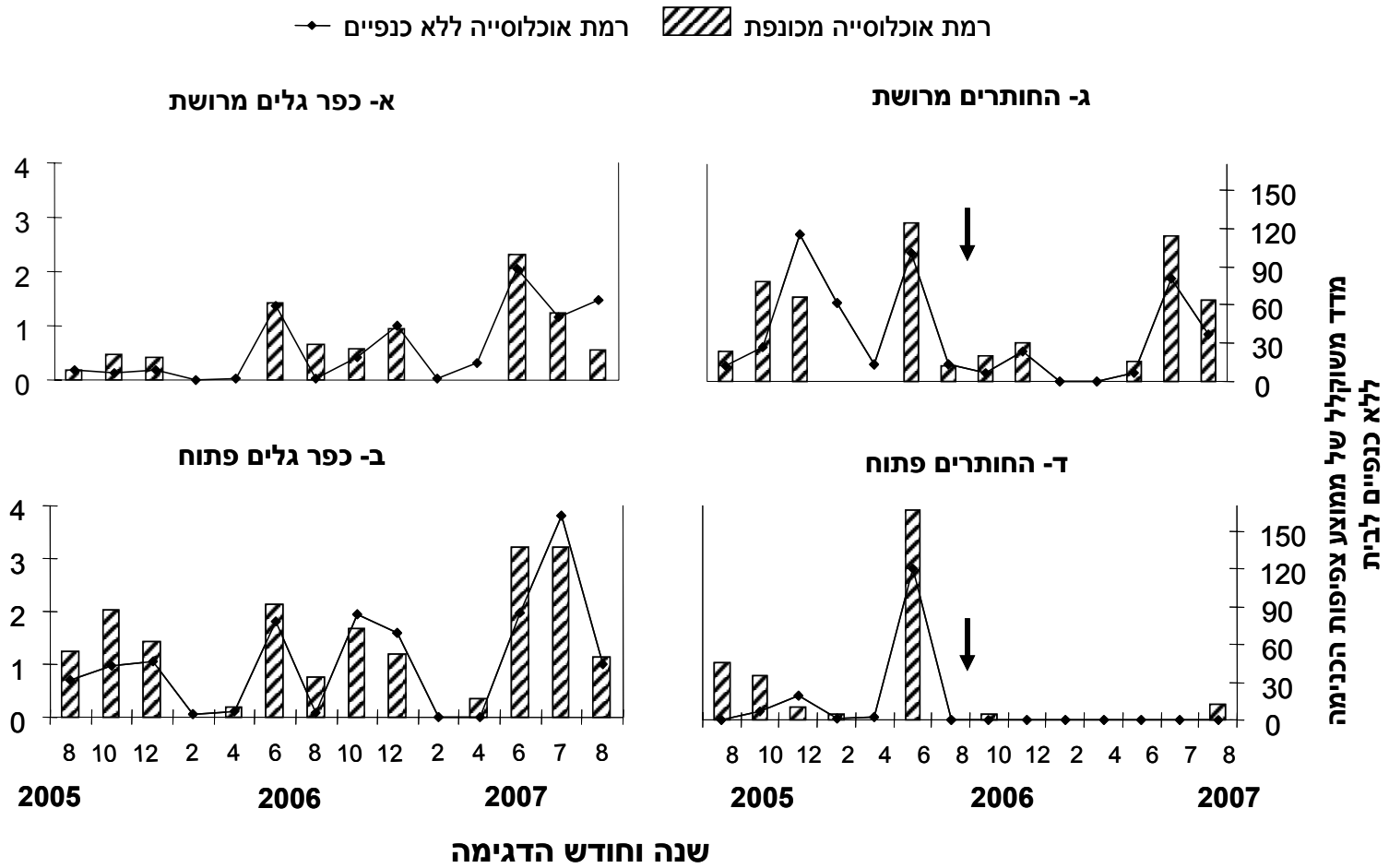
בהשוואת אוכלוסיית כנימת הבננה בין בתי הגידול (פתוח/מרושת) לא נמצאו מגמות ברורות. בקיבוץ החותרים, בחלקה המרושתת הנגיעות ורמת האוכלוסייה של הכנימה היו גבוהים יותר מאשר החלקה הפתוחה לאורך המחקר. לעומת זאת בכפר גלים, המגמה הייתה שונה וגם לא קבועה לאורך שנות המחקר (את המגמות ניתן לראות בנספחים 5 ו-6).

במבחן שונות תלת-גורמי: מיקום, תנאי-גידול, זמן, נמצאה השפעה מובהקת של כל שלושת הגורמים, אך גם כל האינטראקציות ביניהם היו מובהקות (פירוט בנספח 4).



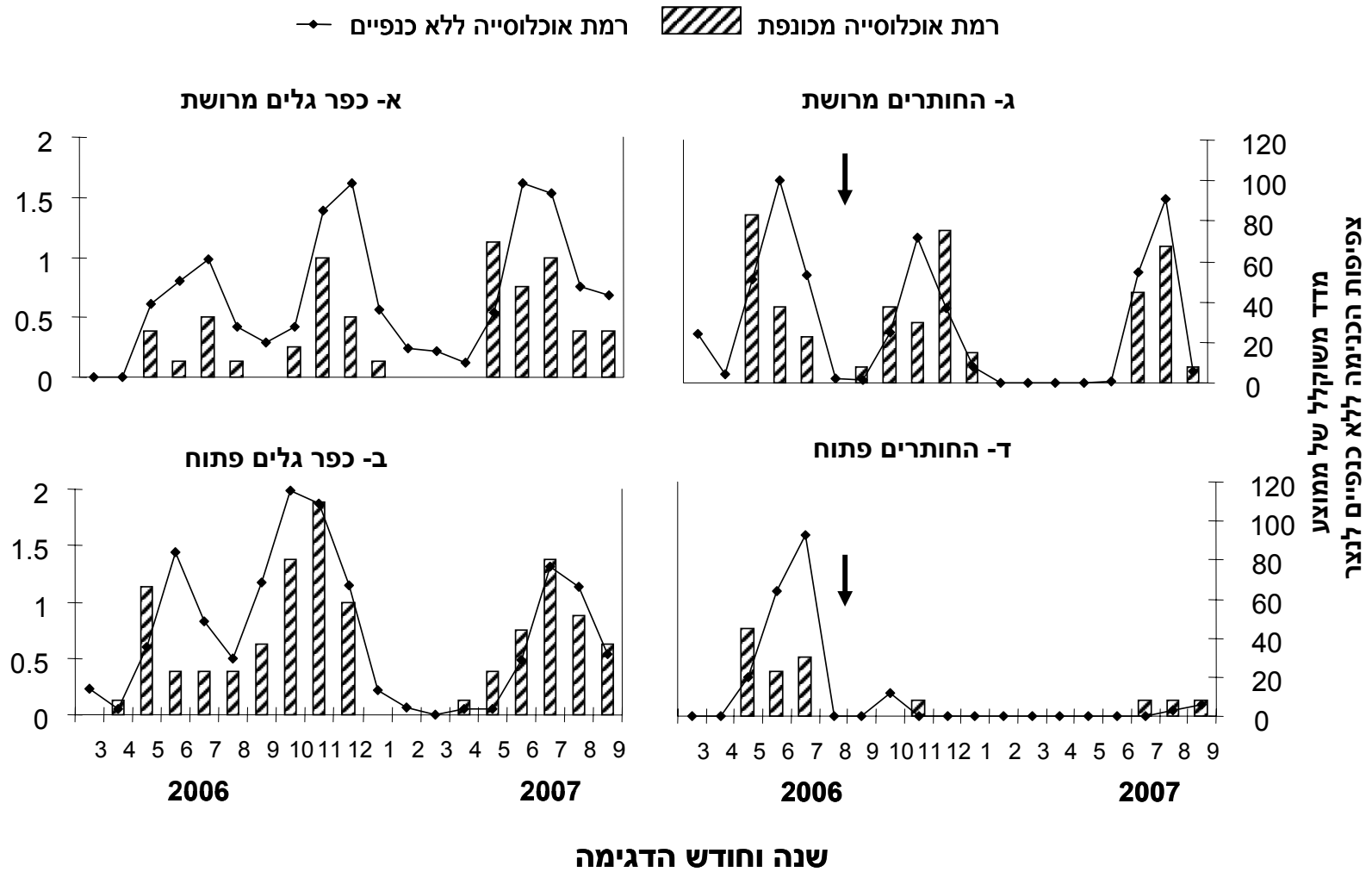
איור 6. השוואה בין המגמות של הנגיעות הכללית של כנימת הבננה לאורך השנה בבתי הבננה, בחלקות של כפר גלים והחותרים. החץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בתקופה זו בחלקות בקיבוץ החותרים.

מדד משוקלל של ממוצע צפיפות הכנימה המכונפת של לילבית

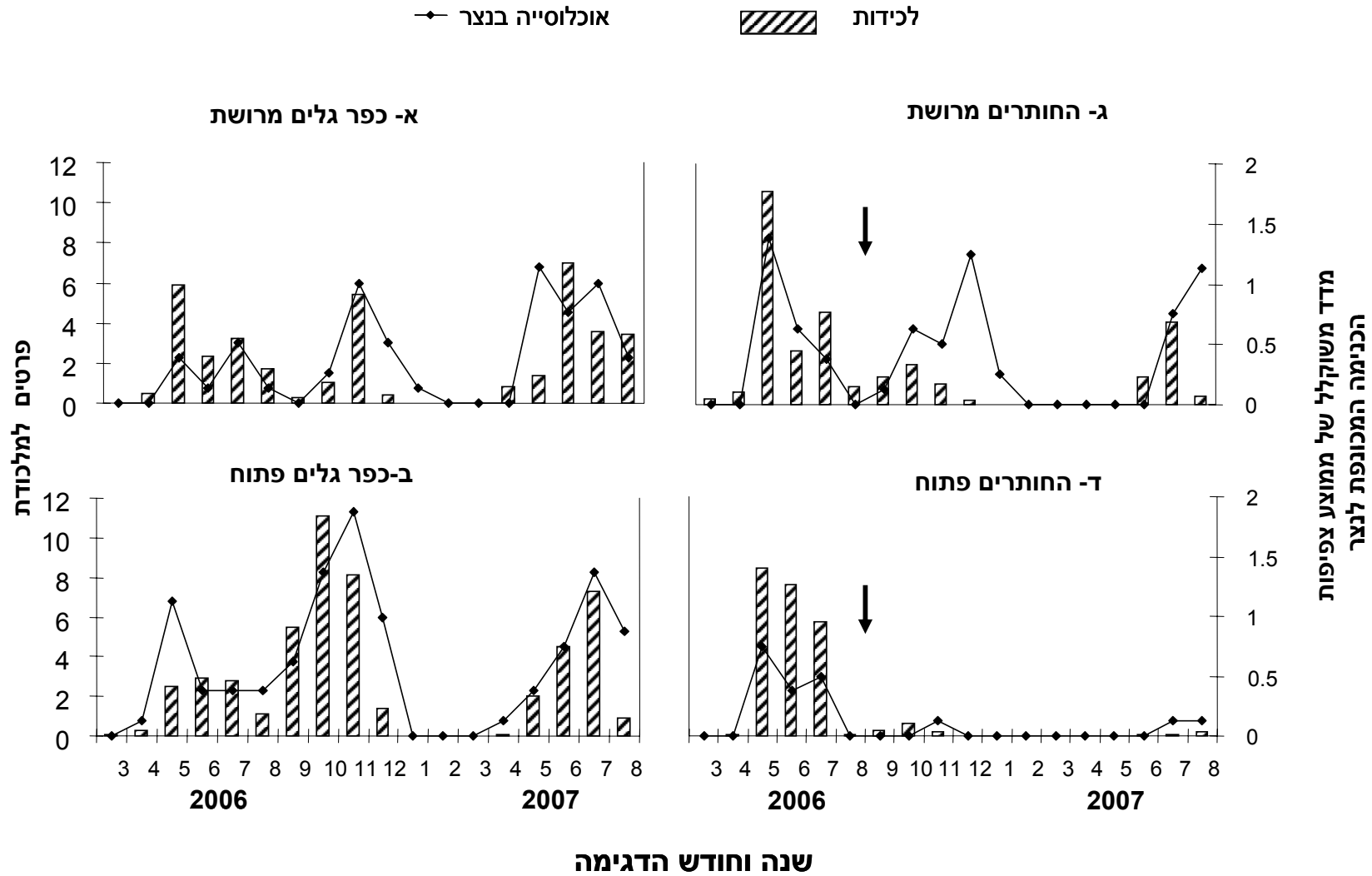


איור 7. השוואה בין תנודתיות של המופע המכונף לבין המופע ללא כנפיים של כנימת הבנגה לאורך השנה בבת-בנגה בכפר-גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. צפיפות האוכלוסייה היא ממוצע משוקלל של 7 בת-בנגה± שגיאת תקן. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.

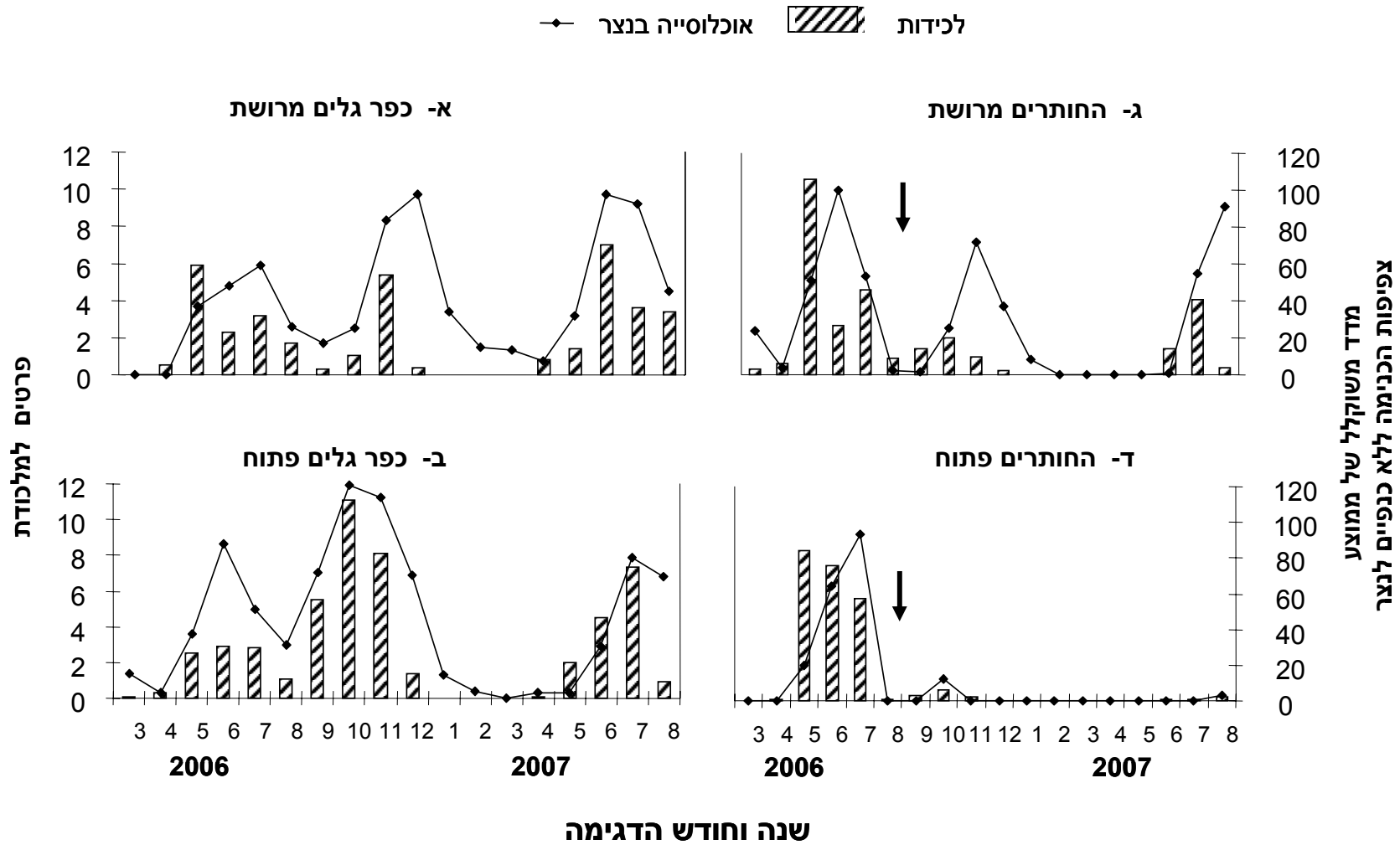
מדד משוקלל של ממוצע צפיפות הכנימה המכונפת לנצר



איור 8. השוואה בין תנודתיות באוכלוסייה של המופע המכונף לבין המופע ללא כנפיים של כנימת הבננה לאורך השנה בנצרים בכפר-גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. צפיפות האוכלוסייה היא ממוצע משוקלל של 20 נצרים \pm שגיאת תקן. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.



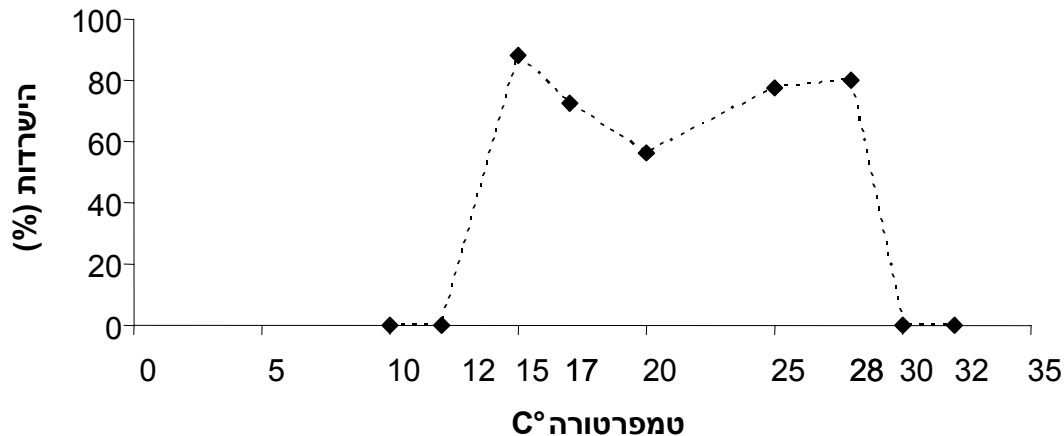
איור 9. השוואה בין תנודתיות הפרטים המכונפים שנלכדו במלכודות דבק לאורך השנה בנצרים, לעומת רמת צפיפות האוכלוסייה של המופע המכונף בתקופה המקבילה בנצרים, בכפר- גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.



איור 10. השוואה בין לכידות המופע המכונף (alate) של הכנימה במלכודות הדבק, לבין רמת הצפיפות של המופע חסר הכנפיים של הכנימה בנצרים לאורך השנה בכפר-גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.

3.1.4 השפעת הטמפרטורה על השרידות והרבייה של כנימת הבגנה

בניסוי מעבדה (על צלחות פטרי) בה גודלה כנימת הבגנה בטמפרטורות שונות, נמצא כי הכנימה שורדת בטווח הטמפרטורות בין 12 ל-30 מעלות צלזיוס (איור 11), וכי מעבר לטמפרטורות אלה היא אינה שורדת כלל. מכאן שטמפרטורת הסף המינימלית של הכנימה היא בסביבות 12 מעלות צלזיוס, וטמפרטורת הסף המכסימלית היא בסביבות 30 מעלות צלזיוס.



איור 11. אחוז הכנימות כפי ששרדו בטמפרטורות שונות בתנאים מבוקרים במעבדה. ההישרדות נמדדת על פי היחס בין מספר הנימפות ששרדו עד לבגרות, לבין מספר הנימפות שבהם התחיל הניסוי.

הטמפרטורה משפיעה גם על תוחלת החיים של הכנימה (איור 12). בטמפרטורות הסף 10°C ו- 12°C מצד אחד, ו- 30°C ו- 32°C מצד שני, הנימפה שורדת מספר ימים עד שבועות, אך אינה מגיעה לבגרות מינית. בשאר הטמפרטורות, הטווח נע בין כ-70 יום ב- 15°C , לכ-30 יום ב- 28°C . נמצא הבדל מובהק בין פרטים שנחשפו ל- 17°C ו- 20°C , לאלו ב- 25°C ו- 28°C , אלו שב- 10°C ו- 12°C , ו- 30°C ו- 32°C , כאשר תוחלת החיים של 15°C שונה באופן מובהק מהשאר (איור 12א). מבחינת משך ההתפתחות (איור 12ב), ב- 15°C הכנימה מגיעה לבגרות תוך כ-35 ימים בממוצע, כאשר קיים ההבדל מובהק בין הטמפרטורות השונות. מבחינת משך הרבייה (איור 12ג), מבחינים בשני מצבים: בטמפרטורות של 15°C ו- 20°C , תקופת הרבייה נמשכת כ-22 ימים, לעומת כ-15 ימים בממוצע בטמפרטורות של 17°C , 25°C ו- 28°C , עם הבדל מובהק בין הקבוצות.

בטמפרטורות בהם הכנימה שרדה והתפתחה, קצב ההתפתחות תלוי באופן ישיר בטמפרטורה (איור 13), אך הקשר בין שני המשתנים אינו ליניארי (REG test).

לטמפרטורה השפעה משמעותית על מספר הצאצאים הממוצע לכנימה (איור 14), בעוד שבטמפרטורות מתחת לסף ההתפתחות אין רבייה כלל. ב- 15°C ו- 17°C התקבלו כ-5 צאצאים לנקבה, 20°C , 25°C ו- 28°C התקבלו כ-13 צאצאים בממוצע, מספר הצאצאים לנקבה נבדל בין שתי קבוצות הטמפרטורות באופן מובהק (GLM followed SNK, $df=4$, $F=16.59$, $p<0.05$).

בהמשך, בדקנו את השפעתן של טמפרטורות משתנות (ב- 15°C ולאחר מכן ב- 25°C – טיפול A, ולהיפך טיפול B), לעומת טמפרטורות קבועות (ב- 15°C טיפול C או- 25°C טיפול D), על תוחלת חיי הכנימה והרבייה שלה. באופן יזום, המעבר בין טמפרטורות התבצע לאחר ההתנשלות הרביעית, בסמוך להתחלתה של הרבייה. תוצאות הניסויים מופיעות באיור 15, והניתוחים הסטטיסטיים מפורטים בטבלה 4.

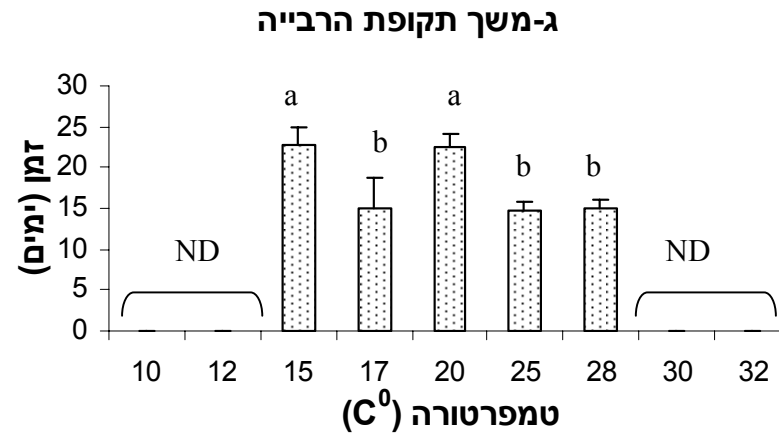
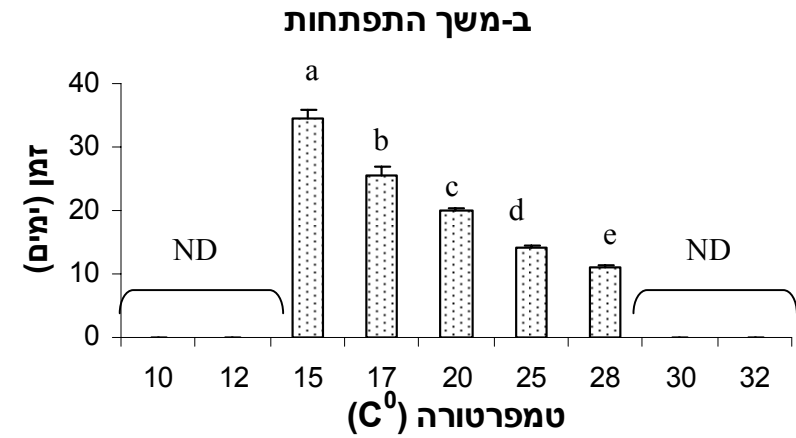
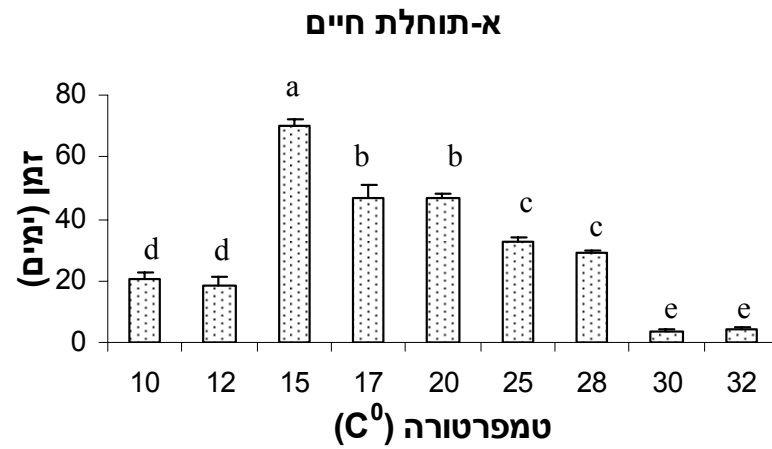
במבחן שונות דו כיווני, בו נבחנה ההשפעה של השינויים בטמפרטורות על תוחלת החיים, תקופת הרבייה, ומספר הצאצאים (טבלה 4), נמצא כי הן הטמפרטורה בה גודלו הכנימות והן הטמפרטורה בה הכנימות היו החל מתקופת הרבייה ועד למוות, השפיעו על המשתנים של תוחלת החיים, משך הרבייה ומספר הצאצאים. כמו כן, השפעתן של הטמפרטורות על הכנימה בתקופות השונות (תקופת הגדילה/תקופת הרבייה עד למוות) הייתה שווה, ולא נמצאה משמעות לעיתוי בו התרחשו השינויים.

מבחינת תוחלת החיים, של כל הטיפולים, כל טיפול שונה באופן מובהק מהאחרים. בכל הקשור לתקופת הרבייה, טיפול C שונה מכל שאר הטיפולים, הכנימות מטיפולי A וטיפול D דמו ביניהן אך היו שונות מהטיפולים B ו-C, והטיפול B שונה מכל שאר הטיפולים. מבחינת מספר הצאצאים, הטיפול D שונה מכל שאר הטיפולים, והטיפולים A, B, ו-C דומים ביניהם (הווה אומר שמספר הצאצאים הגדול ביותר הינו בקבוצה ששהתה בטמפרטורת האופטימום באופן קבוע- טיפול D).

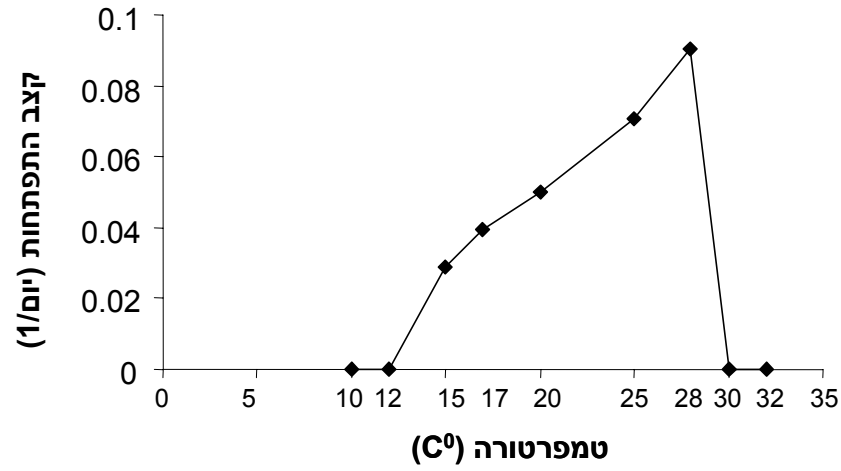
טבלה 4: סיכום ניתוח סטטיסטי של השפעת השינויים בטמפרטורה על: תוחלת החיים, משך הרבייה, ומספר צאצאים. המבחן הוא של שונות דו כיוונית (פרוצדורת GLM). הנתונים הם ערכי F, המובהקות מסומנת סטטיסטית ע"י כוכביות.

מספר צאצאים (לאחר טרנספורמציה)	משך הרבייה	תוחלת החיים	פרמטר המבחן שלב הגידול
12.59*** (3, 106)	6.66* (3, 106)	44.20*** (3, 106)	ההשפעה בשלב ההתפתחות
7.09** (3, 106)	45.79*** (3, 106)	189.57*** (3, 106)	ההשפעה בשלב הבוגר
0.27 (3, 106)	2.49 (3, 106)	0.04 (3, 106)	אינטראקציה בין השפעות שתי הטמפרטורות

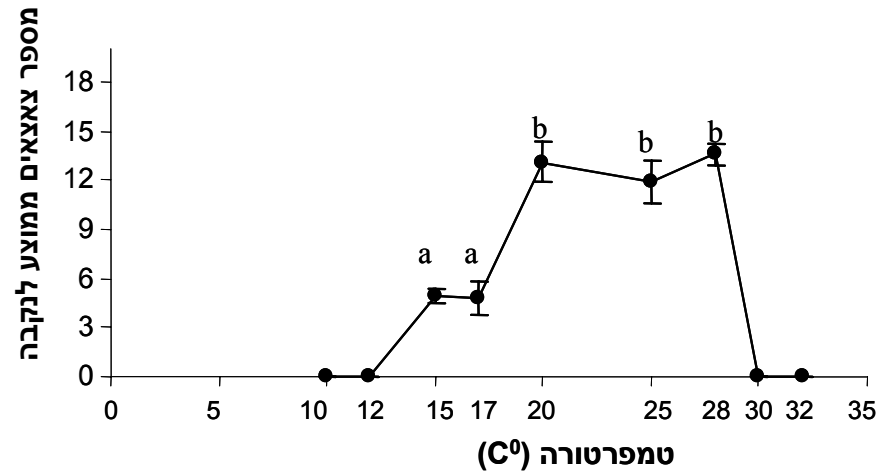
*- $P<0.05$, **- $P<0.01$, ***- $P<0.001$. מספרים בסוגריים- מציינים את דרגות החופש.



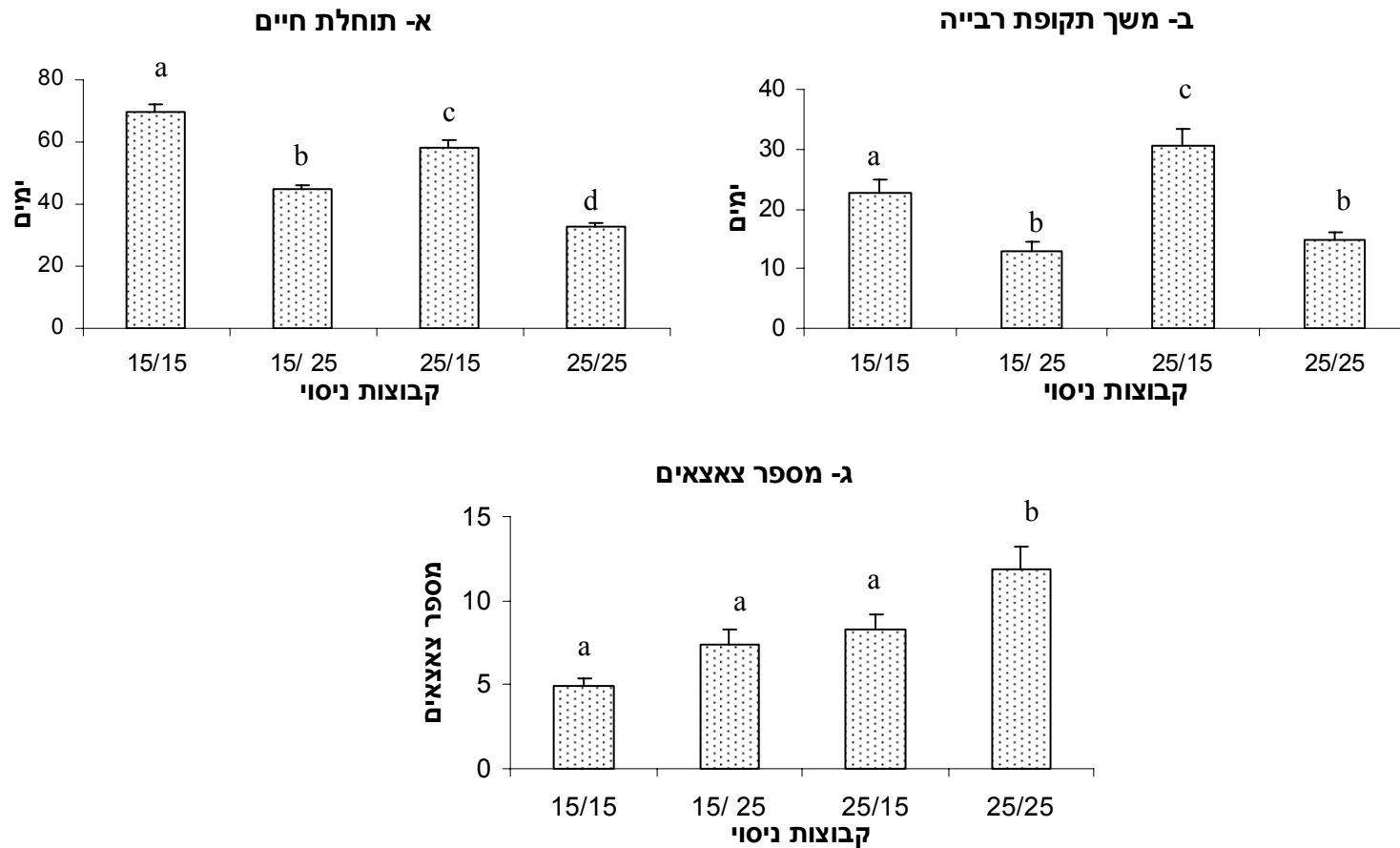
איור 12. השוואה בין משך הזמן הממוצע \pm שגיאת תקן של: א. משך החיים, ב. משך התפתחות, ג. תקופת הרבייה בטמפרטורות השונות. ממוצעים המסומנים באותיות שונות, נבדלים זה מזה באופן מובהק ($F=254.5$, $df=8$, $F=244$, $p<0.05$) לגבי משך ההתפתחות ומשך תקופת הרבייה על פי מבחן (GLM followed SNK). מספר החזרות נע בין 13 ל-77, ועומד על כ-30 חזרות בממוצע לטיפול.



איור 13. קצב ההתפתחות של כנימת הבגנה בטמפרטורות שונות בתנאים מבוקרים.



איור 14. מספר צאצאים ממוצע לנקבה (\pm שגיאת תקן) בטמפרטורות שונות בתנאים מבוקרים. ממוצעים המסומנים באותיות שונות, נבדלים זה מזה באופן מובהק ($F=16.6$, $df=4$, $p<0.05$ על פי מבחן GLM followed SNK).



איור 15. השפעת משטר הטמפרטורה במהלך חיי הכנימה על משך החיים, תקופת הרבייה, ומספר צאצאים. התוצאות מוצגות כממוצע \pm שגיאת תקן. ממוצעים המסומנים באותיות שונות, נבדלים זה מזה באופן מובהק ($F=88.8, 18, 7.9, p<0.05$ על פי מבחן GLM followed SNK. ערכי ה-F הם של תוחלת החיים, משך תקופת הרבייה ומספר הצאצאים בהתאמה). **15/25** - גידול ב-15 מעלות ואח"כ העברה ל-25, **25/15** - גידול ב-25 מעלות ואח"כ העברה ל-15. מספר החזרות נע בין 23 ל-39, ועומד על כ-30 חזרות בממוצע לטיפול.

3.1.5 השפעת האקלים (לחות וטמפרטורה) על אוכלוסיית כנימת הבננה במטע

בחוף הכרמל, הטמפרטורות באוגוסט-ספטמבר 2006 היו דומות, וב-2005, ו-2007, אוגוסט היה חם יותר, כאשר בחודשים אלה הטמפרטורה מעל ל- 30°C . הטמפרטורות הנמוכות ביותר נרשמו בינואר-פברואר ב-2006, ו-דצמבר-פברואר ב-2007, כאשר הטמפרטורה הייתה נמוכה מ- 10°C . (איור 16).

הלחות היחסית נעה בין 50-90% בקירוב לאורך השנה (איור 17). השינויים העונתיים בלחות אינם ברורים כמו שינויי הטמפרטורה, אך ניתן לראות ירידה בלחות בחודשים אוקטובר-אפריל, וכן עליה בלחות בחודשים מאי-ספטמבר.



איור 16. ממוצע טמפרטורה מקסימום ומינימום חודשיים (מחושבים ע"פ מקסימום ומינימום יומי מקורב בחוף הכרמל בין השנים 2005-2007).



איור 17. ממוצע נתוני הלחות היחסית מקסימום ומינימום חודשיים (מחושבים ע"פ מקסימום ומינימום יומי מקורב בחוף הכרמל בין השנים 2005-2007).

נוסף לנתונים אלה, נמדדו הלחות והטמפרטורה בחלקות הניסוי עצמן באמצעות data logger. הנתונים הם של כארבעה חודשים (12/2006-3/2007). מהשוואת הממוצע היומי של הטמפרטורה והלחות היחסית בין שני בתי הגידול (מרושת/פתוח), נראה כי אין כלל הבדלים משמעותיים ביניהם (t-test, t=0.48, 0.58) לגבי הטמפרטורה והלחות בהתאמה). וכי המגמות העונתיות די זהות. נוסף לכך, נתוני ה-data logger תאמו בד"כ את הנתונים המטראולוגיים (המופיעים באיורים 16-17).

בהשוואה בין השינויים העונתיים באוכלוסיית כנימת הבננה לבין הטמפרטורות לאורך העונה (פירוט בנספח 5), נמצא כי ישנה התאמה מסוימת ביניהם: החל מחודש ינואר (ואף מדצמבר לעיתים) ועד למרץ, כשהטמפרטורה המינימאלית החודשית היא קרוב ל- 10°C ואף נמוכה ממנה, וטמפרטורת המקסימום יורדת מתחת ל- 20°C , אוכלוסיית הכנימה פוחתת. החל מאפריל ועד יוני (ואף יולי לעיתים), כאשר הטמפרטורה המינימאלית החודשית היא בטווח של 15°C - 20°C , והטמפרטורה המכסימלית היא קרוב ל- 25°C , ואף גבוהה יותר, צפיפות אוכלוסיית הכנימה עולה במידה ניכרת ומגיעה לשיאה. בחודשים אוגוסט-ספטמבר, כשהטמפרטורה המכסימלית היא מעל 30°C , והטמפרטורה המינימאלית היא מעל 20°C , צפיפות אוכלוסיית הכנימה פוחתת. בחודשים אוקטובר-נובמבר, כשהטמפרטורה המכסימלית יורדת לסביבות 25°C , והטמפרטורה המינימאלית יורדת לסביבות 15°C , צפיפות אוכלוסיית הכנימה עולה. לעיתים, השינויים העונתיים באוכלוסיית הכנימה, מתרחשים באיחור מסוים יחסית למה שהיה צפוי מטמפרטורות סף כפי שהתקבל בניסוי מעבדה. כך למשל, בחלקה המרושתת שבכפר גלים אוכלוסיית הכנימה בדצמבר 2006 הייתה בעלייה כשהטמפרטורות ירדו מתחת ל- 10°C , אך ירדה בהמשך. כמו כן, החלקה המרושתת ב-החותרים שם האוכלוסייה הייתה בעלייה באוגוסט 2007 כשהטמפרטורות עלו מעל ל- 30°C , אך ירדה בהמשך.

המתאם בין הטמפרטורה לשינויים העונתיים באוכלוסיית הכנימה נבדק בשני אופנים: א- בין צפיפות אוכלוסיית הכנימה (ע"פ סקר נצרים), לבין הערך המוחלט של ההפרש שנמדד בין טמפרטורה קיצונית חודשית וטמפרטורה ממוצעת שנתית (19.8°C)-שיטה א, ב-בין צפיפות אוכלוסיית הכנימה לבין הערך המוחלט של ההפרש שנמדד בין טמפרטורה קיצונית חודשית וטמפרטורת אופטימום (25°C), שנקבעה בהסתמך על ניסויי המעבדה במחקר הנוכחי-שיטה ב. לפי שתי השיטות, נמצא קשר שלילי בין השינויים בטמפרטורה לבין השינויים בצפיפות האוכלוסייה, כלומר שככל שסטיית הטמפרטורה מהאופטימום גדולה יותר, כך פוחתת אוכלוסיית הכנימה, אם כי הקורלציה אינה מובהקת.

טבלה 5: בחינת קורלציה בין השינויים באוכלוסיית הכנימה לבין השינויים בטמפרטורה בשתי שיטות:

שיטה א- רמת אוכלוסיית הכנימה לבין ההפרש שנמדד בין טמפרטורה קיצונית חודשית וטמפרטורה ממוצעת שנתית, שיטה ב- רמת אוכלוסיית הכנימה לבין ההפרש שנמדד בין טמפרטורה קיצונית חודשית וטמפרטורת אופטימום (25°C).

השיטה	החותרים פתוח	החותרים מרושת	כפר גלים פתוח	כפר גלים מרושת
שיטה א	-0.45	-0.46	-0.08	-0.03
שיטה ב	-0.45	-0.36	-0.32	-0.21

הערכים הם של מקדם הקורלציה r , $df=17$, ע"פ Pearson correlation.

מהשוואה בין הלחות היחסית לבין התנודתיות של האוכלוסייה (פירוט בנספח 6), לא ניתן להבחין בהשפעה ברורה של הלחות על צפיפות אוכלוסיית הכנימה.

3.1.7 פונדקאים פוטנציאליים של כנימת הבננה

מניסויים שנעשו על פונדקאים שונים (טבלה 6), נמצא כי כנימת הבננה שורדת, מתפתחת ומעמידה צאצאים על לופית מצויה (צמח בר ממשפחת הלופיים), אך לא על צמח העגבנייה, וגם לא על המוטנט הפגוע ביכולת ההגנה כנגד מזיקים שונים. משך התפתחות הממוצע של כנימת הבננה על צמח הלופית מהיר יותר מאשר על צמח הבננה באופן מובהק (t-test, $t=2 \times 10^{-6}$, $p<0.01$), וכן מספר הצאצאים הממוצע לנקבה גדול יותר על צמח הלופית מאשר על צמח הבננה (t-test, $t=2.43 \times 10^{-7}$, $p<0.01$).

טבלה 6: ההתפתחות והרבייה של כנימת הבננה על פונדקאים פוטנציאליים בתנאים מבוקרים במעבדה (הכנימה גודלה ב- 25°C , על עלים גזורים בצלחות פטרי). התוצאות מוצגות כממוצע \pm שגיאת תקן, (מספר החזרות מופיע בסוגריים בעמודת הפונדקאי).

מס' צאצאים לנקבה	משך ההתפתחות	הפונדקאי (מספר חזרות)
19 \pm 1.3*	10 \pm 0.2*	(19) <i>Arisarum vulgare</i> - לופית מצויה
0	0	(24) <i>Lycopersicon esculentum</i> (wt) - עגבנייה
0	0	(16) <i>Lycopersicon esculentum</i> def-1 - מוטנט עגבנייה
6 \pm 0.7	12 \pm 0.5	(9) <i>Musa sp.</i> מהזן Grand Nain - בננה

*- שונה באופן מובהק מהבננה (t-test, $p<0.01$).

חשוב לציין שהניסוי בין הבננה ללופית נמשך כשלושה שבועות בלבד (ולא עד לתמותת כל הכנימות כפי שנעשה בניסוי הטמפרטורה).

בניסויי ההעדפה בה נבחנה העדפת פונדקאים באמצעות המופע המכונף של כנימת הבננה (טבלה 7), נמצא כי בין צמח הבננה לצמח הלופית המצויה, הכנימה העדיפה באופן ברור את צמח הבננה (Wilcoxon Signed Rank Test, $Z=-2.023$, $p<0.05$). לעומת זאת, כשנבחנה העדפת המופע המכונף באותה המתכונת בין צמח הבננה ללופי הירוק (לופ ירוק-גם ממשפחת הלופיים, אך גבוה יותר ובעל עלים גדולים יותר מהלופית), לא נמצאה העדפה לצמח זה או אחר (Wilcoxon Signed Rank Test, $Z=-6.674$, $p>0.05$).

חשוב לציין, שבמעקב של כחמישה חודשים (3/2007-11/2006) על צמחים ממשפחת הלופיים (לופית מצויה, לופי ארץ-ישראלי), שגדלו בסמוך לחלקת הפתוחה של החותרים לא נמצאה כנימת הבננה כלל, אך נמצאו כנימות-עלה אחרות (ב-3/2007) על צמחים אלו.

טבלה 7: בחירת כנימות מכונפות בין שני פונדקאים. התוצאות מוצגות כממוצע \pm שגיאת תקן של מספר

הכנימות שנמצאו על כל אחד מהצמחים אחרי כארבעה ימים. הניסויים בוצעו ב- 5 חזרות.

ניסוי 1	בננה <i>Musa sp.</i> מהזן Grand Nain 8.8±2.4	לופית מצויה <i>Arisarum vulgare</i> 0.4±0.3*
ניסוי 2	בננה <i>Musa sp.</i> מהזן Grand Nain 5.4±1.1	לוף ירוק <i>Arum hygrophilum</i> 5.5±3.1

*- שונה באופן מובהק מהבננה (Wilcoxon Signed Rank test).

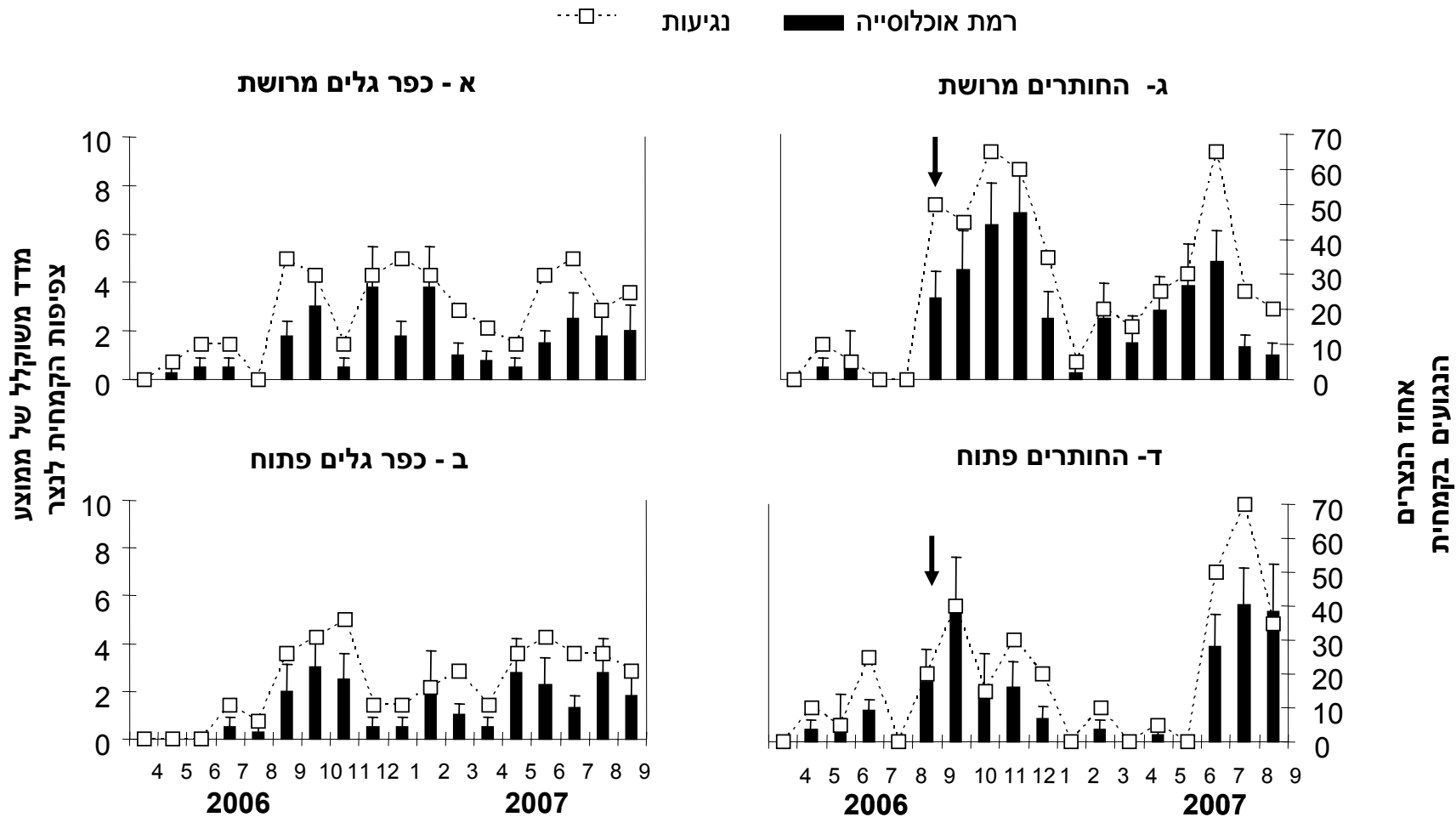
3.2 מינים המלווים את כנימת הבננה

3.2.1 קמחית ההדר

3.2.1.1 שינויים עונתיים באוכלוסיית הכנימה הקמחית

הכנימה הקמחית של ההדר מצויה במטע לאורך השנה (איור 18). באופן כללי, הנגיעות והשינויים העונתיים אינם מראים מגמה ברורה, אך ניתן לראות פחיתה מסוימת לקראת חודש ינואר 2007, ובהחותרים אף בפברואר, אם כי בחלקות של כפר גלים ישנה דווקא עלייה ברמת האוכלוסייה בחודש זה. נוסף לכך, ישנה עלייה באוכלוסייה בסביבות החודשים יוני-יולי, וספטמבר-אוקטובר. מבחינת תנאי הגידול, לעיתים במטע הפתוח ולעיתים במטע המרושת אוכלוסיית הקמחית גדולה יותר. לאחר ההדברה בחלקות בקיבוץ החותרים, לא נראה שאוכלוסיית הקמחית פוחתת, וכנראה שאין השפעה משמעותית של ההדברה עליה.

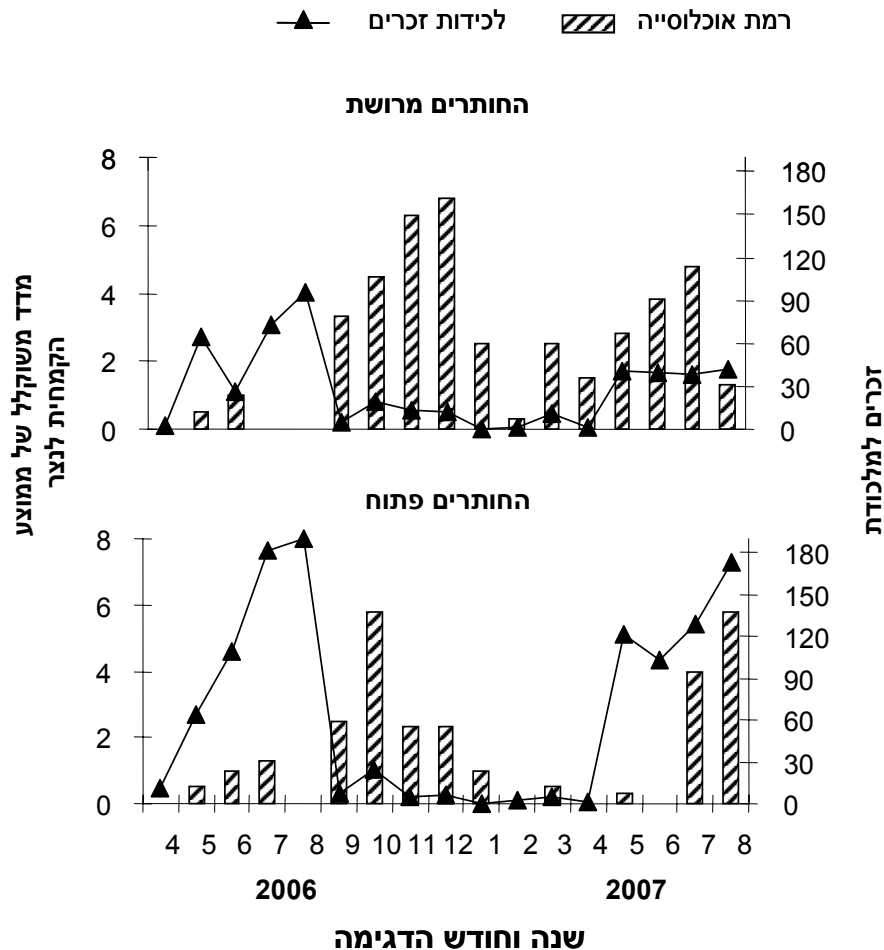
מבחינת השינויים העונתיים כפי שנצפו על פי לכידות זכרים במלכודות הפרומון שהוצבו בחלקות החותרים בלבד (איור 19), ניתן לראות כי בשתי החלקות המגמה הייתה דומה: עלייה בלכידות בין החודשים מאי-אוגוסט (עם ירידה מסוימת ביוני בחלקה המרושת), ירידה מספטמבר-אפריל, ועלייה נוספת במאי-אוגוסט 2007, אם כי העלייה של החלקה המרושתת מתייצבת כבר במאי. לאורך השנה, מספר הלכידות בחלקה הפתוחה גדול יותר מהלכידות בחלקה המרושתת. כשמשווים בין לכידות הזכרים לבין תנודתיות אוכלוסיית הקמחית לאורך השנה (איור 19), נראה כי המתאם איננו ברור, וקשה להבחין בקשר בין אוכלוסיית הזכרים לזו של הנקבות והזחלנים (Pearson correlation, $r=-0.33$, $r=0.13$, $p>0.05$) בחלקה המרושתת והפתוחה בהתאמה). כאשר מספר הלכידות במגמת עלייה בחודשים מאי-ספטמבר 2006, אוכלוסיית הקמחית בנצרים נמוכה וכמעט ואינה עולה, או עולה רק במעט. לעומת זאת, כשאוכלוסיית הקמחית בנצרים במגמת עלייה בין החודשים ספטמבר-אוקטובר (ואף עד דצמבר בחלקה המרושתת), מספר הלכידות מגיע לשפל. במאי-אוגוסט 2007 התקבלה התאמה מסוימת, כאשר הן הלכידות והן האוכלוסייה בנצרים נמצאות במגמת עלייה.



שנה וחודש הדגימה

איור 18. מדד הנגיעות ואחוז הנצרים המאוכלסים ע"י קמחית ההדר בנצרים, באתרים כפר גלים והחותרים בבתי הגידול השונים.

חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.



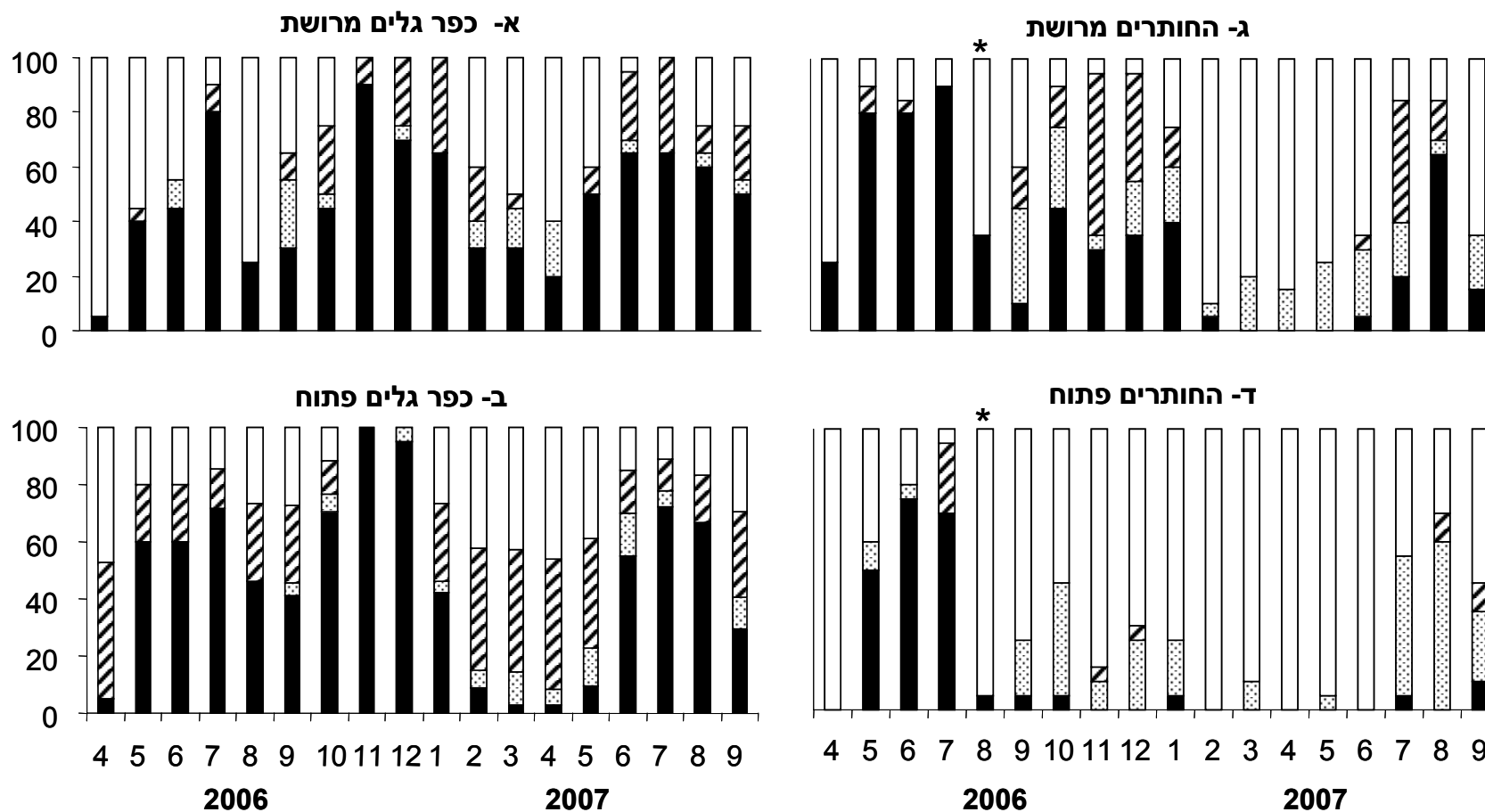
איור 19. השוואה בין הלכידות של זכרי הקמחית במלכודות הפרומון, לבין תנודתיות אוכלוסיית הקמחית (נקבות וזחלנים) בנצרים לאורך השנה, בחלקות החותרים: פתוח ומרושת.

3.2.1.2 בחינת אינטראקציות בין כנימת הבננה לקמחית ההדר

כנימת הבננה וקמחית ההדר מצויות על צמח הבננה לאורך כל השנה כפי שניתן לראות באיור 20. כשמסתכלים על החלקות בכפר גלים, ניתן להבחין כי לרוב, הנצרים מאוכלסים בכנימת הבננה בלבד, שיעור נמוך יותר של הנצרים מאוכלס בשני מיני הכנימות, ומיעוט של הנצרים מאוכלסים אך ורק בקמחית. לעומת זאת, בתקופות בהן אכלוס כנימת הבננה נמוך יחסית (פברואר-אפריל 2007 בחלקה המרושתת, ופברואר- מאי 2007 בחלקה הפתוחה), עולה אכלוס הנצרים בקמחית. בחלקות החותרים, היה המצב דומה עד לטיפול ההדברה. בהחותרים בחלקה הפתוחה, ניתן לראות שמאחר וההדברה (באמצעות קונפידור) פגעה משמעותית בכנימת הבננה, אך לא הדבירה משמעותית (אם בכלל) את הקמחית, כמעט ולא נמצאו נצרים המאוכלסים בכנימת הבננה ולרוב הנצרים היו נקיים, ואלו שהיו נגועים, היו מאוכלסים לרוב בקמחית. כשמתבוננים על החלקה המרושתת, אמנם כנימת הבננה המשיכה לאכלס את הנצרים, אך באחוזים נמוכים יותר, ואחוז הנצרים בהם כנימת הבננה והקמחית נוכחים יחדיו עלה, כמו כן עלה גם אחוז הנצרים המאוכלסים בקמחית בלבד. בחודשים מרץ-מאי 2007 לא נצפתה כנימת הבננה בחלקות החותרים כלל. בסה"כ, לא נמצא מתאם משמעותי בין שני מיני הכנימות, אם כי בכפר גלים המתאם חיובי יותר (Pearson correlation, $r=0.24, 0.29, 0.12, 0.05, p>0.05$) בחלקות המרושתת והפתוחה של כפר גלים, והמרושתת והפתוחה של החותרים בהתאמה).

כנימת הבננה
 קמחית
 כנימת הבננה + קמחית
 נצר ללא נגיעות

ראש עומיכא עווכז



שנה וחודש הדגימה

איור 20. שכיחות נצרים הנגועים בכנימת הבננה והקמחית לאורך השנה באתרים כפר גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים.
 כוכבית מסמנת את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות החותרים.

3.2.2 נמלים מלוות

3.2.2.1 מיני הנמלים הפעילים במטעי הבונה

באופן כללי, נמצא הן בסקר בתים והן בסקר נצרים (פירוט בנספחים 7 ו-8), כי הנמלים ביקרו את מושבות הכנימה לאורך השנה באחוזים גבוהים, כאשר הדבר נראה באופן בולט יותר בחלקות שבכפר גלים שם לרוב, אוכלוסיית הכנימה הייתה גבוהה יותר. בנוסף, נראה כי נוכחות הנמלים בולטת יותר בחלקות הפתוחות לעומת המרושתות, אם כי ההבדל אינו מובהק סטטיסטית.

מבחינת נוכחות מיני הנמלים בחלקות השונות בסקר הבתים (פירוט בנספח 9), נמצא כי אצנית ארוכת המחוש *Paratrechina longicornis* מופיעה בכל חלקות הניסוי, ובשכיחות הגבוהה ביותר חוץ מחודש אוקטובר 2005 בחלקה המרושתת של כפר גלים, שאז מין מהסוג מורית *Monomorium* sp. נצפה בשכיחות גבוהה יותר ממנה, ובחלקה הפתוחה של החותרים ביוני 2005, שאז נמצא שהבנאית *Tapinoma simrothi phoenicium* שכיחה יותר. מינים אחרים המופיעים בחלקות השונות הם סחבנית ננסית *Plagiolepis ancyrensis* המופיעה בכל החלקות חוץ מהחלקה הפתוחה של כפר גלים, בנאית *Tapinoma simrothi phoenicium* המופיעה בכל החלקות מלבד בחלקה הפתוחה של כפר גלים ונצפתה בעיקר בחודשים יוני-יולי, כתפית *Tetramorium* sp. המופיעה בכל החלקות מלבד בחלקה המרושתת של כפר גלים, ונצפתה בעיקר בחודש אוגוסט 2007, והמורית *Monomorium sahlbergi* המופיעה בכל החלקות חוץ מהחלקה הפתוחה של החותרים (אם כי רק פעם אחת בחלקה המרושתת של החותרים באוקטובר 2005, ורק פעמיים בחלקה הפתוחה של כפר גלים-אוקטובר 2005, ויולי 2007). אסמית *Pheidole teneriffana* הופיעה בשתי חלקות: פעם אחת בחלקה הפתוחה של החותרים בחודש יולי 2007, ופעמיים בחלקה הפתוחה של כפר גלים בחודשים יולי-אוגוסט. המין *Aphaenogaster syriaca* הופיע רק בחלקה הפתוחה של כפר גלים ביולי 2007. המורית *Monomorium pallidum* מופיעה בחלקה הפתוחה של כפר גלים, ומאוד שכיחה בה לאורך השנה, מה גם שאינה מופיעה באף חלקה אחרת, לעומת זאת, המורית *M. sahlbergi* שכיחה מאוד בחלקה המרושתת של כפר גלים וכמעט ואינה מופיעה בחלקה הפתוחה. בסקר הנצרים (פירוט בנספח 10), המצב דומה, מלבד שני מינים שלא תועדו בסקר הבתים: הרולית *Lepisiota dolabella*, שהופיעה רק פעם אחת בחלקה הפתוחה של כפר גלים בחודש יוני, והמין לבובית ירושלמית *Crematogaster jehovae* שהופיע גם כן רק פעם אחת בחלקה המרושתת של כפר גלים בחודש אוגוסט. את הסיכום של המינים שנמצאו בחלקות המחקר ושכיחותם היחסית, ניתן לראות בטבלה 8, הכוללת את התצפיות מסקר הבתים והנצרים. בטבלה ניתן לראות שהמינים הבולטים בשכיחותם היו אצנית ארוכת המחוש ושני מיני המורית.

טבלה 8: מיני הנמלים שנמצאו במחקר הנוכחי כמטפלות בכנימת הבננה ושכיחותם היחסית כפי שנמצאו בסקר הבתים וסקר הנצרים

שכיחות (אחוזים) של המין בסקר		נמצא במטע בננות	המין והמשפחה
פיתיונות	בתים	נצרים	
			חז-מתניות Formicinae
0	0	0.3	לבובית ירושלמית <i>Crematogaster jehovae</i> Forel
1.7	0	0.5	חרולית <i>Lepisiota dolabellae</i> (Forel)
28.3	62.6	70.2	אצנית ארוכת המחוש <i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille)
1.2	0	0	אצנית צהובה <i>Paratrechina jaegerskjoeldi</i> (Mayr)
1.2	1.1	0	אסמית <i>Pheidole teneriffana</i> Forel
4.6	6.3	4.7	סחבנית ננסית <i>Plagiolepis ancyrensis</i> Santschi
			דו-מתניות Myrmicinae
1.2	0.4	0	<i>Aphaenogaster syriaca</i> Emery
1.7	0	0	<i>Aphaenogaster</i> sp.
12.7	9.3	7.9	מורית <i>Monomorium pallidum</i> Donisthorpe
27.2	11.9	8.9	מורית <i>Monomorium sahlbergi</i> Emery
6.4	3	4.5	כתפית <i>Tetramorium</i> sp.
			ריחניות Dolichoderinae
13.9	5.6	3.1	בנאית צידונית/ישראלית <i>Tapinoma simrothi phoenicium</i> (Emery)

בניסוי באמצעות פיתיונות שנערך בכדי לבדוק האם ישנם מיני נמלים הנוכחים במטע אך אינם מטפלים בכנימת הבננה (טבלה 8), נמצאו 12 מינים, רובם אותם המינים שנמצאו בסקרי הנמלים המטפלות (סקר נצרים וסקר הבתים), כאשר שכיחות המינים שבאו לפיתיונות השתנתה בהשוואה לשכיחותם במושבות הכנימה (טבלה 8): אומנם אצנית המחוש *Paratrechina longicornis* עדיין ראשונה בדירוג, אך ירדה בשכיחותה ביותר מחצי, המורית *Monomorium sahlbergi* עדיין שנייה בדירוג השכיחות, אך שכיחותה עלתה כמעט פי שלוש, אחריה הבנאית הישראלית *Tapinoma simrothi phoenicium* שכמעט ושילשה את שכיחותה אחריה המורית *Monomorium pallidum*, שעלתה בשכיחותה גם כן, אחריה הכתפית *Tetramorium* sp. שכמעט והכפילה את שכיחותה, ולבסוף הסחבנית הננסית *Plagiolepis ancyrensis* ששכיחותה בשני המקרים הייתה דומה.

3.2.2.2 בחינת אפשרות אינטראקציה בין מיני נמלים

אצנית ארוכת המחוש *Paratrechina longicornis* שהינה המין השכיח ביותר במחקר הנוכחי נצפתה לרוב לבדה, אך לעיתים גם עם מיני נמלים אחרים. מינים שכיחים נוספים שנצפו עם מיני נמלים אחרים היו המוריות *Monomorium sahlbergi* ו-*Monomorium pallidum*, וכן הסחבנית הננסית *Plagiolepis ancyrensis*. באופן כללי, תועדו 8 קבוצות של מינים שהופיעו בשלישיות, ו-14 קבוצות של מינים שהופיעו בזוגות (פירוט בנספח 11).

3.2.3 אויבים טבעיים

3.2.3.1 סקר אויבים טבעיים

אויביה הטבעיים של כנימת הבננה שנמצאו במחקר הנוכחי, מופיעים בטבלאות 9 ו-10. מינים אלה השתייכו למשפחת המושיתיים- Coccinellidae, זבובי הרחף- Syrphida, צרעות טפיליות בעיקר מהמשפחה Aphidiidae, והמין *Aphidoletes aphidimyza* ממשפחת היתוציים- Cecidomyiidae, כאשר מספר המינים הגדול ביותר היה שייך למשפחת המושיתיים.

טבלה 9: מיני צרעות טפיליות שנמצאו, המטפילות את כנימת הבננה.

משפחה	מין
Aphidiidae	<i>Aphidius colemani</i> Viereck <i>Lysiphlebus fabarum</i> (Marshall) <i>Trioxys angelicae</i> (Haliday)
Aphelinidae	<i>Aphelinus</i> sp.

טבלה 10: מיני טורפים במושבות של כנימת הבננה.

סדרה	משפחה	מין	טרף עיקרי
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Chilocorus bipustulatus</i> (Linnaeus) <i>Nephus fenestratus</i> (Salberg) <i>Rhyzobius lophanthae</i> (Blaisdell) <i>Scymnus apetzi</i> Mulsant <i>Scymnus flavicollis</i> Redtenbacher <i>Scymnus frontalis</i> (Fabricius) <i>Scymnus interruptus</i> (Goeze) <i>Scymnus nubilus</i> Mulsant <i>Scymnus subvillosus</i> (Goeze)	כנימות מגן קמחיות קמחיות, כנימות מגן כנימות עלה כנימות מגן כנימות עלה כנימות עלה קמחיות, כנימות עלה, טריפסים, כנימות עש כנימות עלה
Diptera	Syrphidae	<i>Epistrophe balteatus</i> (De Geer) <i>Ischiodon aegyptius</i> (Macquart) <i>Paragus compeditus</i> (Wiedemann)	כנימות עלה כנימות עלה כנימות עש
	Cecidomyiidae	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)	כנימות עלה

3.2.3.2 שינויים עונתיים באוכלוסיית האויבים הטבעיים, והשפעתם על כנימת הבננה

האויבים הטבעיים של כנימת הבננה בנצרים (איור 21), נמצאו בעיקר בחודשים יוני-אוגוסט, אם כי נמצאו אויבים בחלקות המרושתות גם במאי ובאוקטובר 2006 (איורים 21א ו-21ג), ובנוסף לכך, נמצאו גם בחלקה המרושתת של כפר גלים באפריל ובספטמבר 2007 (איור 21ג), ובחלקה הפתוחה של כפר גלים בנובמבר 2006 (איור 21ב).

בחלקה הפתוחה של החותרים (איור 21ד) נצפו אויבים רק בחודש יולי 2006, ולאחר מכן לא נצפו כלל. בחלקה המרושתת של החותרים בשנת 2007 האויבים נצפו רק באוגוסט לעומת עלייה של האויבים בחלקה המרושתת של כפר גלים כבר ביוני. מבין האויבים הטבעיים, בלטו במיוחד טורפים ממשפחת המושיות שהופיעו בכל החלקות, כמו כן היתוך שהופיע גם כן בכל החלקות, אך בכמות נמוכה יותר בד"כ ולאורך פחות זמן (אם כי, הופיע בכמות גדולה יחסית למושיות ביולי 2007 בחלקה המרושתת של כפר גלים באיור 21א, וביולי 2006 בחלקה הפתוחה של החותרים באיור 21ד), וזבובי רחף שהופיעו בחלקות של כפר גלים בלבד (בחודשים יוני-אוגוסט). בהשוואה בין השינויים העונתיים של האויבים הטבעיים וכנימת הבננה (איור 22), נראה כי אוכלוסיית האויבים הטבעיים עולה פחות או יותר במקביל לאוכלוסיית כנימת הבננה: אוכלוסיית הכנימה בד"כ בעלייה ומגיעה לשיאה בחודשים מאי-יולי, ובאוקטובר-נובמבר (ולעיתים דצמבר). נמצא, כי בחודשים אלו גם אוכלוסיית האויבים הטבעיים בעלייה. רואים זאת בכל החלקות ביוני-יולי 2006, ובאוקטובר-נובמבר 2006 מלבד החותרים הפתוח (אם כי באוקטובר-נובמבר אוכלוסיית האויבים פחותה מאשר ביוני-יולי). בחודשים אוקטובר 2006, בחלקות המרושתות ובאפריל 2007 בחלקה המרושתת של כפר גלים, אוכלוסיית האויבים בעלייה לעומת רמה נמוכה של הכנימה, אך אוכלוסיית הכנימה בשלב זה נמצאת במגמת עלייה. כשנבדק המתאם בין האויבים לכנימת הבננה, נמצא כי הקורלציה הייתה חיובית, אך לרוב לא הייתה מובהקת (טבלה 11). לגבי היתוך-נמצא מתאם מובהק רק בחלקה הפתוחה של החותרים, כאשר בכפר גלים הערכים היו יחסית גבוהים אך לא מובהקים, ובחלקה המרושתת של החותרים הערך היה נמוך יחסית, אם כי בהשוואה עם אוכלוסיית הכנימה חודש לפני, הייתה מובהקת בחלקה הפתוחה של כפר גלים. לגבי זבוב הרחף- נמצאה מתאם מובהק בחלקה המרושתת של כפר גלים אך לא בחלקה הפתוחה (בחלקות בהחותרים לא תועד זבוב הרחף כלל בסקר הנ"ל). לגבי המושיות- נמצא מתאם מובהק בחלקה הפתוחה של החותרים, וערך יחסית גבוה בחלקה המרושתת של החותרים, אך ערכים נמוכים בחלקות של כפר גלים. בבדיקה האם ישנו קשר בין אוכלוסיית האויבים הטבעיים של כנימת הבננה לאוכלוסיית הקמחית, לא נמצא מתאם ברור כלל.

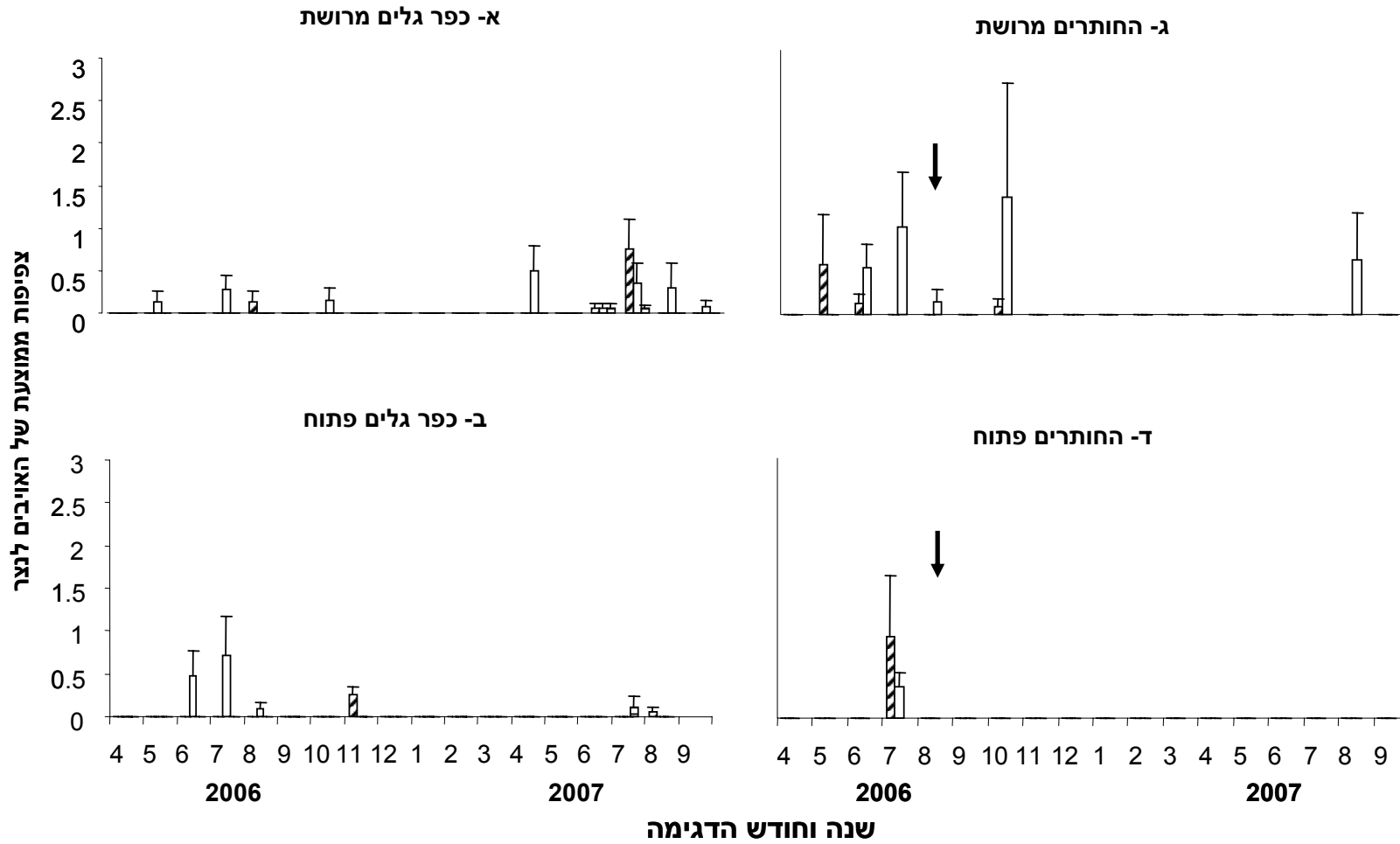
טבלה 11: בחינת קורלציה בין צפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה לבין צפיפות אוכלוסיית האויבים הטבעיים.

אויבים טבעיים-פנטלוניה	החותרים פתוח	החותרים מרושתת	כפר גלים פתוח	כפר גלים מרושתת
יתוך- פנטלוניה	0.8**	0.27ns	0.46 ns	0.40 ns
יתוך- פנטלוניה- חודש לפני	0.52*	-0.18 ns	0.52*	0.45 ns
מושית- פנטלוניה	0.8**	0.40 ns	0.17 ns	0.05 ns
מושית- פנטלוניה- חודש לפני	0.52*	0.28 ns	0.21 ns	0.17 ns
זבוב רחף- פנטלוניה	לא נמצאו	לא נמצאו	0.22 ns	0.61
זבוב רחף-פנטלוניה-חודש לפני	לא נמצאו	לא נמצאו	-0.1 ns	0.25 ns

הערכים הם של מקדם הקורלציה r , $p < 0.05$ - *, $p < 0.01$ - **, ע"פ Pearson correlation.

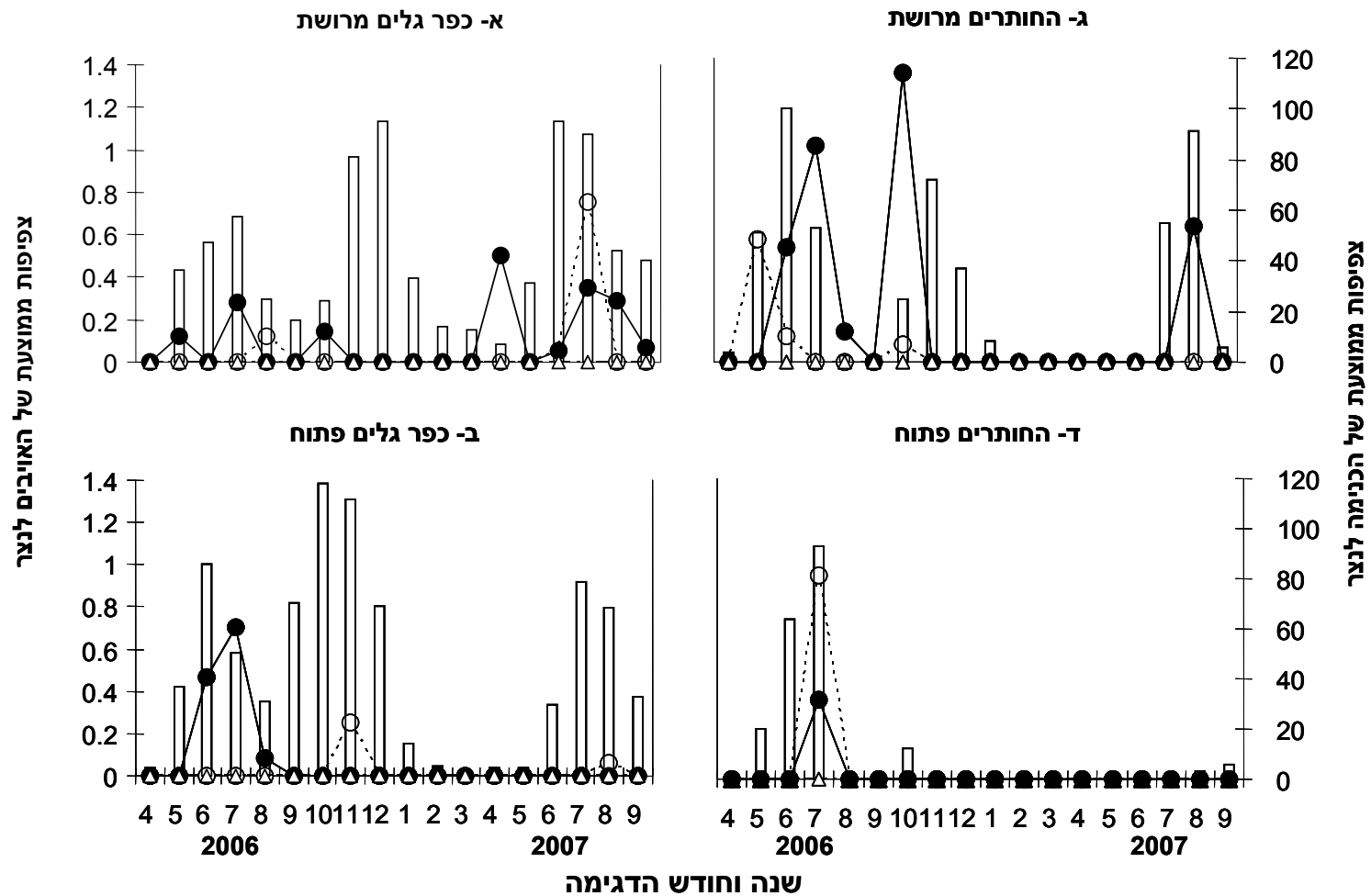
ns- אין מובהקות. 'חודש לפני'-השוואת אוכלוסיית האויבים הטבעיים, עם אוכלוסיית הכנימה חודש לפני כן.

זבובי רחף
 מושיות
 יתוצים



איור 21. צפיפות אוכלוסיית האויבים הטבעיים של כנימת הבגנה בסקר נצרים לאורך השנה באתרים כפר גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. צפיפות אוכלוסיית האויבים- היחס בין מספר האויבים שנצפו, לסה"כ נצרים המאוכלסים בכנימה \pm שגיאת תקן. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים.

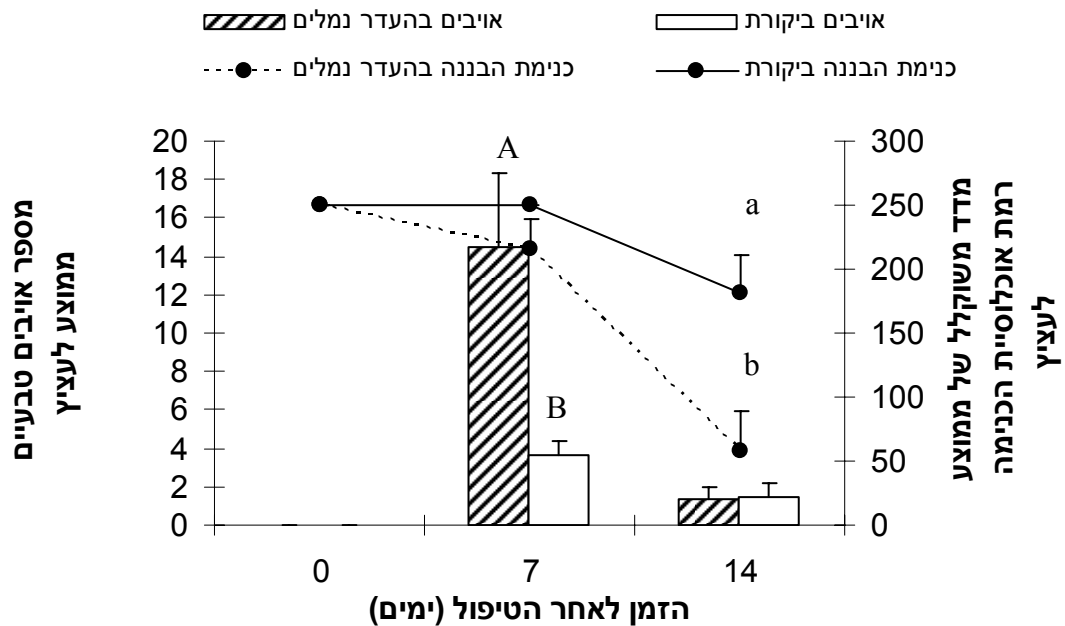
כנימת הבננה צפיפות אוכלוסייה
 יתוצים צפיפות אוכלוסייה
 מושיות צפיפות אוכלוסייה
 זבובי רחף צפיפות אוכלוסייה



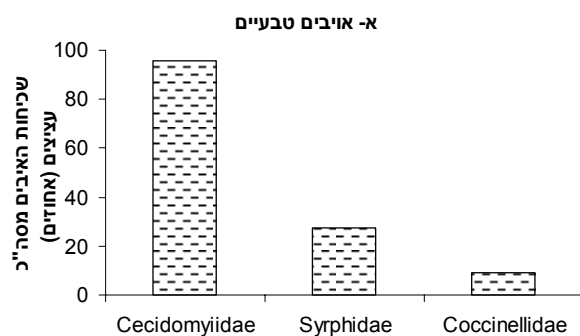
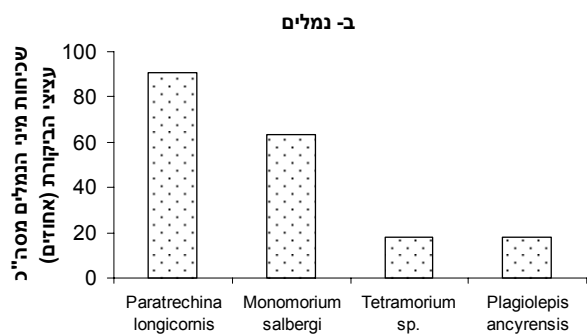
איור 22. צפיפות אוכלוסיית האויבים הטבעיים בהשוואה למדד צפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה בנצרים לאורך השנה באתרים כפר גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. צפיפות אוכלוסיית האויבים- היחס בין מספר האויבים שנצפו לסה"כ נצרים המאוכלסים בכנימה, צפיפות אוכלוסיית הכנימה- ממוצע משוקלל של 20 נצרים.

3.2.4 השפעת הנמלים המלוות על צפיפות האוכלוסייה של כנימת הבננה ואויביה הטבעיים

את ההשפעה של נוכחות הנמלים על אוכלוסיות האויבים הטבעיים והכנימה ניתן לראות באיור 23: בשעת הנחת העציצים בחלקת המחקר, אוכלוסיית הכנימה בעציצים הייתה גבוהה (מאות פרטים) ללא נמלים ואויבים טבעיים כלל. לאחר כשבוע בשטח, ניכר כי אוכלוסיית הכנימה בביקורת וטיפול הייתה דומה, אך לעומת זאת, אוכלוסיית האויבים הטבעיים (כל המינים נספרים ביחד), הייתה באופן מובהק נמוכה יותר בעציצי הביקורת לעומת העציצים המטופלים (Wilcoxon Signed Rank Test, $z=-2.578$, $p<0.05$). לאחר כשבועיים, אוכלוסיית הכנימה פחתה הן בטיפול והן בביקורת. הפחיתה של אוכלוסיית הביקורת הייתה מתונה יחסית, לעומת זאת, אוכלוסיית הכנימה בעציצים המטופלים הייתה בירידה חדה, ונמצא הבדל מובהק בין הטיפול לביקורת ($z=-2.26$, $p<0.05$), במקביל לכך, פחתה אוכלוסיית האויבים הטבעיים השונים הן בעציצי הביקורת והן בעציצי הטיפול, כאשר התמעטות האויבים הטבעיים הייתה מאוד חדה בעציצי הטיפול, ופחות מכך בביקורת. בניסוי זה נצפו ארבעה מיני נמלים המלווים את כנימת הבננה (איור 24ב), כאשר המין השכיח היה כרגיל, האצנית. האויב הטבעי השכיח היה יתוץ העפצים (איור 24א).



איור 23. בחינת השפעת נוכחות הנמלים על אוכלוסיית כנימת הבננה ואויביה הטבעיים. העציצים הונחו בחלקה המרושתת בכפר גלים. התוצאות הן ממוצע \pm שגיאת תקן של 11 חזרות. ממוצעים המסומנים באותיות שונות, נבדלים זה מזה באופן מובהק ($p<0.05$) על פי מבחן Wilcoxon Signed Rank Test.



איור 24. מינים מלווים של כנימת הבננה כפי שנצפו בניסוי העציצים. חישוב השכיחות- היחס בין מספר העציצים בהם נמצא האיב/נמלה, לבין סה"כ עציצים בניסוי. הערה: נמצאו עציצים עם מספר מינים במקביל, לכן בסה"כ השכיחות המצטברת גבוהה מ-100%.

4. דיון

4.1 כנימת הבננה

כנימת הבננה והפונדקאי שלה-צמח הבננה, מוצאם בדרום-מזרח אסיה, שם האקלים הינו טרופי (Mau et al., 2004). כיום בעקבות התרחבות גידול הבננה לאזורים נוספים, כנימת הבננה נפוצה בכל האזורים הטרופים והסוב-טרופיים של העולם בהם מגדלים בננה (Mau et al., 2004 ; Blackman and Eastop, 1984). ככלל, הצלחת האורגניזם ופוטנציאל הנזק שלו, תלויים במערכת יחסיו עם סביבתו, המורכבת מתנאים ביוטיים (כגון: מצב הפונדקאי, המחסה שהוא מספק, אויבים טבעיים, מתחרים וכ"ו), ואביוטיים (כגון: טמפרטורה, לחות, גשם, רוח, הדברה וכ"ו), כאשר את הצלחת האורגניזם בסביבתו נהוג לבטא בכשירות, כלומר, יכולתו של פרט באוכלוסייה לשרוד ולהתרבות (Pedigo, 1996).

צמח הבננה הוא צמח עשבוני הגדל בקצב מהיר, שמחזור חייו קצר בהשוואה למיני עצי מטע אחרים ואופיו הטרופי של המין ניכר בקיום מופעים פנולוגיים שונים ברוב חודשי השנה (ישראלי, 1991). מגוון מופעים זה הקיים בבית הבננה הכולל אמא בוגרת ללא אשכול, ונצר צעיר, עם שינויים עונתיים ברורים של אמהות עם אשכול, המגיעות לשכיחותן הגבוהה בין החודשים אוקטובר-פברואר. מגוון טיפוסי פונדקאי שכזה, מהווה אתגר לבחינתם של השינויים העונתיים באוכלוסיית הכנימה.

ברוב חלקות הניסוי, הכנימה נמצאה בעיקר על הנצרים הצעירים ופחות על פני צמח האם. ממצא זה נתמך ע"י מחקרים נוספים (Robson et al., 2006 Young and Wright, 2005), אך לא באחר (Abdel-Moniem, 2003). ייתכן והעדפת הנצרים הצעירים על פני צמח האם נובעת משוני במבנה ובהרכב הכימי של הרקמה הצמחית: סביר להניח שרקמות הנצר עדינות ודקות יותר, כך שהכנימה חודרת אותם בקלות רבה יותר. מבחינת השפעת ההרכב הכימי של הרקמה, Kindelmann וחבריו (2007), מציינים שמיני כנימות רבות ניזונות מרקמות בעלות קצב התפתחות גבוה כגון עלים צעירים או תפרחות (איברים אלה מהווים מבלע). ייתכן ובמקרה של צמח הבננה בו הנצרים בעלי קצב צמיחה גבוה, מהווים אף הם מוקד משיכה מועדף לכנימת הבננה.

כמו באזורים אחרים בהם נחקרה הכנימה (Stechmann and Volkl, 1990; Calilung, 1979; Kolkalia and Soliman, 1954, Lomerio and Calilung, 1993; Robson et al., 2006; Stary and Stechmann, 1990; Abdel-Moniem, 2003; Jhonson, 1963), מצאנו כי גם בארץ הכנימה נמצאת לרוב בחלקי-צמח נסתרים. כנראה, שהמצאות מושבות הכנימה בעיקר במקומות נסתרים, מקנה הגנה הן מפני פגעי מזג האוויר, והן מפני אויבים טבעיים (Stary and Stechmann, 1990). מבחינת אפשרות אכלוס של השורשים בכנימה, לא נמצאה במחקר הנוכחי עדות לכך, אך הכנימה נמצאה בחלק התת-אדמתי של הגזעול, כפי שדווח במחקרים נוספים (Abdel-Moniem, 2003; Lomerio and Calilung, 1993; Jhonson, 1963).

במחקר הנוכחי נמצאו שינויים עונתיים המתבטאים הן מבחינת מיקומה של אוכלוסיית הכנימה בצמח, והן מבחינת צפיפותה. מבחינת מיקומה של הכנימה, הכנימה נמצאה בעיקר בגזעול- בין הנדנים (לעיתים קרובות אף באזור התחתון של הגזעול ואף מתחת לפני הקרקע), וכי בחודשים בהם הייתה האוכלוסייה בשיא צפיפותה, בלטה נוכחות הכנימה גם בחלקים העליונים של הצמח כגון באזור של קודקוד הצמיחה בנצר הצעיר, וחיך העלה, קודקוד הצמיחה

וכן באשכול בצמח האם. ממצאים דומים נמצאו במחקרים נוספים (Jhonson, 1954; Kolkalia and Soliman).

1963

מבחינת נגיעות האשכולות לאורך השנה, נמצא כי בד"כ האשכולות מאוכלסים בחודשים בהם התנאים נוחים להתפתחות הכנימה, בעיקר כשהטמפרטורה נוחה (על כך אדבר בהמשך), וצפיפות אוכלוסיית הכנימה בשיאה. מעבר לכך, הכנימה נמצאה באשכולות גם בינואר-פברואר. בחודשים אלו, התנאים פחות נוחים (רוחות קרות, טמפרטורות נמוכות, גשם וברד), וייתכן שהכנימה נשארת שם מכיוון שבתקופה זו האשכולות מכוסים, דבר שעשוי להוות עבורם מעין חממה. מעבר לאשכולות עצמם, הכנימה נמצאה בחודשים אלה (ובמהלך השנה בכלל), גם בענבלים-שם צפיפות התפרחת הזכרית גבוהה, דבר שמהווה מסתור נוסף. מעקב אחרי הנגיעות של הכנימה לאורך זמן הראה, שבבתים בהם האשכולות היו מאוכלסים, בד"כ קדם לכך מצב בו הנצרים היו נגועים עוד לפני התפתחות האשכול, אך היו גם מקרים בהם נראה כי הנגיעות התפתחה על האשכול בלבד. מכך אפשר להניח שלרוב הנגיעות באשכול נגרמת ע"י כנימות העוברות דרך הגזעול אל האשכול, אך אכלוס האשכול הוא גם תוצאה של הגעה של כנימות מכונפות הישר לאשכול. מבחינת צפיפות אוכלוסיית הכנימה, נמצא שהאוכלוסייה במטע מצטמצמת בין החודשים ינואר עד אפריל ובין אוגוסט לספטמבר, ומתעצמת בין אפריל ליוני-יולי, ובין אוקטובר לדצמבר.

נמצא, שהמופע המכונף של כנימת הבננה, נוכח לאורך השנה במקביל להימצאותו של המופע חסר הכנפיים (מלבד החודשים ינואר-פברואר, אז לא נצפה המופע המכונף כלל, והאוכלוסייה הכללית ברמתה הנמוכה ביותר). כאשר האוכלוסייה הכללית של הכנימה עולה במטע ונהיית צפופה, עולה גם צפיפות הפרטים המכונפים (המתאם היה חיובי ומובהק בכל החלקות). גם במחקרו של Rajan (1981), נמצא מתאם חיובי חזק ($r=0.989$) בין שכיחות שני המופעים, (אם כי במחקרו הכנימה גדלה על צמח ההל (*Amomum subulatum* (Roxb)). כמו כן, במחקרם של Kolkalia and Soliman (1954) שנעשה במצרים, נמצא כי הכנימות המכונפות מופיעות בעיקר כשהתנאים במטע נוחים (טמפרטורה ולחות הנוחים להתפתחות הכנימה), ואוכלוסיית הכנימה בכללה נמצאת בעלייה. Robert וחובריו (1987), ו-Muller וחובריו (2001), מציינים שאחד מהגורמים העיקריים להופעת המופע המכונף בכנימות עלה הוא צפיפות האוכלוסייה, אם כי קיימים גורמים נוספים כגון טיב הפונדקאי, נוכחות אויבים טבעיים, נוכחות פתוגנים של הצמח או הכנימה, המשפיעים גם הם על הופעת המופע המכונף. בחלקות התצפית של המחקר הנוכחי, אוכלוסיית האויבים הטבעיים הייתה קטנה, לא הייתה פעילות משמעותית של פתוגנים בצמחי הבננה, וצמחי הבננה במטע היו בתנופת צמיחה כשאוכלוסיית הכנימה גדלה, כך שקרוב לוודאי שהצפיפות היא הגורם העיקרי להיווצרות המופע המכונף.

אחד הגורמים המשפיעים על השינויים העונתיים בצפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה הוא כנראה הטמפרטורה. בניסויי המעבדה נמצא כי ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר (עד ל- 30°C לערך), כך ההתפתחות מהירה יותר (2007), Awmack and Leath מציינים שהיחס בין הטמפרטורה לקצב ההתפתחות של כנימות לרוב ליניארי. במחקר הנוכחי היחס מעריכי. החוקרים הנ"ל, מציינים שטיב הפונדקאי יכול אף הוא להשפיע על קצב התפתחות כנימות עלה. מכיוון שהניסוי במחקר הנוכחי נערך על עלים מנותקים בצלחות פטרי, ייתכן מאוד שהעלים בהם השתמשנו לאורך שנות המחקר, לא היו במצב אחיד בכל הניסויים, מה שהשפיע על התוצאה. עוד נמצא שהטמפרטורות בהם הכנימה אינה שורדת (טמפרטורות הסף), היו 12°C ומטה מצד אחד, ו- 30°C ומעלה מאידך, ושהטמפרטורה האופטימלית (טווח הטמפרטורות בו הכנימה מתפתחת הכי מהר ובעלת מספר הצאצאים הגדול ביותר), הינה בין 28°C - 20°C . ממצא זה

תואם את ממצאיהם של Robson וחובריו (2007), שמצאו בתנאי מעבדה כי הטמפרטורה האופטימלית של כנימת הבננה הינה 25°C , וכן של Rajan (1981), שמצא שהטמפרטורה האופטימלית הינה בטווח של 23°C - 28°C , אם כי אף לא אחד מהחוקרים הנ"ל (וכן בשאר המחקרים על כנימת הבננה), לא דווח על ניסוי בעל משרע טמפרטורות רחב כמו במחקר הנוכחי, וכמו כן, לא נבדקה ההשפעה של שינויים בטמפרטורה. הנחת המחקר הייתה ששינויים משמעותיים בטמפרטורה (טמפרטורה משתנה לעומת טמפרטורה קבועה), ישפיעו על הצלחת הכנימה. ואכן, במחקר הנוכחי מצאנו ששהיית הכנימה בטמפרטורה האופטימלית (בניסוי הנוכחי 25°C) לאורך כל חייה, מביאה למספר הצאצאים הגדול ביותר, וכל שינוי מטווח הטמפרטורה האופטימלי (בניסוי הנוכחי שינוי של 10°C), יגרום לירידה במספר הצאצאים. ממצא זה תואם את הנאמר בסקירתם של Awmack and Leather (2007), המציינים כי במספר מחקרים למשל, על כנימת הכותנה *Aphis gossypii* Glover, נמצא שתנודות בטמפרטורה גרמו לירידה בהצלחת כנימות עלה, אם כי ישנו מחקר שנעשה על הכנימה *Rophalosiphum padi* (Linnaeus), המראה בדיוק את ההיפך, מה שאומר שכנימות ממינים שונים מגיבות באופן שונה לשינויים בטמפרטורה. עוד נמצא במחקר הנוכחי, שהשפעתם של השינויים בטמפרטורה על שלבי ההתפתחות השונים (נימפה/בוגר) היו דומים, כלומר, שאין הבדל באיזה גיל של הכנימה מבצעים את השינוי בטמפרטורה.

ראוי לציין שניסויי מעבדה אלו (ניסויי הטמפרטורה), נותנים מידע העוזר להבין את השינויים באוכלוסיית הכנימה במטע, אך ישנה הסתייגות הנובעת מכך שגורמים אחרים המשפיעים אף הם על אוכלוסיית הכנימה במידה מסוימת, לא התקיימו בניסויים המבוקרים.

במחקר הנוכחי כשהשוונו את השינויים העונתיים של מצב אוכלוסיית הכנימה במטע עם שינויי טמפרטורת הסביבה, ניתן לראות כי הפחיתה המשמעותית באוכלוסיית הכנימה בחלקות השונות אכן מתרחשת בחודשים בהם הטמפרטורה מעל לסף העליון (30°C), או מתחת לסף התחתון (12°C) שבו שורדת הכנימה, כפי שנצפה בניסויי המעבדה. לעומת זאת, האוכלוסייה עולה בין החודשים אפריל ליוני-יולי, ובין אוקטובר לדצמבר, שאז הטמפרטורה בד"כ בטווח האופטימלי (בין 28°C - 20°C). ניתן לומר כי סטיית הטמפרטורה מטווח האופטימום, מביאה לירידה בצפיפות אוכלוסיית הכנימה, וככל שסטיית הטמפרטורה מהאופטימום גדולה יותר, כך פוחתת אוכלוסיית הכנימה, מה שהתבטא במתאם שלילי, אם כי לא היה מובהק.

ממצאי המחקר תואמים היטב את העובדה שכנימת הבננה שייכת למחלקת החרקים שהינם פויקולותרמים (poikilothermic) - חום הגוף משתנה בהתאם לטמפרטורת הסביבה), מה שמתבטא בכך שכל שהטמפרטורה יורדת, ישנה האטה בחילוף החומרים (מטבוליזם) מה שמביא להאטה בקצה הגדילה והרבייה, (ולעיתים אף הפסקה מוחלטת של הנ"ל, וכניסה למנוחה). לעומת זאת, ככל הטמפרטורה עולה, חילוף החומרים מהיר יותר, מה שמביא לעליה בקצב הגדילה והרבייה (Gullan and Cranston, 1994).

מבחינת אפשרות כי גורמים נוספים משפיעים על צפיפות אוכלוסיית הכנימה, Kindlmann וחובריו (2007), מציינים שגורמים נוספים כגון מצב הפונדקאי (מצבו הפנולוגי והפיזיולוגי), וכן פעילות אויבים טבעיים, יכולים אף הם להשפיע על תנודות אוכלוסייה של כנימות. בישראל, צמח הבננה משנה את קצב גדילתו (מתבטא ביצור עלים) בהתאם לטמפרטורה, כאשר בקיץ קצב הגדילה בשיאו, ובחורף קצב הגדילה מאט ואף מפסיק (ישראלי, 1991). עובדה זו לבדה מהווה כנראה גורם משמעותי נוסף לשינויים באוכלוסיית כנימת הבננה. מכאן, שיתכן והמתאם בין

השינויים בטמפרטורה לבין השינויים באוכלוסיית הכנימה לא היה מובהק, מכיוון שלא נלקחה בחשבון ההשפעה של מצבו הפיזיולוגי של צמח הבננה.

גם באזורים אחרים, נמצאו שינויים עונתיים בצפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה האופייניים לשינויים המטאורולוגיים (טמפרטורה, לחות, משקעים וכ"ו). כך למשל, במצרים באזור קהיר שם כמות המשקעים נמוכה והמטעים מושקים, ואין השפעה של הגשם על אוכלוסיית הכנימה, Kolkalia and Soliman (1954), מצאו כי פעילות הכנימה הייתה הגבוהה ביותר בחודשי החורף (דצמבר-ינואר, $20-22^{\circ}\text{C}$), באביב (סוף מרץ-אפריל, $22-24^{\circ}\text{C}$) פעילות הכנימה עדיין גבוהה אך בירידה מסוימת, אך כשהטמפרטורות עלו והלחות ירדה בחודשי הקיץ (מאי-יולי, $30-33^{\circ}\text{C}$), אוכלוסיית הכנימה פחתה. לעומת זאת, בהודו, שם האקלים טרופי המלווה בגשמי מונסון השוטפים את הצמחים כך שמפחיתים במידה מסוימת את אוכלוסיית הכנימה, Chrisudas ו-Menon (1966), מצאו כי בחודשים מרץ-מאי כאשר הטמפרטורות עולות והיובש גובר ($27-28^{\circ}\text{C}$ לערך), אוכלוסיית הכנימה נמצאת ברמתה הנמוכה ביותר. בין החודשים מאי-אוגוסט הווה אומר, מתקופת הטרומ-מונסון ועד לסוף התקופה של גשמי המונסון הכבדים (26°C לערך), ישנה עלייה בצפיפות האוכלוסייה, עד לרמה מתונה. החל מסוף אוגוסט עד לסוף פברואר, כאשר גם הטמפרטורה ($25-26^{\circ}\text{C}$ לערך), וגם הגשמים נמצאים ברמה ממוצעת, אוכלוסיית הכנימה בשיאה. לעומת ממצאים אלה, באי Oahu שגם שם האקלים טרופי המלווה בגשמי מונסון והטמפרטורה באי נעה בין $23-31^{\circ}\text{C}$ בממוצע (אם כי לאורך המחקר לא צוינה הטמפרטורה), Young and Wright (2005), לא מצאו בד"כ הבדלים מובהקים בצפיפות אוכלוסיית הכנימה לאורך השנה, אם כי הייתה לעיתים ירידה בצפיפות אוכלוסיית הכנימה בעונת המונסון. לפי ממצאי המחקר הנוכחי, לא נראה כי ללחות במטעי חוף הכרמל השפעה משמעותית על אוכלוסיית הכנימה, וככל הנראה הלחות הקיימת במטעי הבננה לאורך השנה, נוחה להתפתחות הכנימה.

גורם נוסף שהשפיע על צפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה היה התכשיר הסיסטמי Imidacloprid-קונפידור (לידור כימיקלים). ב-8/2006 בוצעה בשוגג הדברה של כנימת הבננה בשטחי המחקר בקיבוץ החותרים. נראה כי החלקה הפתוחה הושפעה משמעותית מההדברה והכנימה בה ירדה לרמה אפסית לאורך זמן, בעוד שעל החלקה המרושתת כמעט ולא ניכר הטיפול אלא רק ממש בסמוך להגמעה. ייתכן שההבדלים בין החלקות נובעים משוני באופן ביצוע ההדברה (שוני במינון, שוני במשך ההגמעה של החומר במערכת הטפטוף של המטע, מערכת טפטוף לקויה ועוד) בשתי החלקות, אך ייתכן גם שהקונפידור עצמו לא יעיל באופן מוחלט. כמו כן, הצלחת הטיפול תלויה גם בגורמים נוספים כגון טיב הקרקע ועוד, המשפיעים אף הם על אוכלוסיית הכנימה.

מכיוון שבספרות (Lomerio and Calilung, 1993; Blackman and Eastop, 1984) צוין כי לכנימה ישנם פונדקאים ממשפחה הלופיים, הוחלט במחקר הנוכחי לבחון את האפשרות שכנימת הבננה מסוגלת לשרוד ולהתרבות על צמחי-בר ממשפחה זו. המינים לופית מצויה *Arisarum vulgare* Targioni-Tozzetti, לוף ירוק *Arum hygrophilum* Boissier, ולוף ארץ ישראלי *Arum palaestinum* Boissier, גדלים בבר בישראל, ונפוצים בסמוך למטעי הבננה. ואכן, במחקר הנוכחי נמצא (הן על עלים גזורים והן בניסויי בחירה) שהכנימה התבססה בהצלחה רבה על כל אחד מהפונדקאים אותם בחנו, ואף לעיתים נמצא שהכנימה העדיפה ואף העמידה יותר צאצאים על פונדקאים אלה (ייתכן שהסיבה לכך היא החלפה תכופה יותר של עלי הפונדקאים הפוטנציאליים מאשר של עלי הבננה). מכאן עלתה ההנחה שאם הכנימה אכן גדלה על פונדקאים אלה במעבדה, סביר להניח שנמצא אותה גם בבר. אך כשנבדק אכלוס הכנימה על פונדקאים אלה הגדלים בסמוך לחלקות המחקר בחודשי הסתיו והחורף (בסביבות

נובמבר עד אפריל), לא נצפתה כנימת הבננה עליהם כלל (אם כי כן נצפו מינים אחרים של כנימות עלה). הסבר אפשרי הוא שהכנימות מעדיפות בטבע (באופן טבעי) את צמח הבננה מאשר פונדקאים אחרים הקיימים בישראל. יתכן וזה נובע גם מכך שצמח הבננה בעל שטח פנים הגדול בהרבה מכל הפונדקאים האחרים בסמוך אליו, מה שמהווה מוקד משיכה מועדף. הסבר נוסף הוא העובדה שבחודשי החורף בעיקר בינואר-מרץ, כאשר שכיחים מיני לופיים בבר, אוכלוסיית כנימת הבננה נמוכה. זאת מכיוון שכנימת הבננה בהיותה חרק ממוצא טרופי, נמצאת ברמת פעילות נמוכה בתקופה זו, מה שמגביל את יכולת הרבייה וההפצה שלה. בהקשר לכך, Irwin וחבריו (2007), ציינו שטמפרטורות גבוהות או נמוכות מדי (בהתאמה למין הכנימה), מונעות למעשה את תעופת כנימות העלה. העובדה כי בחודשים הנ"ל (ינואר-מרץ), לא נלכדו פרטים מכונפים במלכודות הדבק הצהובות, מחזק את סברה זו.

בנוסף לפונדקאים אלה, נבחן צמח העגבנייה אשר הופיע בספרות המקצועית (Mau, 2004), כפונדקאי של כנימת הבננה, וגדל בישראל כצמח תרבות. נמצא כי הכנימה לא שרדה על העגבנייה כלל, לא על זן הבר ולא על המוטנט def-1 אשר פגוע בייצור החומצה הג'סמונית, כך שנפגעת יכולת ההגנה של הצמח כנגד הרביבורים שונים (2002, Chuanyou et al). הסבר אפשרי לכך הוא שיתכן שהגנוטיפ של הכנימה שנמצא בישראל אינו אותו הטיפוס שנמצא בארצות בהן נמצאו ממצאים אלה, אפשרות אחרת היא שיתכן כי זן העגבנייה עליו התבססו המחקרים שונה גנטית מהזן עליו התבצע המחקר הנוכחי, אך קיימת גם האפשרות שצמח העגבנייה אינה פונדקאי של הכנימה, וכי הימצאותה של כנימת הבננה עליו כפי שציין Mau (2004), הייתה מקרית בלבד.

4.2 מינים מלווים

במטעי הבננה בארץ נמצאים לצד כנימת הבננה מיני חרקים נוספים.

אחד מהמינים החולקים עימה את אותה גומחה אקולוגית-אלמנט השיפה, היא קמחית ההדר. בהקשר לכך, Qureshi ו-Michaud (2005) מציינים במאמרם העוסק בחרקים מוצצי שיפה, כי ההשפעה של מין אחד על משנהו יכולה להיות חיובית, ניטרלית או שלילית. כך למשל, יחס של amensalism כאשר אוכלוסיית מין אחד ניזוקה או התפתחותה מעוכבת, והמין השני לא מושפע כלל, נמצא בין כנימת העלה *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) לבין הציקדה *Psammotettix alienus* (Dahlbom). יחס של commensalisms כאשר מין אחד מפיק תועלת (למשל, שרידות טובה יותר או קצב התפתחות מהיר יותר), והמין השני לא מושפע, נמצא בין שני מיני כנימות אורן *Schizolachnus pineti* (Fabricius) ו-*Eulachnus agilis* (Kaltenbach). כמו כן קיים גם מצב של mutualism כאשר שני המינים מפיקים תועלת, וכן antagonism כאשר שני המינים מושפעים בצורה שלילית, כמו למשל במקרה של כנימות העלה *Aphis craccivora* Koch ו-*Megoura crassicauda* Mordvilko, על הצמח *Vicia angustifolia* Linnaeus (Sakata and Hashimoto, 2000).

עד כה, דבר לא ידוע על האינטראקציה הקיימת בין כנימת הבננה לבין הקמחית. כשבדקנו זאת במחקר הנוכחי, מצאנו כי ישנה הקבלה מסוימת בשינויים העונתיים בין הקמחית לבין כנימת הבננה, הבאה לידי ביטוי בחודשי האביב והסתיו. במידה וקיימת תחרות בין שני מינים אלו, הינו מצפים למצוא אוכלוסיות מבודדות של שני המינים. מבחינת אכלוס הנצרים, אכן מצאנו כי לרוב הנצרים מאוכלסים בכנימת הבננה בלבד, אך ישנם גם כאלה המאוכלסים בשני מיני הכנימות יחדיו, ומיעוטם מאוכלסים בקמחית בלבד. ייתכן, וכנימת הבננה אף דוחקת את הקמחית מהנצרים מכיוון שבחודשים הקרים בהם מצטמצמות אוכלוסיות כנימת הבננה (ינואר-אפריל), עולה שכיחות הנצרים המאוכלסים ע"י

הקמחית, תופעה זו התרחשה גם בחלקות החותרים בהם הודברה כנימת הבננה, שם עלה אכלוס הנצרים בקמחית. לעומת זאת, לא נמצא כל מתאם בין אוכלוסיות שתי הכנימות (שלילי או חיובי), ופעמים רבות נצפו במהלך המחקר שני המינים ביחד כמושבה אחת, כך שמערכת היחסים בין שתי הכנימות אינה ברורה עדיין.

כצפוי, נמצא כי ישנו קשר של הדדיות בין הנמלים ובין כנימת הבננה. הנמלים שכיחות במושבות הכנימה לאורך כל השנה, וכי שיעור מושבות הכנימה בהן נצפו נמלים בד"כ קרוב ל-100%. גם Stechmann וחובריו (1996), מצאו באי Tongatapu קשר בין הנמלים לכנימת הבננה, אם כי בעבודתם נמצא ששכיחות מושבות הכנימה עם נמלים הייתה נמוכה יותר ונעה בין 41-78%.

מבחינת שכיחות הנמלים בין בתי הגידול, נראה כי ישנו הבדל מסוים אך לא סטטיסטי בין המטע הפתוח למרושת, כאשר במטע המרושת נוכחות הנמלים במושבות הכנימה פחותה לעיתים מאשר במטע הפתוח. ייתכן וזה מוסבר בכך שלרוב באותם החודשים צפיפות אוכלוסיית הכנימה גדולה יותר בממוצע במטע הפתוח לעומת המרושת. ראוי לחזור ולבדוק זאת, מאחר ולנוכחות הנמלים ישנה השפעה על פעילות האויבים הטבעיים של הכנימה (ראו להלן).

סה"כ במחקר זה מצאנו 10 מיני נמלים המלווים את הכנימה. מינים אלו משתייכים ל-3 תת-המשפחות Dolichoderinae (תת-משפחת הנמלים הריחניות), Formicinae (תת-משפחת החד-מותניות) ו-Myrmicinae (תת-משפחת הדו-מותניות). תת-משפחות אלו מוכרות בספרות המקצועית כמלוות כנימות (Review of Stadler and Dixon, 2005; Studd, 1987). מתברר שרוב הסוגים המלווים את כנימת הבננה בישראל, אך מבחינת המינים, רק המין אצנית ארוכת המחוש (בנספח 1), הם גם הסוגים המלווים את כנימת הבננה בישראל, אך מבחינת המינים, רק המין אצנית ארוכת המחוש *Paratrechina longicornis* שהופיע ב-Tonga (Carver et al., 1993), הופיע גם בישראל. הסבר אפשרי להבדלים הוא השוני בתפוצת מינים, הנעוץ באקלים, בית הגידול ובריחוק הגיאוגרפי. ארבעה מיני נמלים *Tapinoma simrothi* (Emery), *Plagiolepis ancyrensis* Santschi, *Crematogaster jehovae* (Forel), *Paratrechina longicornis* (Latreille) שנמצאו במחקר זה בהקשר לכנימת הבננה, תועדו בעבר על ידי פרץ ופלד (1964, 1965), בהקשר לכנימה הקמחית. תופעה בה מיני-נמלים מטפלים במספר כנימות בו זמנית הינה שכיחה (אם כי ידועה תחרות בין מיני כנימות על טיפולן של הנמלים מצד אחד, או תחרות בין מיני הנמלים על ליווי הכנימות מאידך [Studd, 1987]).

חשוב לציין, שבמחקר זה המין השכיח ביותר במטעים (בכל הבדיקות שנעשו), היה אצנית ארוכת המחוש *Paratrechina longicornis* (Latreille). הסבר אפשרי לתופעה זו היא העובדה שהאצנית הינה מין פולש (Invasive tramp ant [Wetterer et al 1999]) כאופייני לנמלים פולשות, האצנית אוכלת כל (omnivorous), ובין השאר טל-דבש המופרש על ידי כנימות. האצנית מצטיינת באסטרטגיית שחור-מזון יעילה, המתבססת בעיקר על זריזותן של העמלות המחפשות, וגיוס מידי של חברי הקן בטווח הקרוב או הרחוק. האצנית אינה טריטוריאליט ואינה אגרסיבית כלפי מיני נמלים אחרים (Reviewed by Kenne et al., 2005). ואכן במחקר הנוכחי נמצא, כי האצנית נצפתה במושבות כנימות עם הכי הרבה מיני נמלים אחרות (7 מינים לעומת המין הבא אחריו שנצפה עם 4 מינים [פירוט בטבלה בנספח 11]). בניסוי של Dale וחובריו (2000) בו נבחנה השפעת האצנית ומיני נמלים נוספים על כנימת עלה התירס *Peregrinus maidis* (Ashmed), נמצא כי לא הייתה השפעה של האצנית על גודל אוכלוסיית הכנימה, לעומת גדילה של המושבות כשטופלו ע"י מיני נמלים אחרים. עובדה זו מעלה את השאלה עד כמה אצנית המחוש בהיותה המין השכיח במטע הבננות, אכן משפיעה על אוכלוסיית כנימת הבננה. לשם כך דרוש מחקר נוסף.

מין בולט נוסף היה המורית *Monomorium sahlbergi* Emery, אשר הופיע בכל החלקות. לעומת זאת, המין מורית *Monomorium pallidum* Donisthorpe, הופיע רק בחלקה הפתוחה של כפר גלים. ייתכן שזה נובע מגודל המדגם. מין אחר בולט היה הבנאית הצידונית *Tapinoma simrothi* (Emery) אשר מוכרת כמין המלווה כנימות (קוגלר, 1993), ותועד כבר במחקרם של פרץ ופלד (1964, 1965) כפי שצוין לעיל. הבנאית הופיעה בסקרים השונים (סקר בתים ונצרים) בעיקר בחודשים יוני-יולי, אם כי בניסוי הפיתיונות הופיעה גם בספטמבר. כנראה שבחודשים האחרים בהיותה אוכלת-כל, התפריט שלה מתבסס על מזונות אחרים (למשל, טל דבש של קמחית ההדר או כנימות אחרות על עשבי בר, או מזון אחר). מין בולט נוסף הוא הסחבנית הננסית *Plagiolepis ancyrensis* Santschi, אשר מוכר כאוכל-כל, ונצפה בישראל לעיתים קרובות עם מיני נמלים אחרים (קוגלר, 1993). בניסוי הפיתיונות, שכיחות המינים והרכבם שונים בחלקם מאלו הקיימים בסקרי הנצרים והבתים, אם כי רק שני מינים שהופיעו בניסוי הפיתיונות (בשכיחות נמוכה של פחות מ-2% ביחס למינים האחרים), לא תועדו במושבות הכנימה. מכאן ניתן להסיק שכנראה רוב המינים השוכנים במטע, מלווים במידה זו או אחרת את כנימת הבננה. כפי שצוין, במחקר הנוכחי נמצא שאצנית ארוכת המחוש הינה המין השכיח ביותר במושבות הכנימה, אך ייתכן שבשעות הערב והלילה (שאו לא נערכו תצפיות), מינים אחרים שכיחים יותר. כך למשל, במחקרם של Kenne וחובריו (2005), נמצא שבאמצע הלילה המינים *Pheidole megacephala* (Fabricius) ו- *Santschi* *Odontomachus troglodytes* דוחקים את אצנית המחוש, בעוד שביום התופעה הפוכה. בכדי לבדוק את אפשרות זו במטעי הבננה בישראל, דרוש מחקר המשך.

אויבים טבעיים במחקר הנוכחי, נמצאו 17 מינים של אויבים טבעיים של כנימת הבננה. מינים אלה השתייכו למשפחות המושיתיים - *Coccinellidae*, זבובי הרחף - *Syrphidae*, צרעות טפיליות בעיקר מהמשפחה *Aphidiidae*, והמין *Aphidoletes aphidimyza* ממשפחת היתוציים - *Cecidomyiidae*. נציגי משפחות אלה, מוכרים מאוד כטורפים או כטפילים של כנימות עלה (Volkl et al., 2007). המגוון הנרחב ביותר של מינים היה של המושיתיים, לאחר מכן הצרעות הטפיליות ולבסוף זבובי הרחף. בסקר הספרות, נמצאו 41 מינים של אויבים טבעיים של כנימת הבננה (פירוט בטבלאות בנספחים 2 ו-3), השייכים בעיקר לאותן המשפחות, עם אותו היחס מבחינת מגוון המינים (מושיות, צרעות טפיליות וזבובי רחף).

המינים שתועדו במחקר הנוכחי (ובסקר הספרות) אינם ספציפיים לכנימת הבננה, וייתכן אף שמעדיפים משפחות אחרות של פונדקאים. כך למשל, בהתבסס על הספרות (Crop Protection Compendium, 2004), נמצא כי המינים *Rhyzobius lophanthae* ו- *Nephus fenestratus* (Salberg), *Chilocorus bipustulatus* (Linnaeus) (Blaisdell) אשר תועדו במחקר הנוכחי, מזונם העיקרי הינו כנימות מגן. העובדה שהקמחית וכנימת הבננה היות בשכנות, כנראה הביאה לתיעודם של מינים אלה.

בחלקות המחקר בכפר גלים והחותרים, לא תועדו כמעט כנימות בננה מוטפלות (מומיות) וצרעות טפיליות, והטפילים נאספו במטעי בננה אחרים. סיבה אפשרית היא פעולות ההדברה שבוצעו במהלך המחקר בכל חלקות הגידול של הבננה שבסמוך לחלקות המחקר, ואף בחלקות המחקר של החותרים. ייתכן מאוד שפעולות אלה גרמו בעקיפין להורדה בכמות האויבים הטבעיים בכלל ובצרעות הטפיליות בפרט, במטעי הבננה בהם עבדנו. עוד ייתכן שמכיוון

שהצרעות אינן ספציפיות, הן העדיפו פונדקאים אחרים (למשל, על מיני כנימות עלה אחרים הניזונים מגידולים או צמחי-בר בשכנות למטעי הבננה).

הצרעה הטפילית *Aphidius colemani* Viereck המוכרת כאויב טבעי של כנימות עלה (Hagvar and Hofsvang, 1991), נמצאה במטע הבננות הסמוך לשדה תרומות בעמק בית-שאן, אך לא במטעים שנבדקו בחוף הכרמל. יתושי העפצים (*Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), נצפו רבות במהלך המחקר כאויב טבעי של כנימת הבננה באתרים השונים. אמנם זהו דיווח ראשון לגבי מין זה בהקשר של כנימת הבננה, אך הוא מוכר מאוד כאויב טבעי של למעלה מ-60 מינים של כנימות עלה, ואף נמצא כמדביר ביולוגי מוצלח (Harris, 1973; Harris, 2004). בעקבות הצלחותיו כמדביר ביולוגי, החוקרים Stechmann ו-Volkl (1990), המליצו עליו כאויב טבעי של כנימת הבננה אך לא הביאו כל עדויות לבדיקת יעילותו.

במהלך שנות המחקר, נצפו בעיקר מושיות, זבובי רחף ויתוצים, כאשר קבוצת הטורפים השכיחה שליוותה את כנימת הבננה הייתה של המושיות. אוכלוסיית האויבים הטבעיים תועדה בעיקר בחודשים בהם כנימת הבננה נמצאת במגמת עלייה (בסביבות מאי-יולי, אוקטובר-דצמבר). המתאם בין אוכלוסיית הכנימה והאויבים הטבעיים היה חיובי, אם כי לרוב לא היה מובהק, כאשר ערכי המתאם הגבוהים ביותר בחלקות השונות היו בין הכנימה ליתוץ. המתאם היה מובהק לגבי היתוץ והמושית בחלקה הפתוחה של החותרים, וכן לגבי זבוב רחף בחלקה המרושתת של כפר גלים. ראוי לציין שייטכן מאוד שהמובהקות בחלקה הפתוחה של החותרים נובעת מכך שלרוב אין ערכים כלל (הרבה '0') עקב ההדברה. ייתכן מאוד שבדיקות תכופות יותר, היו נותנות לנו קורלציה טובה יותר בין הכנימה לאויביה הטבעיים. המתאם בין אוכלוסיית הקמחית לאוכלוסיית האויבים הטבעיים היה לרוב חלש (חיובי או שלילי), מה שמראה שאין קשר ממשי בין שתי אוכלוסיות אלה. על פניו, נראה כי צפיפות אוכלוסיית האויבים הטבעיים נמוכה (בסביבות פרט אחד בממוצע לנצר המאוכלס בכנימה). למצב זה מספר סיבות: הקושי לאתר את האויבים השונים בתוך אוכלוסיית הכנימה הן בגלל גודלם (בעיקר בדרגות ההתפתחות הצעירות), הן בגלל צבעם, והן בגלל צפיפות אוכלוסיית הכנימה שמקשה לאתר את האויבים הטבעיים שנמצאים בתוכה, מה שייטכן ושיבש את התמונה הכוללת. סיבה נוספת אפשרית היא נוכחותם של נמלים מלוות (Stechmann et al., 1996), כפי שידון בהמשך. נוסף לכך, לרוב, כנימת הבננה ממוקמת בחלקים נסתרים של הצמח, למשל בין נדנים או בחיק עלים, מה שמקשה על האויבים השונים לאתר אותה (Stechmann and Volkl, 1990).

העובדה כי צפיפות אוכלוסיית האויבים הטבעיים בחלקות המחקר הנוכחי נמוכה, מביא למסקנה שכנראה השפעתם על אוכלוסיית כנימת הבננה זניחה, ואינם אחד מהגורמים העיקריים לשינויים בצפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה. עד כה, מיני האויבים הטבעיים העיקריים בהם נעשו ניסיונות של הדברה ביולוגית כנגד כנימת הבננה, היו הצרעות הטפיליות *Aphidius colemani* Viereck (Stary and Wellings et al., 1994; Volkl et al., 1990) ו-*Lysiphlebus tectaceipes* (Cresson) (Stechmann, 1991; Volkl et al., 1990; Anonymous, 2004), מצוין כי מספר מיני האויבים הטבעיים של כנימת הבננה קטן בהשוואה לכנימות עלה מזיקות נוספות בעלת חשיבות כלכלית, וכי ניסיונות להדברה ביולוגית של הכנימה בשדה לא צלחו (Wellings et al., 1994). העובדה כי לא נמצאו אויבים טבעיים ספציפיים לכנימה אף לא באזור המוצא, היא מכשול בהדברה ביולוגית קלאסית של הכנימה.

השפעתן של הנמלים המלוות הן על אוכלוסיית כנימת הבננה והן על אויביה הטבעיים נצפתה בצורה ברורה בניסוי העציצים המאוכלסים בכנימת הבננה בנוכחות ובהעדר נמלים, שנערך במטע הבננות. שבוע לאחר תחילת הניסוי, הופיעו מינים של אויבים טבעיים ממשפחת המושיות, זבובי הרחף ויתוצי העפצים. מספר האויבים הטבעיים בעציצים המטופלים (ללא נמלים מלוות), היה גדול באופן מובהק ממספר האויבים הטבעיים שנמצא בעציצי הביקורת (עם נמלים). בהמשך, שבועיים לאחר תחילת הניסוי, אוכלוסיית כנימת הבננה בעציצים המטופלים פחתה, והייתה נמוכה באופן מובהק מאוכלוסיית הכנימה בעציצי הביקורת. מכאן ניתן להסיק כי הנמלים המלוות שומרות על כנימת הבננה מפני האויבים הטבעיים.

אולם, חשוב לציין שבניסוי העציצים גם בנוכחות הנמלים, ירדה אוכלוסיות הכנימות במידה מסוימת, וכי במחקר הנוכחי (בחלקות המחקר), קשה היה להבחין בהשפעה ישירה של הנמלים על אוכלוסיית הכנימה. ככלל, היחסים בין כנימות לנמלים המלוות מורכבים, וכי הנמלים המטפלות יכולות להשפיע בכמה דרכים על גודל אוכלוסיית הכנימות: הנמלים יכולות להגן על הכנימות מפני אויביהן הטבעיים, אך יכולות גם לטרוף אותן (Billick et al., 2007;) (Studd, 1987; Sakata and Hashimoto, 2000). כמו כן, גם בהעדר טריפה, הנמלים יכולות להשפיע על אוכלוסיית הכנימות. Stadler וחבריו (2001), מציינים כי טיפול הנמלים יכול להשפיע לחיוב או לשלילה על קצב ההתפתחות והרבייה של הכנימות: ירידה אפשרית כאשר הטיפול מביא להגברת יצור טל-דבש כמותית ואיכותית (העשרתו בחומצות אמינו), מה שמביא לעיתים לירידה בקצב ההתפתחות ורביית הכנימות. מאידך, ישנם מקרים בהם הטיפול מביא לעלייה בקצב ההתפתחות, וכן לעלייה במשך תקופת הרבייה ובמספר הצאצאים, מה שמביא להתפתחות אוכלוסיות כנימה גדולות. Stechmann וחבריו (1996), דגמו צמחים במטע בננות ב-Tongatapu, ומצאו כי מושבות כנימת הבננה שטופלו ע"י נמלים, גדלו באופן מובהק בהשוואה למושבות ללא נמלים. ייתכן מאוד שניסוי על צמחים הגדלים במטע ולא בתוך עציצים, היה מביא לתוצאות דומות.

4.3 היבטים חקלאיים

אמצעי ניטור במחקר הנוכחי השתמשנו במלכודות דבק צהובות ללכידת הפרטים המכונפים של כנימת הבננה, ובמלכודות הטעונות בפרומון מין נקבי של קמחית ההדר ללכידת זכרי הקמחית. מבחינת מלכודות הדבק הצהובות, נמצא כי לכידות המופע המכונף במלכודות תואמות הן את רמת האוכלוסייה הכללית במטע, והן את רמת האוכלוסייה של המופע המכונף במטע (המתאם היה חיובי ומובהק). מכאן ניתן להסיק שמלכודות הדבק הצהובות אכן יכולות לשמש לניטור של כנימת הבננה. ניטור הכנימה ייתן אומדן של צפיפות אוכלוסיית הכנימה בשטח. ברגע שהלכידות במגמת עלייה, זה אומר שאוכלוסיית הכנימה בעלייה, וזה הזמן לשקול פעולות להורדתה. פעולות אלה יכולות להיות הגמעה בקונפידור, או פיזור אויבים טבעיים היעילים כנגד הכנימה (אם ימצאו אויבים כאלה). אך בכדי שפעולות הניטור יהיו אמינות ומדויקות יותר, יש לפתח דגם פיזור יעיל יותר בזמן ובמרחב (למשל, יותר מלכודות בכל יחידת שטח, ובנוסף לכך, לתלות את המלכודות בתדירות גבוהה יותר).

מבחינת מלכודות הפרומון של זכרי הכנימה הקמחית, נמצא כי הלכידות גבוהות בחודשים מאי-אוגוסט ונמוכות מספטמבר עד אפריל. מנדל וחבריו (2003) במטעי בננה בעמק הירדן, מצאו כי הלכידות דווקא גבוהות בחודשים אלה, אם כי ישנה ירידה משמעותית בחודשים ינואר-פברואר, שאז גם הלכידות במחקר הנוכחי נמוכות. סיבה אפשרית להבדלים בלכידות היא העובדה שמדובר בשני אזורים גידול שונים (חוף הכרמל לעומת עמק הירדן). כך

שייתכן שהשוני בהתאם. עוד נמצא, כי אין מתאם בין השינויים ברמת אוכלוסיית הקמחית במטע, לבין הלכידות של הזכרים. ממצא דומה לזה מוזכר בסקירתו של Franco וחובריו (2004), בו מצוין כי לא נמצא מתאם מובהק בין לכידות הזכרים לבין רמת האוכלוסייה של הקמחית על הפירות בפרדס ברמה של תת-חלקה, וכי ברמה של הפרדס כולו, נמצא מתאם רק בתקופות מסוימות. במאמר הנ"ל מצוין שכנראה הפרומון מתפשט מעבר לאזור הדגימה, כך שמושך גם זכרים שאינם מאכלסים את יחידת הדגימה הנבחנת, ולכן לא משקף בעצם את המצב האמיתי בשטח. ממצא זה נתמך ע"י מחקרים נוספים כמו זה של קליין (1994), שם גם נמצא כי אין מתאם בין הנ"ל. מאידך, ניתן למצוא הסברים אחרים לחוסר המתאם: דבר ראשון, העובדה שהנתונים הם של נצרים בלבד. ייתכן מאוד שמעקב רציף על בית הבננה כולו לאורך זמן היה נותן תוצאות מהימנות יותר. בהקשר לכך, סבירסקי וחובריו (2002) מצאו כי הקמחית מאכלסת לעיתים גם את שורשי הבננה. במחקר הנוכחי לא נבדקו השורשים ביסודיות. ייתכן ואף עובדה זאת מנעה מאתנו לקבל תמונה כוללת וברורה יותר. סיבה נוספת אפשרית היא צורת הדגימה. ייתכן מאוד שהצורה בה הוערכה אוכלוסיית הקמחית בנצרים (מדד בעל 3 דרגות בלבד), לא נתנה תוצאות מהימנות מספיק. הסבר נוסף אפשרי הוא העובדה כי הפרטים שנלקחו בחשבון מאוכלוסיית הקמחית בנצרים היו בעיקר נקבות בוגרות וזחלנים בשלבי התבגרות מתקדמים. זחלנים קטנים (שקשה היה לראותם) כמעט ולא נלקחו בחשבון, כך שההערכה לוקה בחסר. בכל מקרה, בהסתמך על הספרות המקצועית שציינו לעיל, נראה כי מלכודות הפרומון אינן יעילות כאמצעי לניטור של אוכלוסיית קמחית ההדר במטע הבננות.

השפעה של בית הגידול על פניו, בבית-רשת צמחי הבננה גדלים טוב יותר מאשר בבית הגידול החשוף, הן מבחינת העלווה (עלים שלמים), הן מבחינת מימדי הצמח, והן לעיתים מבחינת היבול. זאת מכיוון שהרשת מגינה מפני רוחות וברד, ומקנה תנאים נוחים יותר בעיקר בימים החמים אז הטמפרטורה נמוכה יותר, והלחות היחסית גבוהה יותר (ישראלי וחובריו, 2002). מכאן נבעה השערת המחקר כי בית הגידול המרושת מקנה תנאים טובים יותר לכנימת הבננה, ויגרום לצפיפות אוכלוסייה גבוהה יותר. ואומנם, נמצא כי החלקה המרושתת של החותרים הייתה בעלת רמת אוכלוסייה גבוהה יותר מאשר החלקה הפתוחה לאורך המחקר, אך חלקות אלו הודברו, כך שהשוואה לוקה בחסר. בכפר גלים, המגמה הייתה שונה ולא קבועה לאורך המחקר (בשנת 2006 נראה כי בחלקה הפתוחה צפיפות האוכלוסייה גדולה יותר וב-2007 להיפך). בנוסף, אין הבדל ברור גם בנוגע לצפיפות אוכלוסיית הקמחית, הנמלים והאויבים הטבעיים בין בתי הגידול השונים. במבחן שונות תלת-גורמי נמצאה השפעה מובהקת של כל שלושת הגורמים 'מיקום', 'תנאי-גידול', ו'זמן', על צפיפות אוכלוסיית הכנימה, אך גם כל האינטראקציות ביניהם היו מובהקות. הווה אומר שלא ניתן להצביע על אף גורם מכריע, אלא רמת אוכלוסיית הכנימה תלויה בשילוב ההשפעות של כלל הגורמים. מכאן, שתנאי גידול הבננה אינם מהווים את הגורם העיקרי שבהם, וייתכן אף שישנם גורמים נוספים המשפיעים על אוכלוסיית הכנימה. כמו כן, כשנבדקו הטמפרטורה והלחות בין בתי הגידול, לא נמצאו הבדלים מובהקים. מכל הממצאים שצינו, לא נראה כי בית הרשת מהווה תמריץ משמעותי לעליה בצפיפות האוכלוסייה של כנימת הבננה.

סיכום

צפיפות אוכלוסיית כנימת הבננה מראה שינויים עונתיים המתבטאים בשני גלים, אחד בתקופת הסתיו והשני בתקופת האביב ולקראת הקיץ. הכנימה מושפעת מהטמפרטורה, כאשר הטמפרטורה האופטימלית בין 28°C - 20 מעלות. לכידת פרטים מכונפים במלכודות דבק תואמת את השינויים הכלליים בצפיפות הכנימה. לא נמצאה השפעה ברורה של כיסוי המטע ברשת על פנולוגיית הכנימה. מבין המינים המלווים, קמחית ההדר מצויה במטע במקביל לכנימת הבננה, ולא נמצאה אינטראקציה ברורה בין המינים. במטעים, נמצא מגוון מינים של אויבים טבעיים של הכנימה, אך בשכיחות נמוכה, ואף אחד מהם אינו ספציפי. המינים השכיחים היו טורפים ממשפחת המושיות ויתוך העפצים *Aphidoletes aphidimyza*, המופיעים בעיקר כשאוכלוסיית הכנימה נמצאת בעלייה. נמצאו 10 מיני נמלים המלוות את כנימת הבננה כאשר המין השכיח ביותר היה אצנית ארוכת המחוש *Paratrechina longicornis*. הנמלים המלוות את הכנימות, מפחיתות את אוכלוסיית האויבים הטבעיים של הכנימה. כנימת הבננה אכלסה בהצלחה בתנאי מעבדה פונדקאים ממשפחת הלופיים, אך לא נמצאה עליהם בשטח בסמוך למטעי הבננה.

במחקר הנוכחי נמצאו מגוון מינים של חרקים המלווים את כנימת הבננה, העשויים להשפיע על צפיפות אוכלוסיית הכנימה, אך השפעתם אינה ברורה דיו. צריך להמשיך ולבחון את השפעה של הכנימה הקמחית על כנימת הבננה בניסויי מעבדה (למשל, בניסויי בחירה) ובניסויים במטע (למשל, מעקב אחרי גדילת אוכלוסיות של המינים השונים ביחד ולחוד). כמו כן, צריך להמשיך ולבחון את השפעתה של מין הנמלה השכיח אצנית ארוכת המחוש, כאשר השאלה המרכזית היא האם נוכחותה אכן גורמת לעלייה בצפיפות הכנימה. לשם כך דרוש לבצע ניסויי המשך שיעקבו באופן מתמשך על צפיפות מושבות הכנימה בנוכחות ובהעדר האצנית, כאשר ישנה חשיבות לבצע את הניסויים על מושבות הכנימה המאכלסות את צמחי המטע עצמו ולא באופן מלאכותי על עציצים. מבחינת תנאי הגידול, על פניו נראה כי אין השפעה משמעותית של בית הרשת על צפיפות אוכלוסיית הכנימה, אך בכדי מנת לקבל תמונה ברורה יותר, דרוש יהיה לבצע מחקר המשך שיכלול יותר חזרות על כל אחד מבתי הגידול, וכן השוואות בין בתי הגידול באזורי-גידול נוספים (עמק הירדן, גליל מערבי), תוך דגש על השוואה במהלך הקיץ, אז ניכר כי בבית הרשת תנאי הגידול נוחים יותר (טמפרטורה נמוכה יותר והלחות היחסית גבוהה יותר), מאשר בבית הגידול החשוף (ע"פ ישראלי וחובריו, 2002).

5. רשימת ספרות

- ישראלי י. יחסי מקור-מבלע בבננות. הוצאה מיוחדת לסדנא ביחסי מקור מבלע, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
ישראלי י, זוהר ח, ארזי א, נמרי ג, לוי י. 2002. חיפוי מטע בננות ברשת צל כאמצעי לחיסכון במים. עלון הנוטע 56: 74-78.
- מנדל צ, בלומברג ד, עשאל פביאן, לוי יובל, גרוס שמואל. 2003. בחינת אוכלוסיות כנימות קמחיות וההדברה הביולוגית במטעי הבננה. דוח מסכם לשנים 2000-2002, קוד זיהוי 131-2004-02.
- פרץ י, פלד א. 1964. סילוק נמלים מעצי בננה והכנימה הקמחית. חקלאות בישראל. 11: 41-45.
- פרץ י, ופלד א. 1965. הכנימה הקמחית במטעי בננות בישראל. עלון הנוטע 19: 409-429.
- סבירסקי א, ויטוקי מ, יזהר י. 2002. מזיקי עצי הפרי הסובטרופיים בישראל. מועצת הפירות (ייצור ושיווק), תל אביב.
- קוגלר י. 1984. מפתח להגדרת נמלים. המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב, ישראל.
- קוגלר י. 1993. חרקים. ב: אלון ע. החי והצומח של ארץ ישראל. משרד הביטחון ההוצאה לאור, רמת גן.
- קליין מ. 1994. מחקרים בקמחית ההדר *Planococcus citri* (Risso). אכלוס על ההדר ומצב ההדברה הביולוגית. עבודת גמר. הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- Abdel-Moniem ASH. 2003. Incidence of *Pentalonia nigronervosa* Coquerel (Homoptera:Aphididae) and associated predators on banana plants in Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 36: 119-128.
- Anonymous 1995. Hajimu Takada Laboratory of Entomology, Faculty of Agriculture Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan, <http://www.agnet.org/library/article/eb417a.html>
- Awmack CS, Leather SR. 2007. Growth and development. In: Van Emden HF, Harrington R. (eds). Aphids as crop pests. CAB International, Cromwell Press, Trowbridge, pp.135-151.
- Bach CE. 1991. Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). *Oecologia* 87: 233-239.
- Bierl-Leonhardt BA, Moreno DS, Schwarz M, Fargerlund J & Plimmer JR 1981. Isolation, identification and synthesis of the sex pheromone of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). *Tetrahedron Letters* 22: 389-392.
- Bhanotar RK, Ghosh.1969. An oviparous morph of *Pentalonia nigronervosa* Coquerel (Aphididae: Homoptera) from west Bengal, India. *Bulletin of the Entomological Society of India* 10: 97-99.
- Billick I, Hammer S, Reithel JS, Abbot P. 2007. Ant-aphid interactions: Are ants friends, enemies, or both? *Annals of the Entomological Society of America* 100: 887-882.
- Blackman RL, Eastop VF. 1984. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. John Willey & Sons eds, London. pp. 465.
- Bodenheimer FS. 1951. Citrus entomology in the Middle East. Dr. W. Junk (eds).The Hague. pp. 663.
- Calilung VJ. 1979. Aphid vectors of plant viruses in the philippines. *Philippine Entomologist* 4: 199-218.
- Carver M, Hart PJ, Wellings PW. 1993. Aphids (Hemiptera: Aphididae) and associated biota from the kingdom of Tonga, with respect to biological control. *Pan-Pacific Entomologist* 69: 250-260.
- Chuanyou L, Williams MM, Loh YT, Lee GI, Howe GA. 2002. Resistance of cultivated Tomato to cell content-feeding herbivores is regulated by the octadecanoid-signaling pathway. *Plant Physiology* 130: 494-503.
- Collins CM, Leather S. 2002. Ant- mediated dispersal of the black willow aphid *Pterocomma salicis* L.; does the ant *Lasius niger* L. judge aphid-host quality? *Ecological Entomology* 27: 238-241.
- Dale JL. Banana bunchy top virus, ICTV-International Committee on Taxonomy of Viruses <http://phene.cpmc.columbia.edu/RothamstedMirror/ICTVdB/790p1001.htm>

- Dejean A, Orivel J, Durand JL, Ngnegueu PR, Bourgoïn T, Gibernau M. 2000. Interference between ant species distribution in different habitats and the density of a maize pest. *Sociobiology* 35: 175-189.
- Dixon AFG, Agarwala BK. 1999. Ladybird-induced life-history changes in aphids. *Proceedings of the Royal Society London* 266: 1549-1553.
- Franco JC, Suma P, Da Silva EB, Blumberg D, Mendel Z. 2004. Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries *Phytoparasitica* 32: 507-522.
- Gullan PJ, Cranston PS. 1994. Insects: An outline of entomology. Chapman & Hall, London. pp. 491.
- Hagvar BE, Hofsvang T. 1997. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control. *Biocontrol News and Information* 12: 13-41.
- Harrington R, Hulle M, Plantegenest M. 2007. Monitoring and forecasting. In: Van Emden HF, Harrington R. (eds). Aphids as crop pests. CAB International, Cromwell Press, Trowbridge, pp.515-536.
- Harris KM. 1973. Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): taxonomy, biology and assessment of field populations. *Bulletin of Entomological Research* 63: 305-325.
- Harris KM. 2004. Specialist and generalist cecidomyiid predators on aphids, mites, scale insects and other invertebrates. *Entomologica* 38: 29-40.
- INIBAB Annual Report. 1993. Risks involved in the transfer of banana and plantain germplasm. Montpellier, France, pp.39-47.
- Irwin ME, Kampmeier GE, Weisser WW. 2007. Aphid movement: Process and consequences. In: Van Emden HF, Harrington R. (eds). Aphids as crop pests. CAB International, Cromwell Press, Trowbridge, pp.153-186.
- Johnson J. 1963. Biology of the buncy-top aphid *Pentalonia nigronervosa* Coq. *Agricultural Research Journal of Kerla* 2: 45-51.
- Johnson J. 1972. Biology of *Scymnus nubilus* Muls. (Coccinellidae: Coleoptera) an insect predator. *Agricultural Research Journal of Kerala* 10:183-185.
- Kenne M, Mony R, Tindo M, Njaleu LCK, Orivel J, Dejean A. 2005. The predatory behavior of a tramp ant species in its native range. *Comptes Rendus Biologies* 328: 1025-1030.
- Kindlmann P, Jarosik V, Dixon, AFG. 2007. Population dynamics. In: Van Emden HF, Harrington R. (eds). Aphids as crop pests. CAB International, Cromwell Press, Trowbridge. pp. 311-329.
- Klingauf FA. 1987a. Host plant finding and acceptance. In: Minks AK, Harrewijn P. (eds). Aphids: Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. pp. 209-223.
- Klingauf FA. 1987b. Feeding, adaptation and excretion. In: Minks AK, Harrewijn P. (eds). Aphids: Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. pp. 225-253.
- Kolkalia AM, Soliman AA. 1954. A study of the banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* Coq. *Bulletin of Society Fouad Ier Entomology* 38: 231-250.
- Lomerio EO, Calilung VJ. 1993. Comparative development of *Pentalonia nigronervosa* Coq. on five host plants. *Philippine Entomologist* 9:101-151.
- Martin JL, Mau RF. 2004. *Planococcus citri* (Risso), Crop knowledge Master. www.extento.hawaii.edu.
- Mathew MJ, Saju KA, Venugopal MN. 1998. *Chrysoperla carnea* Stephens (Chrysopidae: Neuroptera) - a potential biocontrol agent of cardamom aphid (*Pentalonia nigronervosa* F. *caladii* Van Der Goot). *Journal of Spices and Aromatic Crops* 7: 155-156.
- Matsuura K, Yashiro T. 2006. Aphid egg protection by ants: a novel aspect of the mutualism between the tree-feeding aphid *Stomaphis hirukawai* and its attended ant *Lasius productus*. *Naturwissenschaften* 93: 506-510.
- Mau RLF, Kessing JLM, Tenbrink VL, Hara AH. *Pentalonia nigronervosa* (coquerel), Crop knowledge Master. www.extento.hawaii.edu.

- Menon MR, Christudas SP. 1966. Studies on the population of the aphid *Pentalonia nigronervosa* Coq. on banana plants in Kerala. *Agricultural Research Journal of Kerala* 5: 84-85.
- Miller RH, Pike KS, Stary P. 2002. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae) on Guam. *Micronesica* 34: 87-103.
- Muller CB, Williams IS, Hardie J. 2001. The rule of nutrition, crowding and interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology* 26: 330-340.
- Ocfemia GO. 1930. Buncy-top of abaca or Manila hemp I. A study of the cause of the disease and its method of transmission. *Journal of Botany* 17:12-13.
- Padmalatha C, Ranjit Singh AJA. 1998. Aphidophagus coccinellids on *Pentalonia nigronervosa*, a vector of bunchy top virus in the banana plants of southwest India. *Tropical Ecology* 39: 239-242.
- Padmalatha C, Ranjit Singh AJA. 2002. Life table and survivorship curve of *Pentalonia nigronervosa* Coq. (Homoptera: Aphididae). *Journal of Applied Zoology Research* 13: 156-159.
- Padmalatha C, Ranjit Singh AJA, Jeyapaul C. 2003. Predatory potential of syrphid predators on banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* Coq. *Journal of Applied Zoological Researches* 14: 140-143.
- Pedigo LP. 1996. Entomology and pest management. Second Edition. Prentice-Hall Pub., Englewood Cliffs, NJ. pp. 679.
- Pentalonia nigronervosa*, Crop Protection Compendium, 2004 ed., CAB international.
- Pike KS, Miller RH, Stary P. 2000. Aphid fauna (Hemiptera: Aphididae) and associated flora of Guam. *Micronesica* 33: 179-207.
- Powell G, Tosh CR, Hardie J. 2006. Host plant selection by aphids: Behavioral, evolutionary and applied perspectives. *Annual Review Entomology* 51: 309-330.
- Qureshi JA, Michaud JP. 2005. Interactions among three species of cereal aphids simultaneously infesting wheat. *Journal of Insect Science* 5: 13 online: insectscience.org/5.13
- Rajan P. 1981. Biology of *Pentalonia nigrovosa* F. *Caladii* Van Der Goot, vector of 'Katte' disease of cardamon. *Journal of Plantation crops* 9: 34-41.
- Renault CK, Buffa LM, Delfino, MA. 2005. An aphid-ant interaction: effects on different trophic levels. *Ecological Research* 20: 71-74.
- Robert Y. 1987. Dispersion and migration. In: Minks AK, Harrewijn P. (eds): Aphids: Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam pp. 299-310.
- Robson JD, Wright MG, Almeida RPP. 2006. Within-plant distribution and binomial sampling of *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae) on banana. *Journal of Economic Entomology* 99: 2185-2190.
- Robson JD, Wright MG, Almeida RPP. 2007. Biology of *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae) on banana using different rearing methods. *Physiological Ecology* 36: 46-52.
- Sakata H, 1999. Indirect interactions between two aphid species in relation to ant attendance. *Ecological Research* 14: 329-340.
- Sakata H, Hashimoto Y. 2000. Should aphids attract or repel ants? Effect of rival aphids and extrafloral nectaries on ant-aphid interactions. *Population Ecology* 42: 171-178.
- Stadler Bernhard, Dixon AFG. 1998. Costs of ant attendance for aphids. *Journal of Animal Ecology* 67: 454-459.
- Stadler B, Fielder K, Kawecki TJ, Weisser WW. 2001. Costs and benefits for phytophagous myrmecophiles: when ants are not always available. *Oikos* 92: 467-478.
- Stadler B, Kindlmann P, Smilauer P, Fiedler K. 2003. A comparative analysis of morphological and ecological characters of European aphids and lycaenids in relation to ant attendance. *Oecologia* 135: 422-430.

- Stadler Bernhard, Dixon AFG. 2005. Ecology and evolution of aphid-ant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 345-372.
- Sary P, Stechmann DH. 1990. *Ephedrus cerasicola* Sary (Hym., Aphidiidae), a new biocontrol of the banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* Coq. (Hom., Aphididae). *Journal of Applied Entomology* 109: 457-462.
- Sary P, Stechmann DH. 1991. Niche Distribution and dispersal of the banana phid, *Pentalonia-nigronervosa* in relation to parasitization By biocontrol agents (Hom., Aphididae; Hym., Aphidiidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 88: 187-195.
- Stechmann DH, Volkl W. 1990. A preliminary survey of aphidophagous insects of tonga, with regards to the biological control of the banana aphid. *Journal of Applied Entomology* 110: 408-415.
- Stechmann DH, Volkl W, Sary P. 1996. Ant-attendance as a critical factor in the biological control of the banana aphid *Pentalonia nigronervosa* Coq (Hom. Aphididae) in Oceania. *Journal of Applied Entomology* 120: 119-123.
- Studd JH. 1987. Ant aphid mutualism. In Minks AK, Harrewijn P. (eds): Aphids: Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. pp. 355-364.
- Volkl W, Stechmann DH, Sary P. 1990. Suitability of five species of Aphidiidae (Hymenoptera) for the biocontrol of the banana aphid *Pentalonia nigronervosa* Coq. (Homoptera, Aphididae) in the south pacific. *Tropical Pest Management* 36: 249-257.
- Volkl W, Mackauer M, Pell JK, Brodeur J. 2007. Predators, parasitoids and pathogens. In: Van Emden HF, Harrington R. (eds). Aphids as crop pests. CAB International, Cromwell Press, Trowbridge, pp. 187-215.
- Wellings PW, Hart PJ, Kami V, Morneau DC. 1994. The introduction and establishment of *Aphidius-colemani* Viereck (Hym., Aphidiinae) in tonga. *Journal of Applied Entomology* 118: 419-428.
- Wetterer JK, Miller SE, Wheeler DE, Olson CA, Polhemus DA, Pitts M, Ashton IW, Himler AG, Yospin MM, Helms KR, Harken EL, Gallaher J, Dunning CE, Nelson M, Litsinger J, Southern A, Burgess TL. 1999. Ecological dominance by *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae), an invasive tramp ant, in biosphere 2. *Florida Entomologist* 82: 381-388
- Young CL, Wright M. 2005. Seasonal and spatial distribution of banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae), in banana plantations on Oahu. *Proceeding of the Hawaiian Entomological Society* 37: 73-80.

נספחים

טבלה נספח 1: מיני נמלים ממשפחות שונות שתועדו בעולם המלוות את כנימת הבנגה (בהתבסס על סקר ספרות).

משפחה	מין	מדינה	מקור ספרותי
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus bituberchlatus</i> Mayer	Philippines	Ocfemia, 1930
	<i>Tapinoma erraticum</i> (Latreille)	Tonga	Stechmann et al., 1995
	<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius)	Tonga	Carver et al., 1993; Stechmann et al., 1995
	<i>Tapinoma</i> sp.	Malaysia	Ng and Stary, 1986
Formicinae	<i>Technomyrmex albipes</i> (Smith)	Tonga	Stechmann et al., 1995; Carver et al., 1993
	<i>Anoplolepis longipes</i> (Jerdon)	Tonga	Stechmann et al., 1995; Carver et al., 1993
	<i>Formica pratensis</i> Retzius	Tonga	Stechmann et al., 1995
	<i>Lasius niger</i> (Linnaeus)	Tonga	Stechmann et al., 1995
	<i>Oecophylla smaragdina</i> (Fabricius)	Malaysia	Ng and Stary, 1986
	<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille)	Tonga	Carver et al., 1993
	<i>Paratrechina vaga</i> (Forel)	Tonga	Carver et al., 1993
	<i>Pheidole megacephala</i> (Fabricius)	Tonga	Carver et al., 1993
Myrmicinae	<i>Pheidole umbonata</i> Mayr	Tonga	Carver et al., 1993
	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon)	Tonga	Stechmann et al., 1995; Carver et al., 1993
	<i>Myrmica ruginodis</i> Nylander	Tonga	Stechmann et al., 1995
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius)	Tonga	Carver et al., 1993
	<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander)	Tonga	Carver et al., 1993
	<i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus)	Tonga	Stechmann et al., 1995
	<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith)	Tonga	Carver et al., 1993
	<i>Tetramorium</i> sp.	India Tonga	Bhanotar and Ghosh, 1969; Stechmann et al., 1995

טבלה נספח 2: מיני צרעות טפיליות שנמצאו בעולם המטפילות את כנימת הבננה. טפילים שיובאו ממקום אחר, מסומנים בכוכבית.

משפחה	מין	מדינה	מקור ספרותי
Aphidiidae	<i>Aphidius colemani</i> Viereck	*Tonga	Wellings et al., 1994; Volkl et al., 1990, Stary and stechmann, 1991
	<i>Ephedrus cerasicola</i> Stary	*Tonga	Stary and stechmann, 1990
	<i>Lipolexis oregmae</i> Gahan	*Guam	Miller et al., 2002
	<i>Lipolexis scutellaris</i> Mackauer	Malaysia, Taiwan	Review of Anonymous, 1995, Ng and Stary, 1986
	<i>Lysiphlebus fabarum</i> (Marshall)	*Tonga	Volkl et al., 1990,
	<i>Lysiphlebus japonicus</i> Ashmead	Japan	Takada, unpublished data
	<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)	Cuba, *Tonga, *Guam, *Hawaii	Volkl et al., 1990, Review of Anonymous, 1995, Miller et al., 2002, Mau et al., 2004
Aphelinidae	<i>Aphelinus gossypii</i> Timberlake	Tonga Japan	Takada, unpublished data, Stechmann and Volkl, 1990
	<i>Aphelinus sp. nr varipes</i> (Foester)	Japan	Takada, unpublished data
Braconidae	<i>Ephedrus plagiator</i> (Nees)	Tonga	Volkl et al., 1990

75

טבלה נספח 3: מיני טורפים שנמצאו בעולם, הטורפים את כנימת הבננה. טפילים שיובאו ממקום אחר, מסומנים בכוכבית.

סדרה	משפחה	מין	מדינה	מקור ספרותי
Neuroptera	Hemerobidae	<i>Archaeomicromus navigatorum</i> (Brauer)	Tonga *Hawaii	Stechmann and Volkl, 1990, Carver et al., 1993, Mau et al., 2004
	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnae</i> (Stephens)	India	Mathew et al., 1998
		Unidentified	India	Rajan, 1981

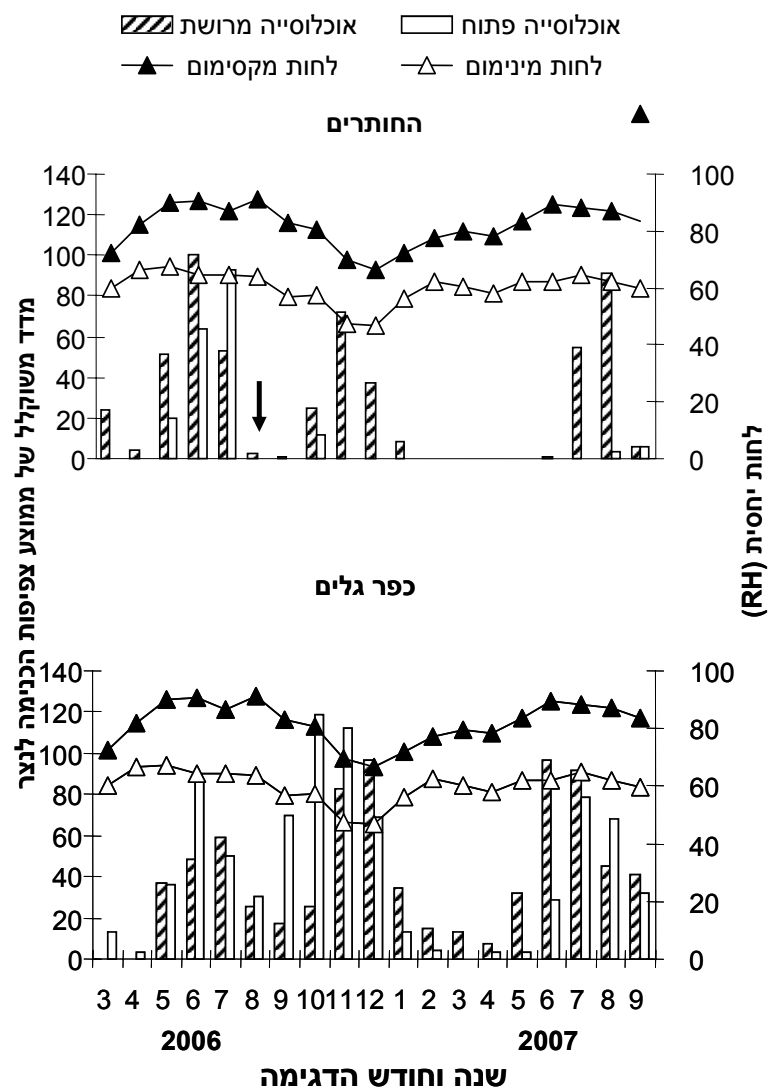
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adalia bipunctata</i> Linnaeus	India	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998
		<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus	India, Egypt	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998; Abdel-Moniem, 2003
		<i>Coccinella transversalis</i> Fabricius	India	Rajan, 1981
		<i>Coccinella 7-punctata</i> var. brucki Mulsant	*Hawaii	Mau et al., 2004
		<i>Coccinella repanda</i> Thunberg	Tonga	Stechmann and Volkl, 1990
		<i>Coccinella undecimpunctata</i> Linnaeus	Egypt	Abdel-Moniem, 2003
		<i>Coleophora inaequalis</i> (Fabricius)	*Hawaii, Tonga	Stechmann and Volkl, 1990, Mau et al., 2004
		<i>Coleophora pupillata</i> (Swartz)	*Hawaii	Mau et al., 2004
		<i>Diomus notescens</i> (Blackburn)	*Hawaii	Mau et al., 2004
		<i>Hippodamia convergens</i> Guérin Méneville	*Hawaii	Mau et al., 2004
		<i>Micraspis lineola</i> (Fabricius)	*Tonga	Stechmann and Volkl, 1990
		<i>Monochilus sexmaculatus</i> (Fabricius)	India	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998
		<i>Nephus luteus</i> Sicard	India	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998
		<i>Pseudospidimerus circumflexus</i> (Motschulsky)	India	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998
		<i>Pullus</i> sp.	India	Rajan, 1981
		<i>Scymnodes lividigaster</i> (Mulsant)	*Hawaii	Mau et al., 2004
		<i>Scymnus nubilus</i> Mulsant	India	Johnson, 1972
		<i>Scymnus pyrocheilus</i> Mulsant	India	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998
		<i>Scymnus quadrillus</i> Motschulsky	India	Padmalatha and Ranjit Singh, 1998
		<i>Scymnus syriacus</i> Marseul	Egypt	Abdel-Moniem, 2004
		<i>Scymnus</i> sp.	Philippine	Lomerio and Calilung, 1993; Kritani, 1992
Diptera	Syrphidae	<i>Allograpta javana</i> var. <i>distincata</i> (Wiedemann)	*Tonga	Stechmann and Volkl, 1990
		<i>Episyrphus viridaureus</i> (Wiedemann)	India	Rajan, 1981
		<i>Ischiodon scutellaris</i> (Fabricius)	Tonga, India	Carver et al., 1993, Rajan, 1981
		<i>Paragus crenulates</i>	India	Padmalatha et al., 2003
		<i>Paragus serratus</i> (Fabricius)	India	Padmalatha et al., 2003
		<i>Paragus tibialis</i> (Fallén)	India	Rajan, 1981
		<i>Paragus yerburiensis</i> Stuckenberg	India	Padmalatha et al., 2003
Dermaptera	Chelisochidae	<i>Chelisoches morio</i> (Fabricius)	Tonga	Stechmann and Volkl, 1990
		Not mentioned	Philippine	Lomerio and Calilung, 1993

טבלה נספח 4: סיכום מבחן סטטיסטי (פרוצדורת GLM) של השפעת תנאי הגידול, מיקום החלקות והזמן על אוכלוסיית הכנימה.

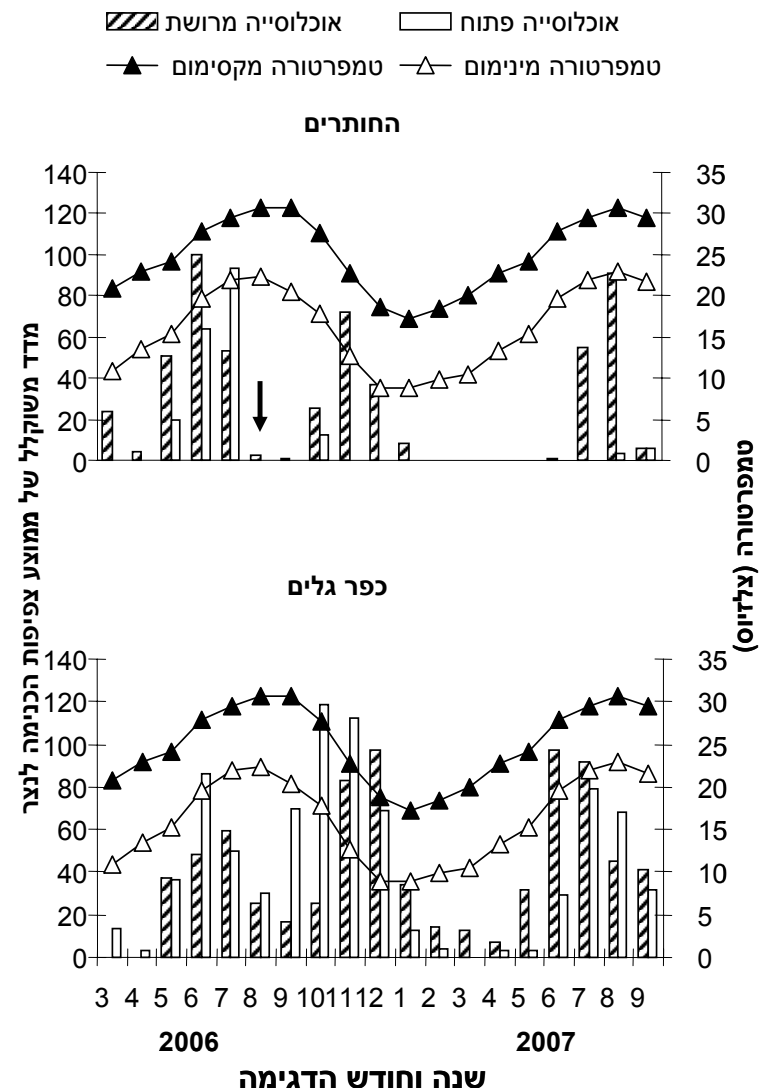
Source	DF	Mean Square	F Value
cond	1	228.56	16.85*
place	1	1537.8	113.35*
cond*place	1	230	16.95*
time	18	283.42	20.9*
cond*time	18	36.7	2.71*
place*time	18	84.47	6.23*
cond*place*time	18	71.16	5.25*

cond - תנאי הגידול (פתוח/מרושת), place - מיקום החלקה (כפר גלים/החותרים).

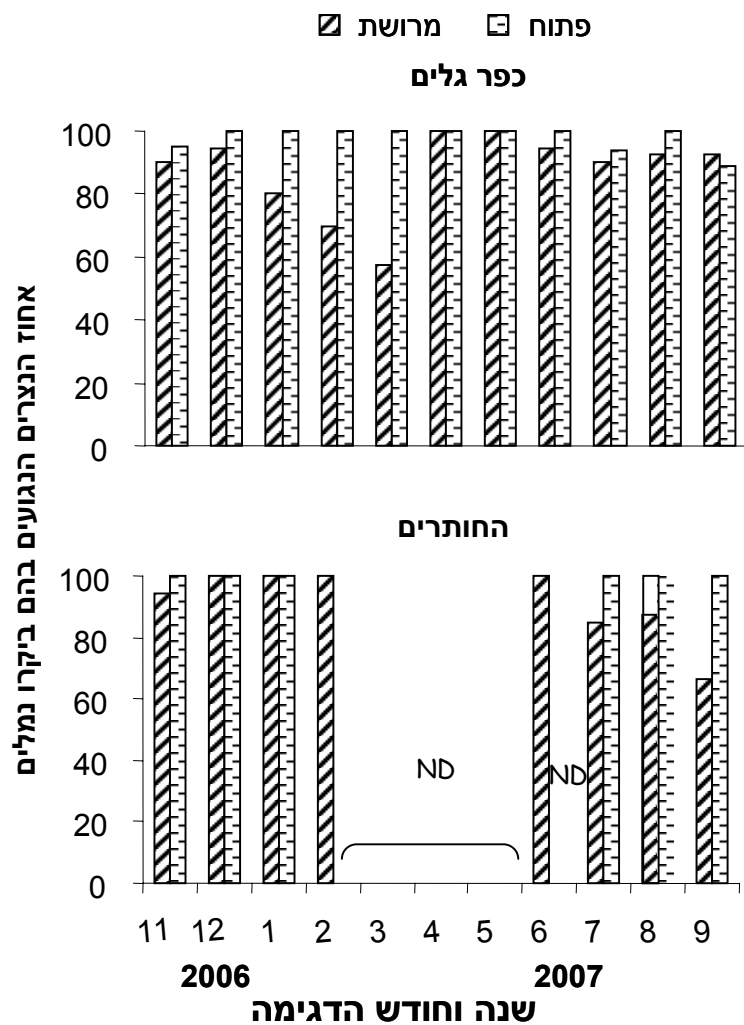
* - $P < 0.05$ (לאחר תיקון Benferony)



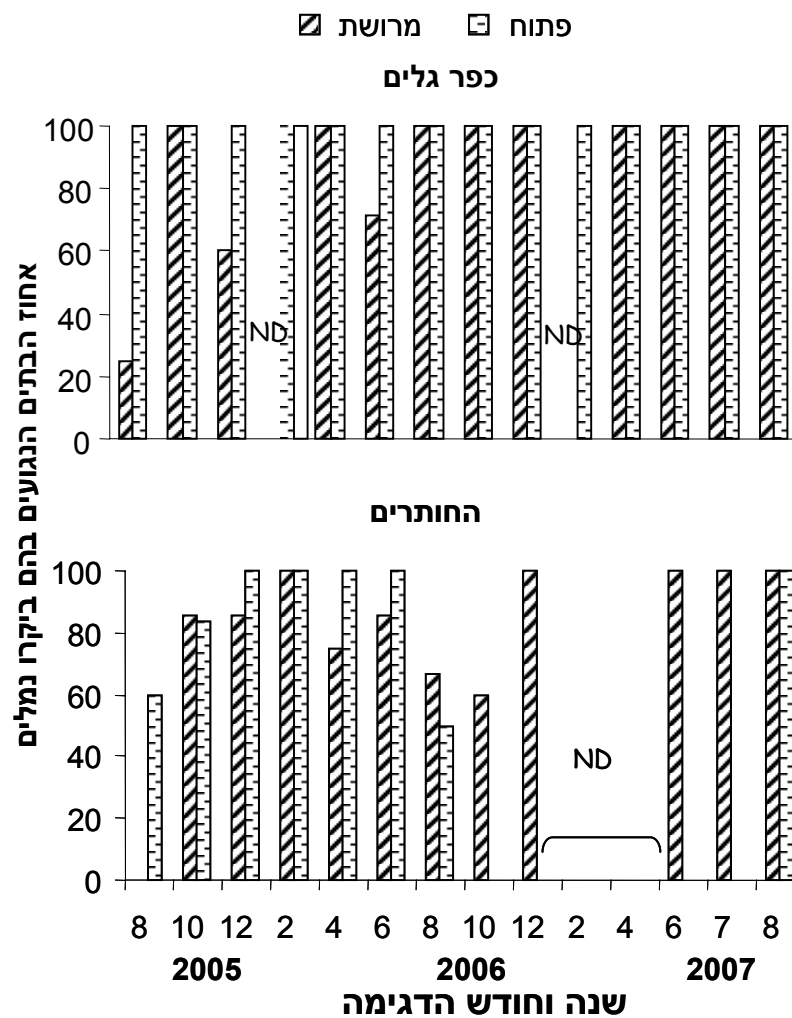
איור נספח 6. השוואה בין לחות יחסית (מינימום/מקסימום) חודשית, לבין צפיפות האוכלוסייה הממוצעת של הכנימה בנצרים לאורך העונה בחלקה המרושתת והחלקה הפתוחה של כפר גלים והחותרים. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות החותרים.



איור נספח 5. השוואה בין טמפרטורות הסף (מינימום/מקסימום) חודשית, לבין צפיפות האוכלוסייה הממוצעת של הכנימה בנצרים לאורך העונה בחלקה המרושתת והחלקה הפתוחה של כפר גלים והחותרים. חץ מסמן את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות החותרים.

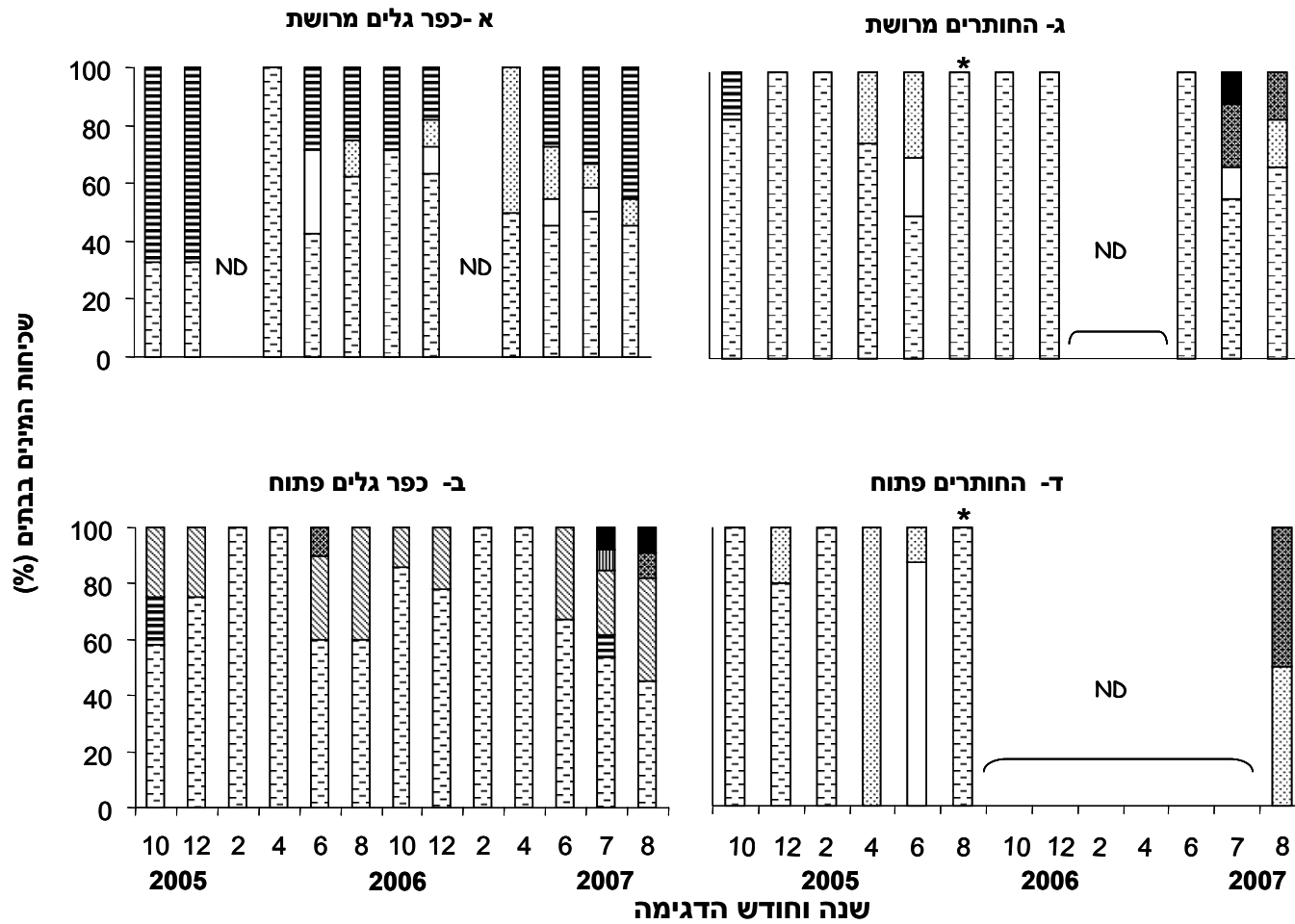


איור נספח 8. מעקב אחרי נוכחות הנמלים המטפלות במושבות כנימת הבננה בנצרים לאורך כשנה באתרים כפר גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. ND-לא נצפו כנימות בצמחים הנבדקים.



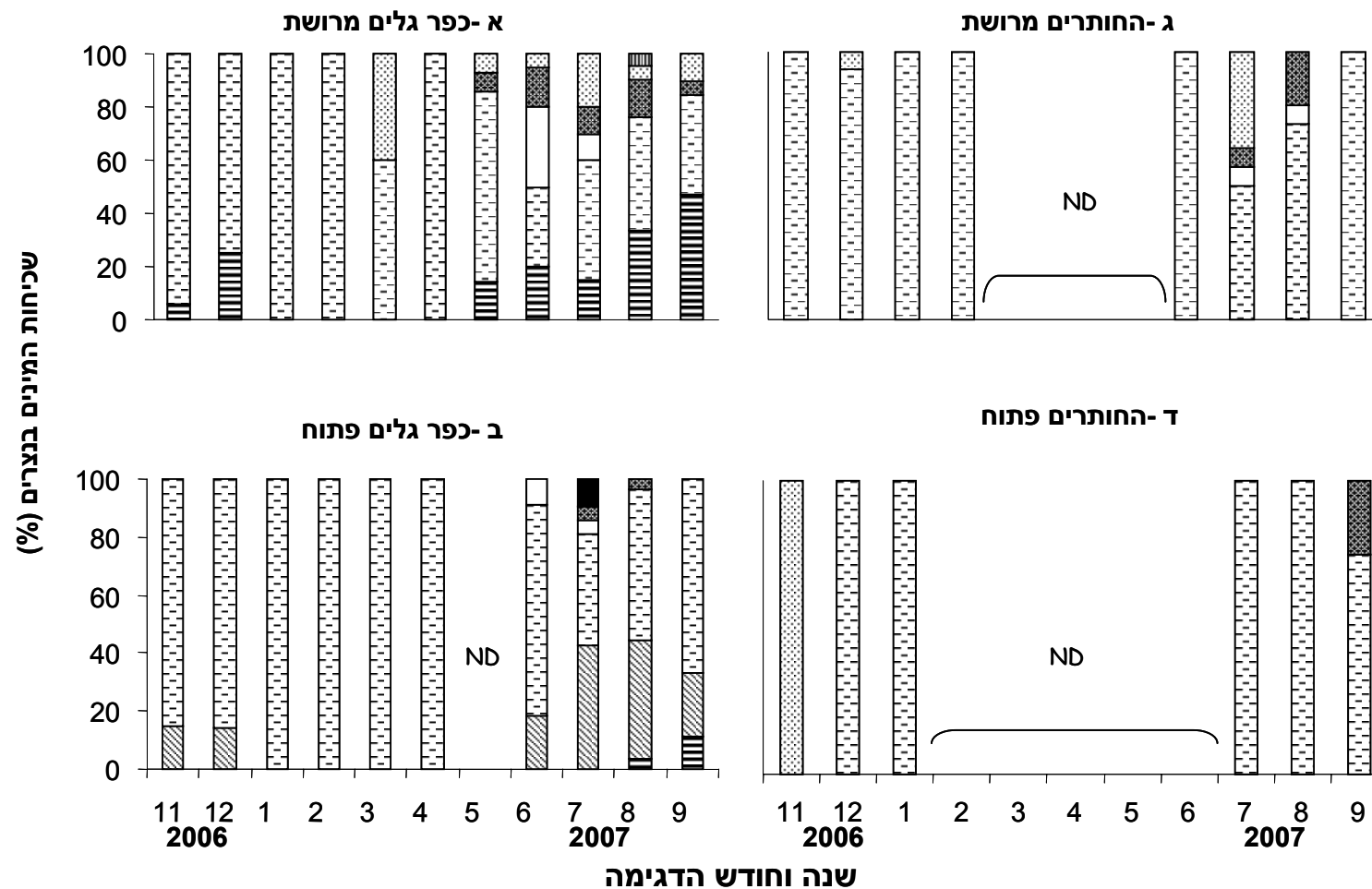
איור נספח 7. מעקב אחרי נוכחות הנמלים המטפלות במושבות כנימת הבננה בבתים לאורך השנה באתרים כפר גלים והחותרים בתנאי הגידול השונים. ND-לא נצפו כנימות בצמחים הנבדקים.

■ *Pheidole teneriffana* ■ *Tetramorium* ■ *Monomorium sahlbergi* □ *Tapinoma simrothi*
 ▨ *Aphaenogaster syriaca* ▩ *Monomorium pallidum* ▤ *Plagiolepis ancycensis* ▥ *Paratrechina longicornis*



איור נספח 9. מיני הנמלים שנמצאו בארבע חלקות הניסוי לאורך השנה בסקר הבתים (בסה"כ נבדקו 7 בתים בכל חלקה אחת לחודשיים).
 כוכבית מסמנת את מועד ההדברה שבוצעה בחלקות בקיבוץ החותרים. ND - לא נצפו כנימות בצמחים הנבדקים.

■ *Lepisiota dolabellae* ■ *Tetramorium* ■ *Monomorium sahlbergi* □ *Tapinoma simrothi*
 ▨ *Crematogaster jehovae* ▩ *Monomorium pallidum* ▤ *Plagiolepis ancycensis* ▧ *Paratrechina longicornis*



איור נספח 10. מיני הנמלים שנמצאו בארבע חלקות הניסוי לאורך השנה בסקר נצרים (בסה"כ נבדקו 20 נצרים בכל חלקה אחת לחודש).
 ND- לא נצפו כנימות בצמחים הנבדקים.

טבלה נספח 11: מיני נמלים שנצפו יחד במושבות כנימת הבננה בסקרי הבתים והנצרים לאורך שנות המחקר. המידע כולל נתונים של כל חלקות המחקר, הנתונים מדורגים על פי מספר המינים שנצפו יחד (שלישיות, זוגות ואח"כ כבודדים, מסה"כ 641 תצפיות של מושבות כנימה שלוו ע"י נמלים), ועל פי שכיחותם.

המינים			שכיחות (אחוזים)
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium sahlbergi</i> - <i>Plagiolepis ancyrensis</i>	0.8
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium sahlbergi</i> - <i>Monomorium pallidum</i>	0.3
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium sahlbergi</i> - <i>Tapinoma simrothi</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Plagiolepis ancyrensis</i> - <i>Tapinoma simrothi</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Plagiolepis ancyrensis</i> - <i>Tetramorium sp.</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium pallidum</i> - <i>Tetramorium sp.</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium pallidum</i> - <i>Pheidole teneriffana</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium sahlbergi</i> - <i>Crematogaster jehovae</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium sahlbergi</i>	5.5
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Monomorium pallidum</i>	5.1
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Plagiolepis ancyrensis</i>	2.0
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Tetramorium sp.</i>	0.5
<i>Plagiolepis ancyrensis</i>	-	<i>Tapinoma simrothi</i>	0.3
<i>Monomorium sahlbergi</i>	-	<i>Tetramorium sp.</i>	0.3
<i>Monomorium sahlbergi</i>	-	<i>Tapinoma simrothi</i>	0.3
<i>Monomorium sahlbergi</i>	-	<i>Monomorium pallidum</i>	0.2
<i>Monomorium sahlbergi</i>	-	<i>Plagiolepis ancyrensis</i>	0.2
<i>Monomorium pallidum</i>	-	<i>Tapinoma simrothi</i>	0.2
<i>Monomorium pallidum</i>	-	<i>Tetramorium sp.</i>	0.2
<i>Monomorium pallidum</i>	-	<i>Pheidole teneriffana</i>	0.2
<i>Plagiolepis ancyrensis</i>	-	<i>Tetramorium sp.</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>	-	<i>Crematogaster jehovae</i>	0.2
<i>Paratrechina longicornis</i>			67.4
<i>Monomorium sahlbergi</i>			2.8

טבלה נספח 11 (המשך)

המינים	שכיחות (אחוזים)
<i>Monomorium pallidum</i>	3.6
<i>Plagiolepis ancyrensis</i>	2.0
<i>Tapinoma simrothi</i>	3.7
<i>Tetramorium</i> sp.	2.5
<i>Pheidole teneriffana</i>	0.3
<i>Aphaenogaster syriaca</i>	0.2
<i>Lepisiota dolabellae</i>	0.3

The population dynamics of the banana-aphid *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae), and its' associated insects in the banana plantations.

M.Sc Thesis submitted to the Faculty of Agriculture, Food and Environmental quality Sciences of the Hebrew University of Jerusalem for The Degree of 'Master in Agricultural Sciences'

By
Haim Biale

Rehovot, Israel

May, 2008

Summary

The banana aphid *Pentalonia nigronervosa* Coquerel (Hemiptera: Aphididae), has a narrow host range, and mostly confined to Musaceae in particular, members of the genus *Musa*. In banana growing areas it is known as a serious pest of the banana plant causing plant weakening and eventually impedes plant development and growth. Heavy infestations may reduce the fruit market value due to injury caused by sooty mold that develops on the honey dew. The aphid is a vector of Bunchy Top Virus, a serious disease which so far has not been detected in local banana plantations. In Israel, the banana aphid is widespread along the coastal plain and is considered a major banana pest. Recently, aphid populations seem to have increased in the Jordan Valley. Some circumstantial evidence suggests that banana cultivation under net intensifying the damage due to the aphid. Information about the seasonal activity of the banana aphid in Israel, its natural enemies and associated arthropods, which may shape the aphid population density and distribution, is scarce.

Research was conducted in four banana plots at two sites, located along the Carmel coastal plane. The main research objectives were: (1) to reveal the seasonal history of the banana aphid in the local plantations, (2) to characterize the aphid distribution within-plant and mat (the complex of the mature banana plant and its younger stem shoots), (3) to understand the effect of temperature and relative humidity on the aphid occurrence and reproduction, and (4) to identify the natural enemies and associates of the aphid.

The study plots were owned by Hachotrim and Kfar-Galim. On each site two plots were selected: one netted, and one non-netted. Each plot included about 25 mats. In each plot we sampled 7 mats (mother-mature plant that bears or going to bear, and one sucker-young plant) once every two months, and 20 suckers once every month. In each sampling the aphid population density was determined, using indices from 0 to 5 for the total aphid population and separately from 0 to 2 for the winged forms. The winged aphids were also monitored each month using yellow sticky traps. At the same time, the phenology of the host plant was indicated. Four stages of plant growth were considered: young suckers with sword leaves, and mature suckers with wide leaves, mother-plants before and after flowering. The occurrence of the banana aphids on plant species of the family Areceae that grew on the margin of the study plots was determined. The information collected from the sampled banana plants included also the presence of the citrus mealybug *Planococcus citri* (Rizo), ant species and the natural enemies of the banana aphids. The latter were sent to experts in order to verify their identification. The ants' impact on the banana aphid and its natural enemies was studied under natural conditions using potted banana plants heavily infested by the banana aphids. Pairs of pots were placed in the

plantation. A glue barrier on half of the banana pots, served for the ants exclusion. In laboratory tests, the effect of the temperature on development and reproduction of the banana aphid was examined. The possibility of banana aphid development on wild Araceae plants growing beside the banana plantations was also tested. In these experiments, the aphids were kept on leaf discs in Petri dishes and the survival, development and the natality of the banana aphids were recorded. Host plant preference of the winged form was examined in a two choice test using potted plants, banana vs *Arisarum vulgare* (Targ-Toss) or *Arum hygrophilum* (Boiss).

At the study sites the most common situation of the mats was a mat with "mature mothers" that didn't bear yet and young suckers. Seasonal change of the banana plant is generally noticed during bunch appearance and growth, between August and December, which afterwards decreases till June.

Usually, the highest population density of the banana aphid was observed on young suckers, mostly in the axil and the pseudostem, rather than on mother plant. The aphid population density was usually low between the months January until April, and between August-September (5-40 aphids per sucker), and increased between June-July and October-December (65-100 aphids per sucker). The seasonal changes in density of the winged form determined by yellow sticky traps capture and in the aphid colonies, matched the seasonal changes of the entire colonies density. It seems that the temperature plays a major role in the seasonal fluctuations of the banana aphid. Low population densities (5-40 aphids per sucker) coincide with temperatures above 30⁰C, and under 12⁰C, when development seemed to be arrested. These findings match the results of controlled experiments in the laboratory. In the laboratory the highest reproduction occurred at 20-28⁰C; and fastest development occurred within this temperature range as well, suggesting this is the optimal temperature. Temperature changes during the aphid life had a significant effect on aphid longevity during the productive period and on fertility; when the aphid was reared under the optimum temperature (25⁰C), the highest natality rates were recorded.

No clear effect of the netting was found on the aphid population at four plots examined. Three-factor analysis of variance, revealed a significant influence of location, netting and time on the aphid population density. Significant interactions between all these factors, suggest that netting of the plantation has no major effect on the aphid density.

Although, the banana aphid was never found on *A. vulgare* growing wild in the plantation surroundings, in the laboratory on detached leaves, the banana aphid developed on *A. vulgare* even better than on the banana plant (19 and 6 offspring on *A. vulgare* and banana respectively). In the choice experiment, the banana aphid preferred the banana plant over the *A. vulgare*.

The citrus mealybug, *P. citri*, another important pest of local banana plantations, presents seasonal changes that can be seen especially around the months January-February, then the population density decreases. All in all, the seasonal density changes of the citrus mealybug parallel with those of the banana aphid.

Strong association was found between the banana aphids and the ants, when almost all the aphid colonies were attended by ants throughout the year. Ten ant species were found attending the aphid. The most common attending ant species was *Paratrechina longicornis* (Latreille). Other species that were observed in relatively high frequency were *Monomorium pallidum* Donisthorpe, *M. sahlbergi* Emery, *Plagiolepis ancyrensis* Santschi and *Tapinoma simrothi phoenicium* (Emery). In some cases, 2 or 3 ant species attended aphid colonies together. In these cases, *P. longicornis* was the most common, probably due to its opportunistic nature. By employing food baits set in the plantations, we identified two additional ant species that were absent in the aphid colonies. The influence of each ant species on the survival, success and reproduction of the banana aphid in the plantations is not clear.

The 17 species of natural enemies in sampled plantations consisted of: ladybirds (Coccinellidae), parasitoids (Aphelinidae, Braconidae, Aphidiidae), hover flies (Syrphidae) and predatory midges (Cecidomyidae). The ladybirds were the dominant group in terms of numbers, species diversity and population densities, and were found in all of the research plots. The parasitoids were rare in the aphid colonies in the research plots when only one mummy was collected, and most individuals were found in other plots we visited. The natural enemies were found mostly between June and August. The population density changes of the natural enemies and the banana aphid were usually positively correlated. In potted plant experiment where the ants were excluded by a glue barrier, the number of the natural enemies increased and the aphid population density was significantly lowered, supporting the role of ants in aphid defense.

In summary, the phenology of banana aphid and its associated insects have been described for the first time in Israel. Seasonal changes in the aphid population are shaped mostly by temperature. The netting of the plantation in the Carmel coastal plain does not seem to affect population density of the aphid. Several species of natural enemies have been found, however none of them is host specific. The relationship between the banana aphids and their attending ants has a significant negative impact on the effectiveness of natural enemies.

Our results may serve to establish a monitoring system and improve management activities based on the timing of the changes in the aphid population density and the use of yellow sticky traps, which were found to be an efficient monitoring tool.